ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

ЗБІРНИК ТЕЗ

XII Міжнародної науково-практичної конференції

«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»

29 квітня 2026 року

м. Житомир

Організаційний комітет конференції

Тимошенко Микола Михайлович – голова оргкомітету, доктор економічних наук, професор, директор Житомирського агротехнічного фахового коледжу.

Аулін Віктор Васильович – співголова оргкомітету, доктор технічних наук, професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського НТУ.

Ляшук Олег Леонтійович – співголова оргкомітету, доктор технічних наук, професор, перший проректор ТНТУ імені Івана Пулюя.

Члени оргкомітету

1. **Алфьоров Олексій Ігорович** – доктор технічних наук, професор, в. о. директора Інституту овочівництва і баштанництва НААН.
2. **Бекбосинов Серик** – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри аграрної техніки та технології Казахського НАУ, Республіка Казахстан.
3. **Борак Костянтин Вікторович** – доктор технічних наук, професор, академік АІНУ, заступник директора з навчальної роботи Житомирського агротехнічного фахового коледжу.
4. **Братішко Вячеслав Вячеславович** – доктор технічних наук, професор, декан механіко-технологічного факультету НУБіП України.
5. **Войтов Віктор Анатолійович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортних технологій і логістики Держаного біотехнологічного університету.
6. **Герук Станіслав Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник, чл.-кор. ІАН України, завідувач кафедри агроінженерії Житомирського агротехнічного фахового коледжу.
7. **Грудовий Роман Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету
8. **Голуб Геннадій Анатолійович** – доктор технічних наук, професор, академік АІНУ, професор кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України.
9. **Дворук Володимир Іванович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри теоретичної та прикладної фізики державного університету "Київський авіаційний інститут".
10. **Заєць Максим Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету.
11. **Зубко Владислав Миколайович** – доктор технічних наук, професор, академік АІНУ, декан інженерно-технологічного факультету Сумського національного аграрного університету.
12. **Кравцов Андрій Григорович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій і логістики Держаного біотехнологічного університету.
13. **Куликівський Володимир Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету.
14. **Ловейкін Вячеслав Сергійович** – доктор технічних наук, професор, академік АІНУ, завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України.

15. **Мельничук Сергій Володимирович –** кандидат технічних наук, чл.-кор. ТАН України, доцент кафедри автомобільний транспорт Житомирського агротехнічного фахового коледжу.

16. **Міненко Сергій Вікторович –** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету.

17. **Налобіна Олена Олександрівна** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри агроінженерії Національного університету водного господарства та природокористування.

18. **Науменко Олександр Артемович** – кандидат технічних наук, професор, професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка Держаного біотехнологічного університету.

19. **Новицький Андрій Валентинович** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України.

20. **Пушка Олександр Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент, проректор з науково-педагогічної роботи та розвитку інфраструктури Уманського національного університету.

21. **Роговський Іван Леонідович** – доктор технічних наук, професор, академік АІНУ, декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України.

22. **Ромасевич Юрій Олександрович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри конструювання і обладнання НУБіП України.

23. **Руденко Віталій Григорович** – завідувач відділенням агроінженерія Житомирського агротехнічного фахового коледжу.

24. **Рудзінський Володимир Васильович** – доктор технічних наук, професор, академік ТАН України, завідувач кафедри автомобільний транспорт Житомирського агротехнічного фахового коледжу.

25. **Ружило Зиновій Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри надійності техніки НУБіП України.

26. **Савченко Василь Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету.

27. **Сукманюк Олена Миколаївна –** кандидат історичних наук, доцент, в. о. декана факультету інженерії та енергетики Поліського національного університету.

28. **Танась Войцех –** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри рільничого машинознавства Природничого університету, Республіка Польща.

29. **Федірко Павло Петрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри техсервісу і технічних дисциплін ЗВУ "ПДУ".

30. **Ярош Ярослав Дмитрович** – доктор технічних наук, професор, старший науковий співробітник відділу відновлюваних органічних енергоносіїв, Інститут відновлюваної енергетики НАН України.

Відповідальний секретар: **Сорока Богдан Андрійович** (тел.+380970713766)

ТЕМАТИЧНІ НАПРЯМКИ РОБОТИ КОНФЕРЕНЦІЇ

- ***Стан та перспективи розвитку машин для рослинництва***
- ***Стан та перспективи розвитку машин для тваринництва***
- ***Технічний сервіс та надійність машин***
- ***Енергетика, енергетичні засоби електротехнології та автоматизації***
- ***Закономірності процесів тертя та зношування деталей сільськогосподарської техніки***
- ***Транспортний процес в АПК***

1. Білошицька А.Ф., Шелудченко Б.А., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПАДКОВОГО ХАРАКТЕРУ ВІДХИЛЕНЬ ПОДАЧ У ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ

Відхилення подач у токарних верстатах мають переважно випадковий (стохастичний) характер, що зумовлено сукупною дією конструктивних, технологічних та експлуатаційних факторів. До основних джерел випадкових відхилень належать люфти у кінематичних ланцюгах, зношування гвинтових пар і напрямних, пружні деформації елементів приводу, нестабільність сил різання, вібрації, а також зміни температурного режиму.

У процесі роботи верстата фактична подача відрізняється від заданої величини не лише систематично, а й випадково, причому ці відхилення змінюються в часі та залежать від режимів різання, навантаження і технічного стану механізму подачі. Такі флуктуації призводять до нерівномірності знімання припуску, погіршення шорсткості поверхні та зниження точності геометричних розмірів оброблюваних деталей.

Дослідження випадкового характеру відхилень подач базується на застосуванні методів теорії ймовірностей і математичної статистики, зокрема аналізі дисперсії, середньоквадратичних відхилень і спектральних характеристик коливань. Це дозволяє кількісно оцінити стабільність роботи механізму подачі та визначити вплив окремих факторів на точність обробки.

Одним із пріоритетних напрямів сучасного галузевого машинобудування є вивчення точності переміщень робочих елементів машин та забезпечення їх руху відповідно до наперед заданих законів. У технологіях оброблення матеріалів різанням особливу роль відіграє точність переміщення супорта або робочого стола верстата, тобто точність подачі, яка суттєво впливає на перебіг технологічного процесу. Значення подачі визначає не лише якість сформованих поверхонь, але й силові параметри процесу різання. Сучасні дослідження в цій галузі дедалі більше орієнтуються на урахування випадкового характеру процесів різання, їх аналіз та встановлення чинників, що зумовлюють як сам перебіг процесів, так і появу стохастичних коливань окремих параметрів. З огляду на велику кількість взаємопов’язаних факторів, які впливають на процес різання та умови його реалізації, повний їх облік на практиці часто є неможливим, що обґрунтовує доцільність застосування ймовірнісно-статистичних методів аналізу.

Рівень точності подачі універсального верстата формується під впливом комплексу взаємопов’язаних чинників, серед яких визначальними є протяжність кінематичного ланцюга, точність виготовлення його складових, наявність зазорів, динамічні навантаження, сумарна кінематична похибка, розбіжності кроків зубчастих коліс, а також відхилення профілю зубів від теоретичної евольвенти тощо.

Для універсальних токарних металорізальних верстатів точність переміщення супорта, зокрема, обумовлюється якістю виготовлення зубчастих передач у коробці подач (похибками кроку та формоутворення робочих поверхонь), параметрами черв’ячної передачі за показниками кінематичної точності, плавності ходу, повноти контакту і величини бокового зазору, а також характеристиками передачі типу «колесо–рейка». Додатково на точність впливають зазори в кінематичних ланках і силові та температурні деформації елементів приводу.

Кінематичний ланцюг окремої подачі токарного верстата середнього типорозміру зазвичай включає понад десять передач і з’єднань, кожне з яких має власні допуски на кінематичну точність і точність спряження, що у сукупності визначає результативну похибку переміщення. Дослідження варіації величин подачі виконано на двадцяти універсальних токарно-гвинторізних верстатах різних моделей, які експлуатувалися в неоднакових умовах - як у виробничих підрозділах, так і в навчальних лабораторіях. Очевидно, що технічний стан і ступінь зношування їхніх кінематичних елементів відрізнялися, однак усі верстати своєчасно проходили регламентне технічне обслуговування та ремонт.

З огляду на значний обсяг отриманих статистичних матеріалів і обмеження за обсягом публікації, у роботі наведено результати лише для чотирьох верстатів: двох підвищеної точності та двох нормальної точності. Аналіз кінематичних схем приводів подач показав наявність понад восьми механічних передач між шпинделем і виконавчим органом, причому кожна з них характеризується власним рівнем виготовлення і робить внесок у сумарну похибку переміщення супорта. Повний детермінований облік впливу кожного елемента (допусків виготовлення, монтажу тощо) є практично нереалізовним, у зв’язку з чим дослідження виконано із застосуванням імовірнісно-статистичних методів [1].

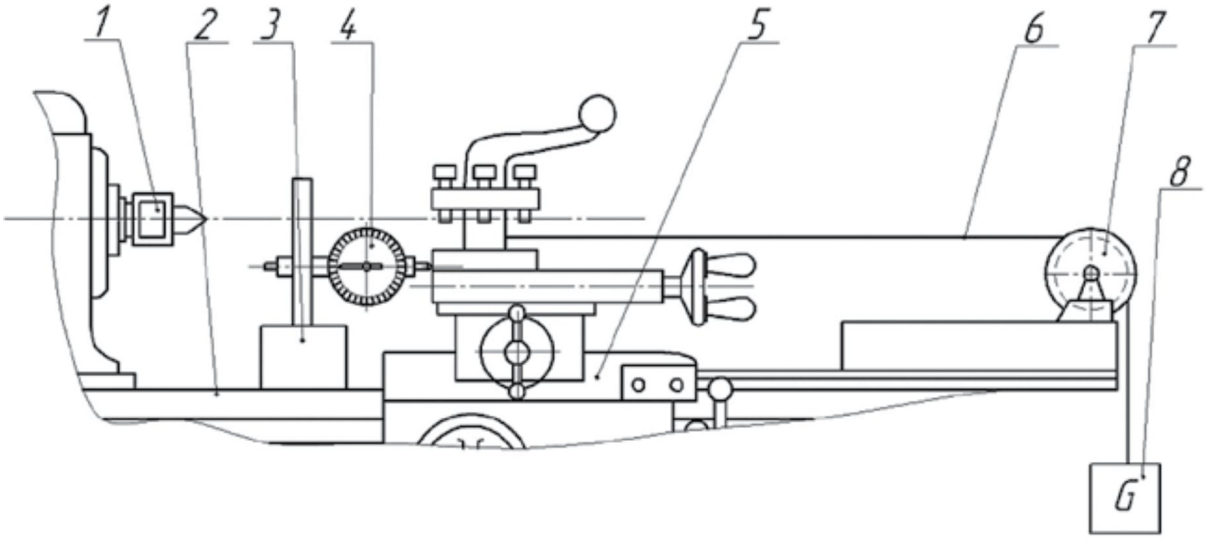


Рис.1. Схема вимірювання подачі на токарному верстаті 16К20 [1]:
1 – патрон, 2 – станина, 3 – штатив з магнітом,
4 – індикатор годинникового типу з ціною поділки 0,001мм, 5 – супорт, 6 – трос, 7 – блок, 8 – вантаж

Висновок. Встановлено, що відхилення подач у токарних верстатах мають переважно випадковий характер і зумовлені сукупною дією конструктивних, технологічних та експлуатаційних факторів. Багатоланковість кінематичного приводу, наявність зазорів, зношування передач, деформації та динамічні навантаження формують сумарну похибку переміщення супорта, що негативно впливає на точність і якість обробки. Повний детермінований облік цих впливів є практично неможливим, тому застосування імовірнісно-статистичних методів є обґрунтованим і доцільним. Урахування стохастичної природи подачі дозволяє більш об’єктивно оцінювати стабільність роботи верстата та є основою для підвищення точності механічної обробки.

Список використаних джерел

1. Шевченко, О. В. Підвищення точності обробки на токарних автоматизованих верстатах шляхом мікрорегулювання положення різця / О. В. Шевченко, Т. Г. Гримуд // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування: збірник наукових праць. – 2010. – № 59.

2. Бондарчук Д.І. Шелудченко Б.А. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

РОЗРОБЛЕННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ДО СКЛАДАЛЬНО-ЗВАРЮВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

У сучасних умовах розвитку машинобудування та зварювального виробництва особливої уваги набувають питання підвищення якості складально-зварювальних з’єднань, зменшення трудомісткості технологічних процесів і забезпечення стабільності виробничих результатів. Одним із ключових чинників, що визначає міцність та довговічність зварних конструкцій, є якість підготовки металевих поверхонь перед виконанням складально-зварювальних операцій.

На практиці підготовка поверхонь (очищення від іржі, окалини, мастил, забруднень, зняття фасок, вирівнювання крайок тощо) часто здійснюється із застосуванням окремих ручних інструментів або спеціалізованого обладнання, що призводить до збільшення часу обробки, підвищення фізичного навантаження на персонал та нерівномірності якості підготовки. Особливо гостро ця проблема проявляється в умовах дрібносерійного та ремонтного виробництва, де використання дорогих стаціонарних установок є економічно недоцільним.

Підготовка металевих поверхонь - це сукупність технологічних операцій, спрямованих на видалення забруднень (окалини, іржі, мастил, вологи, фарби), формування необхідної шорсткості та забезпечення стабільних фізико-хімічних умов у зоні зварювання.

У складально-зварювальному виробництві цей етап є критично важливим, оскільки саме стан поверхні безпосередньо визначає:

- якість формування зварного шва;
- міцність і довговічність з’єднання;
- стабільність технологічного процесу;
- рівень браку та обсяг переробок.

Практично до 70% дефектів зварних з’єднань мають першопричиною незадовільну підготовку поверхонь.



Рис.1. Підготовка металевих поверхонь під зварювання [1]

Пристрій (рис.2) призначений для підготовки металевих поверхонь перед складально-зварювальними операціями шляхом механізованого очищення зони зварювання та прилеглих ділянок від:

- іржі, окалини після термічного різання,
- старих покриттів (ґрунт/фарба),
- бризок зварювання, нальоту, технологічних забруднень.

Результат - чиста металева поверхня з необхідною шорсткістю та без оксидних плівок, що підвищує стабільність дуги, зменшує пористість і ймовірність дефектів (непровар, включення, тріщини).



Рис.2. 3D модель конструкції пристрою для підготовки металевих поверхонь

Опис конструкції пристрою

За компонуванням це мобільний комплекс на візку з такими основними вузлами:

1. Рама/платформа на колесах

Забезпечує транспортування та роботу в монтажних умовах, компактне розміщення агрегатів (орієнтовні габарити з креслення: довжина бази ~685 мм, висота ~1200 мм).

2. Бункер/ємність для робочого матеріалу (абразиву/наповнювача)

Верхня частина - завантажувальний вузол; робоча зона заповнення показана штрихуванням. Ємність виконує функцію накопичення та подачі матеріалу в робочий тракт.

3. Магістралі подачі (трубопроводи/шланги), запірно-регулювальна арматура

Наявний рукоятковий/важільний вузол керування - для вмикання/вимикання подачі та регулювання інтенсивності.

4. Енергоблок/привідний агрегат (електромеханічний вузол)

На платформі встановлений агрегат із приводом (на кресленні - корпус із приєднаними лініями), що забезпечує роботу системи подачі (подача повітря/потоку або привід допоміжного вузла залежно від прийнятої схеми).

5. Робочий інструмент (вихідний тракт/сопло/насадка)

Забезпечує спрямовану дію на поверхню в зоні очищення, що дозволяє обробляти складні місця, кромки, стики.

Усі елементи згруповані так, щоб пристрій був мобільним, стійким і зручним для експлуатації біля зварювального поста.

Список використаних джерел

1. Карпенко А.С. “Технологічна оснастка у зварювальному виробництві” Навч. Посібник - К.: Арістей, 2005.- 268 с.

2. Анділахай О. О. Математична модель визначення енергоємності абразивної обробки та умов її зменшення / О. О. Анділахай, І. В. Гершиков // Вісник НТУ «ХПІ»: зб. наук. праць. Темат. вип.: Технології в машинобудуванні. – Х.: НТУ «ХПІ», 2012. – № 54.

3. Власов С.М. Шелудченко Б.А., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛІВ РЕДУКТОРІВ РМ

Вали редукторів є критичними елементами механічних передач, що передають крутний момент між ступенями редуктора та забезпечують роботу привідних механізмів. Від їхньої якості залежить довговічність, точність, надійність і безперебійність роботи редуктора в цілому. Технічні вимоги до виготовлення валів включають не лише геометричні розміри, але й допуски, посадки, шероховатість поверхонь, матеріали, термічну обробку та контроль якості. Аналіз цих вимог дозволяє забезпечити високі експлуатаційні характеристики редукторів РМ.

У сучасних умовах машинобудівного виробництва актуальним є зниження собівартості та трудомісткості виготовлення деталей при одночасному забезпеченні стабільної якості та взаємозамінності. Технологічні процеси виготовлення валів часто містять надлишкові переходи, нераціональні режими різання, неоптимальне базування, що призводить до зайвих витрат часу, інструменту та енергії, а також підвищує ризик браку.

1. Роль валів у редукторах і основні вимоги.

Вал - це циліндричний елемент, що передає зусилля обертання та служить опорою для підшипників та інших елементів редуктора. Основні функціональні вимоги:

- Механічна міцність - здатність витримувати крутний момент, динамічні та змінні навантаження.
- Точність розмірів і форми - відповідає за правильну взаємодію з підшипниками, шпонками та зубчастими колесами.
- Шероховатість поверхні - впливає на знос, контакти і тертя.
- Матеріал і обробка - визначають механічні властивості, стійкість до втоми та корозії.
- Допуски та посадки - забезпечують потрібні зазори або натяги для елементів, що монтуються.

2. Геометричні розміри та допуски

Геометричні розміри валів регламентуються міжнародними та національними стандартами:

- Система допусків та посадок ISO 286 - визначає класи допусків (IT) і положення базових зон для валів і отворів; наприклад: h6, h7 на місцях посадки підшипників.
- Геометричні допуски форми і розташування ISO 1101 - визначають допуски прямолінійності, круглісті, циліндричності, коаксіальності тощо для важливих поверхонь валу.
- ЕСКД - правила зазначення допусків форми і розташування на технічних кресленнях.

Допуски на діаметри і посадки

Для основних діаметрів валів (під підшипники, шестерні):

- Використовуються високоточні квалитети (IT6 - IT7), що забезпечують точну посадку підшипників.

- Посадка вал - підшипник має бути з потрібним натягом або зазором для правильної роботи і змазування.

Важливою є коаксіальність опорних поверхонь - неточність призводить до змінних навантажень на підшипники й підвищеного зносу.

3. Шорсткість поверхонь.

Поверхня валів повинна мати встановлену марку шороховатості, в залежності від функціонального призначення:

- ISO 1302 - стандарт для позначення параметрів поверхневої шороховатості на кресленнях (Ra, Rz, тощо).
- Для місць посадки підшипників - мінімально допустима шороховатість (Ra 0,8 - 1,6 мкм), щоб забезпечити рівномірну передачу навантаження.
- Для контактних поверхонь з зубчастими колесами - шороховатість може бути нижчою залежно від швидкостей і умов змащення.

Правильна шороховатість зменшує коефіцієнт тертя, що знижує нагрів і знос деталей, особливо за високих навантажень.

4. Матеріали та термічна обробка.

Матеріал валу визначає його міцність і довговічність.

Типові матеріали

- Вуглецеві та леговані сталі (наприклад 45, 40Х, 20ХН3А).
- Вибір залежить від вимог до механічних властивостей і умов експлуатації (температура, навантаження).

Термічна обробка

- Гартування і відпуск - для підвищення твердості поверхні й опору втомі.
- Нормалізація - для рівномірної структури металу і стабільності розмірів.

Термічна обробка повинна виконуватися відповідно до технологічних карт і вимог стандартів, щоб уникнути деформацій і тріщин.

5. Шпонкові з’єднання та інші конструктивні елементи.

Багато валів оснащуються шпонками або шліцами для передачі крутного моменту:

- Шпонкові з’єднання регламентуються ДСТУ 23360:2014, де визначені розміри пазів і шпонок для різних діаметрів валів.
- Невідповідність розмірів призводить до люфтів, концентрованих напружень і виходу з ладу.

6. Контроль якості і випробування.

Контроль виготовлених валів здійснюється на всіх етапах:

- Контроль розмірів і допусків - за допомогою калібрів, мікрометрів, СММ (координатно-вимірювальні машини).
- Контроль шороховатості - спеціальними профілометрами.
- Випробування на міцність і зміцнення - неруйнівні методи (УЗД, магнітний контроль).

Ці заходи забезпечують відповідність технічним вимогам і гарантують експлуатаційну надійність.

Висновок. Аналіз технічних вимог до виготовлення валів редукторів РМ показує, що успішне виробництво таких деталей вимагає комплексного підходу: від правильного вибору матеріалу й термічної обробки до точного дотримання допусків, посадок і параметрів поверхонь згідно з ISO та національними стандартами. Валові важливо забезпечити необхідну точність геометрії, мінімальну шороховатість і належну якість з’єднань, що в сукупності гарантує високу ефективність і довговічність редуктора в експлуатації.

Список використаних джерел

1. ДСТУ ISO 286-1:2002. Допуски й посадки за системою ISO. Частина 1. Основні відхилення й допуски. - К., 2002.

2. ДСТУ ISO 286-2:2002. Допуски й посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці допусків. - К., 2002.

3. ДСТУ ISO 1302:1996. Технічні креслення. Вказівка шорсткості поверхні. - Кн., 1996.

4. Мархель І.І. Деталі машин. Навчальний посібник. - К.: Вид-во, 2015.

5. Тернович Н.І. Розроблення технології виготовлення вала КС6Б-07.604. - 2021.

4. Волощук М.Г., Медведський О.В. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ «ШАТУН БЕНЗОПИЛИ» НА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ

Аналіз технологічності конструкції деталі «Шатун» проводиться з метою оцінювання відповідності її геометричної форми, розмірів, допусків, шорсткості поверхонь та матеріалу вимогам ефективного, економічно доцільного та стабільного виготовлення в умовах машинобудівного виробництва [1, 2].



Рис.1. Шатун бензопили STHIL MS 180

1. Загальна оцінка конструкції.

Шатун бензопили STHIL MS 180 належить до деталей середньої складності, що характеризуються поєднанням циліндричних, фасонних та перехідних поверхонь. Конструкція є симетричною відносно поздовжньої осі, що позитивно впливає на технологічність, оскільки спрощує базування деталі під час механічної обробки та зменшує кількість установок.

Форма шатуна є обтічною, з плавними радіусними переходами (R5, R8, R50, R60), що:

- знижує концентрацію напружень;
- покращує умови роботи деталі;
- спрощує виготовлення заготовки методом кування або штампування.

2. Технологічні бази та базування.

Основними технологічними базами деталі є:

- внутрішні циліндричні поверхні верхньої та нижньої головок;
- торцеві поверхні головок, які забезпечують осьове базування.

Таке рішення є технологічно доцільним, оскільки дозволяє:

- забезпечити співвісність отворів;
- виконувати більшість операцій з мінімальною похибкою взаємного розташування;
- застосовувати стандартні пристосування та вимірювальні засоби.

3. Аналіз точності та допусків.

Конструкція містить поверхні з різними вимогами до точності:

- посадочні отвори мають підвищену точність (типу H6–H8), що обґрунтовано умовами роботи з підшипниками;
- допоміжні та фасонні поверхні мають більш грубі допуски, що є технологічно доцільним і не ускладнює виготовлення.

Вимоги до шорсткості поверхонь (Ra0,8; Ra1,25; Ra5; Ra10) розподілені раціонально відповідно до функціонального призначення поверхонь і не створюють надмірних технологічних складнощів.

4. Матеріал та оброблюваність.

Матеріал деталі - сталь 40Х (ДСТУ 7809:2015) - є широко застосовуваним конструкційним матеріалом у машинобудуванні. Вона характеризується:

- доброю оброблюваністю різанням;
- високою міцністю після термічної обробки;
- достатньою зносостійкістю та втомною міцністю.

Застосування цього матеріалу є технологічно обґрунтованим і не потребує використання спеціалізованого або унікального обладнання.

5. Оцінка складності виготовлення.

До конструктивних особливостей, що підвищують складність виготовлення, належать:

- наявність фасонного стержня змінного перерізу;
- підвищені вимоги до співвісності отворів;
- необхідність забезпечення плавних радіусних переходів.

Водночас конструкція не містить:

- важкодоступних внутрішніх порожнин;

- різьбових з’єднань;
- тонкостінних елементів, схильних до деформацій.

Це свідчить про достатній рівень технологічності конструкції.

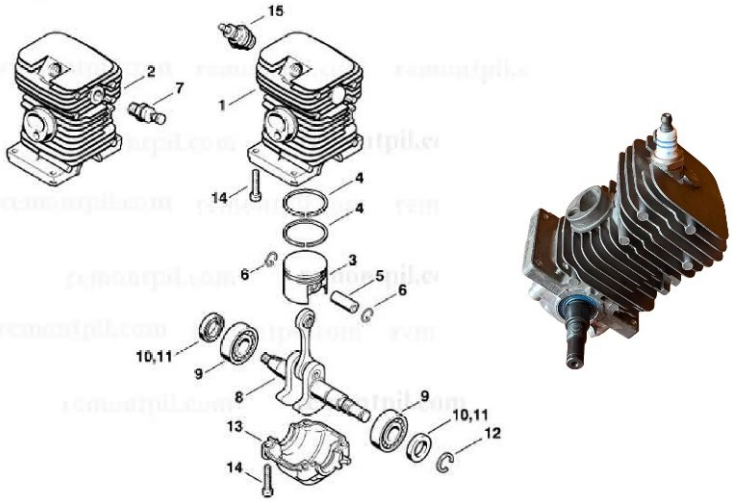


Рис.2. Двигун бензопили STHIL MS 180

Висновок. Конструкція деталі «Шатун» бензопили STHIL MS 180 є **технологічно доцільною та раціональною**, відповідає вимогам серійного виробництва та дозволяє застосовувати стандартні методи отримання заготовки, механічної обробки, базування і контролю. Аналіз показав, що існуюча конструкція створює сприятливі умови для **удосконалення та раціоналізації технологічного процесу виготовлення**, зниження трудомісткості та підвищення якості готової деталі.

Список використаних джерел

1. Ковальов О. О. Технологічні процеси машинобудування: навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – 284 с.
2. Гузеєв В. І., Жук Я. О. Основи проєктування технологічних процесів механічної обробки: підручник. – К.: Видавництво КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 356 с.

5. Гнітецький К.О., Шубенко В.О. Шубенко Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ВИГОТОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТА РОЗГОВТКА В МАШИНОБУДУВАННІ

У сучасному машинобудуванні та приладобудуванні особлива увага приділяється підвищенню точності, якості та економічної ефективності виготовлення деталей, що безпосередньо впливають на надійність і довговічність машин та механізмів. Однією з таких відповідальних деталей є розгортка, яка використовується для високоточної чистової обробки отворів і визначає кінцеві геометричні параметри спряжених поверхонь.

Технологічний процес виготовлення розгорток повинен забезпечувати високу точність розмірів, стабільність форми, необхідну шорсткість поверхонь та задані експлуатаційні властивості інструмента. Водночас традиційні технології виготовлення часто характеризуються значною трудомісткістю, перевитратою матеріалу, недостатнім рівнем механізації допоміжних операцій та використанням застарілого технологічного оснащення [1].

В умовах зростання вимог до якості машинобудівної продукції та необхідності зниження її собівартості актуальним є удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Розгортка» шляхом раціонального вибору заготовки, оптимізації маршруту механічної обробки, уточнення припусків і допусків, а також застосування спеціальних верстатних пристосувань. Це дозволяє підвищити продуктивність праці, зменшити витрати матеріалу й часу та забезпечити стабільність технологічного процесу.

Основною функцією розгортки є чистова обробка попередньо просвердлених або розточених отворів. Інструмент працює в умовах малих припусків різання, що вимагає:

- високої геометричної точності;
- стабільної форми різальних кромок;
- мінімальних вібрацій у процесі різання;

- забезпечення заданої шорсткості поверхні отвору.

Розгортки застосовують для отримання отворів під підшипники, втулки, штифти та інші відповідальні елементи машин.

За конструкцією та принципом дії розгортка має багато спільного із зенкером, однак відрізняється значно меншим припуском, що знімається, а також більшою кількістю різальних зубів - зазвичай від 6 до 12. Ріжучі кромки інструмента розташовані під певним кутом до осі, що забезпечує виконання основної операції різання.

Калібрувальна частина розгортки призначена для стабільного напрямку інструмента під час роботи, точного формування розміру отвору та збереження геометрії після повторного заточування. Вона складається з двох зон: циліндричної та конічної, яку називають зворотним конусом.

Наявність зворотного конуса сприяє зменшенню сил тертя між інструментом і оброблюваною поверхнею, а також обмежує небажане збільшення діаметра отвору. Розгортка типу 2963-4081 належить до насадних інструментів і застосовується для виконання чорнового розгортання отворів [2].

Основні конструктивні елементи розгортки наведені на рис.1.

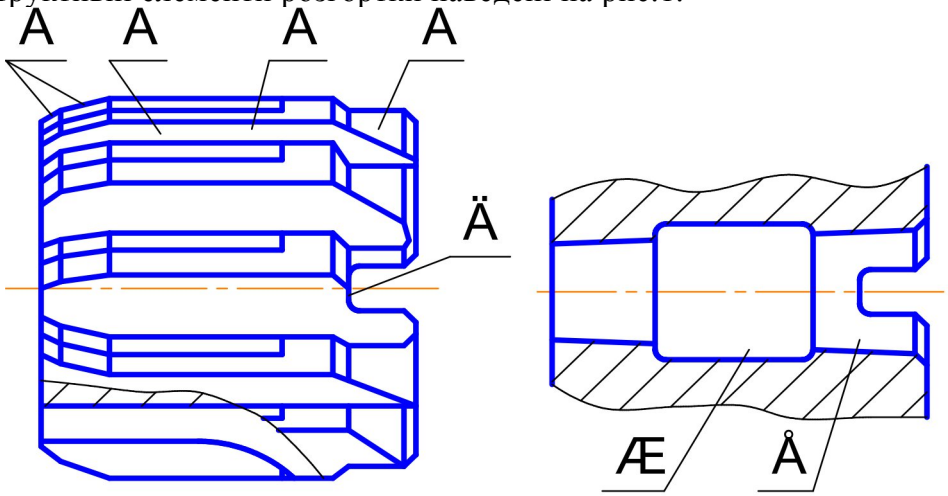


Рис. 1. Основні елементи деталі

Основні елементи деталі:

А - забірна(ріжуча) частина;

Б - калібруюча частина - циліндрична ділянка;

В - калібруюча частина, виконана із зворотною конусністю;

Г - пониження;

Д - паз для торцевої шпонки оправки, на якому кріпиться розгортка;

Е - отвір конусний 1: 30; основна конструкторська база;

Ж - виточка; необхідна для зменшення довжини базового отвору.

Основні технічні вимоги до виготовлення розгорток:

1. Корпус розгортки виготовляють зі сталі 40Х, яку піддають гартуванню та подальшому відпуску до досягнення твердості в межах 37–47 HRC. Ріжучі елементи виконані у вигляді пластин із твердого сплаву ВК8 марки 26250 відповідно до вимог ДСТУ 25425:2006.
2. Граничне значення радіального биття відносно осі отвору для ріжучої частини не повинно перевищувати 0,025 мм, а для калібрувальної ділянки - 0,015 мм.
3. Допустиме відхилення співвісності осі шпонкового паза відносно осі конічного отвору встановлюється на рівні 0,08 мм.
4. Діаметральні розміри, для яких не задані індивідуальні граничні відхилення, повинні відповідати точності 14-го квалітету, тоді як лінійні розміри виконуються з допуском ± It14/2.

На інструменті наноситься маркування, що містить умовне позначення розгортки та позначення матеріалу ріжучих елементів [1, 2].

Висновок. Аналіз вимог до виготовлення розгорток у машинобудуванні показує, що цей інструмент належить до високоточних виробів, які потребують ретельно підібраного матеріалу, точної геометрії, якісної термічної та фінішної обробки. Дотримання зазначених вимог забезпечує стабільність процесу обробки отворів, підвищує довговічність інструмента та гарантує отримання деталей з високими показниками точності й якості поверхні.

Список використаних джерел

1. Баранков О. І., Кравчук В. М. Технологія машинобудування: навч. посіб. – Київ: Вища школа, 2010. – 424 с.
2. Бондаренко В. О. Різальний інструмент: підручник. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – 356 с.

6. Ковальчук М.Р., Шубенко В.О. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

АНАЛІЗ КОМПОНУВАННЯ І ОСОБЛИВОСТЕЙ КОРОБКИ ПОДАЧ ВЕРСТАТА ПАБ-350

У сучасних умовах машинобудівного виробництва зростають вимоги до універсальності, точності та продуктивності металорізальних верстатів. Значна частина токарного обладнання, що експлуатується на вітчизняних підприємствах, є морально та фізично застарілою, зокрема через обмежені можливості коробок подач, які не забезпечують необхідного діапазону подач і різьбонарізних операцій. Це ускладнює обробку деталей з різними конструктивними та технологічними вимогами, знижує ефективність використання верстатів і конкурентоспроможність продукції [1].

Коробка подач верстата з числовим програмним керуванням моделі ПАБ-350 є одним із ключових вузлів, що забезпечує реалізацію заданих програмою переміщень робочих органів верстата та безпосередньо впливає на точність, продуктивність і стабільність процесу обробки [3].



Рис.1. Вертикальний токарний верстат з ЧПК моделі ПАБ-350 [1]

Компонування коробки подач

У верстаті ПАБ-350 коробка подач має вбудоване компонування і конструктивно інтегрована в загальну кінематичну схему супортів. На відміну від класичних токарних верстатів з механічною коробкою подач, у даній моделі відсутні багатоступінчасті зубчасті передачі з ручним перемиканням. Формування подач здійснюється за рахунок сервоприводів, керованих системою ЧПК.

Коробка подач пов’язана з:

- поздовжніми та поперечними осями подач (X, Z);
- гвинтовими передачами з коченням (кульковими гвинтопарами);
- сервоприводами з цифровим керуванням.

Таке компонування дозволяє компактно розмістити вузол у корпусі верстата, зменшити габарити та масу механічних елементів, а також підвищити жорсткість системи подач.

Кінематичні та конструктивні особливості

Передача руху від сервоприводів до супортів здійснюється через кулькові гвинтові пари, що забезпечує:

- високий ККД передачі;
- мінімальні втрати на тертя;
- практично повну відсутність люфтів;
- високу точність позиціонування та повторюваність переміщень.

Коробка подач не має класичних змінних передаточних чисел, оскільки регулювання швидкості подачі здійснюється програмно шляхом зміни параметрів роботи сервоприводів. Це дозволяє плавно змінювати подачу в широкому діапазоні без зупинки верстата та без механічного втручання оператора.

Особливості роботи в системі ЧПК

Коробка подач верстата ПАБ-350 функціонує у тісному зв'язку із системою числового програмного керування, що забезпечує:

- синхронізацію подач з обертанням шпинделів;
- реалізацію складних траєкторій руху інструмента;
- незалежне керування подачами для кожного супорта;
- автоматичну корекцію швидкостей і прискорень.

Завдяки цьому можливе виконання як чорнових, так і чистових операцій з високою точністю, а також застосування сучасних режимів різання.

Переваги прийнятого компонування

Основними перевагами коробки подач верстата ПАБ-350 є:

- висока точність і стабільність подач;
- відсутність механічних перемикань передач;
- зменшення зносу елементів приводу;
- підвищення надійності та довговічності вузла;
- можливість повної автоматизації процесу обробки.

Крім того, компактне компонування коробки подач позитивно впливає на загальну жорсткість конструкції верстата та знижує вібрації під час роботи.

Висновок. Коробка подач верстата з ЧПК моделі ПАБ-350 є сучасним високотехнологічним вузлом, виконаним за принципом електромеханічного керування подачами. Її компонування та конструктивні особливості забезпечують високу точність, гнучкість і ефективність роботи верстата, що робить його придатним для використання в умовах серійного та масового виробництва деталей з підвищеними вимогами до якості обробки.

Список використаних джерел

1. Керівництво по експлуатації верстата токарного двошпиндельного вертикального з ЧПК мод. ПАБ-350. – ОАО «Веркон». – 44 с.

2. Металорізальні верстати: підручник / за ред. В. О. Фролова. - Київ: Вища школа, 2010. - 423 с.

3. Проектування металорізальних верстатів: навч. посіб. / О. М. Ковальов, В. І. Шудрик, М. П. Козак. - Харків: НТУ «ХПІ», 2012. - 356 с.

7. Мазур М.М., Шелудченко Б.А. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ГІДРОПРИВОДІВ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ

Гідропривод відіграє ключову роль у забезпеченні подач, переміщень робочих органів і стабільності технологічного процесу. Недосконаліть його конструкції або режимів роботи може спричиняти коливання швидкостей, витоки робочої рідини, підвищений знос елементів і збільшення витрат на технічне обслуговування. Тому оптимізація системи гідроприводу верстата 6Р12 є актуальним науково-практичним завданням, спрямованим на підвищення техніко-економічних показників обладнання без необхідності його повної заміни.

Розробка та впровадження оптимізованих рішень у системі гідроприводу дозволяє покращити керованість процесів, зменшити енергоспоживання, підвищити точність обробки та подовжити ресурс роботи верстата, що є особливо важливим в умовах обмежених інвестиційних можливостей підприємств [1-4].

Основні варіанти гідроприводів:

- Hydraulic Power Pack of Machining Center - універсальний компактний гідропривід, спеціально для обробних центрів - часто використовується для гідрозатисків, гідроциліндрів і допоміжних приводів на фрезерних верстатах.



Рис.1. Гідропривід Hydraulic Power Pack of Machining Center [1]

- Hydraulic Power Unit - середній гідропривід середньої потужності, може живити декілька гідроциліндрів/вузлів верстата.



Рис.2. Гідропривід Hydraulic Power Unit [1]

- Hydraulic Power Unit with Vane Pump - обладнаний лопатевим насосом для стабільного тиску та подачі, хороший для більш складних гідросистем**.**



Рис.3. Гідропривід Hydraulic Power Unit with Vane Pump [1]

- X-6 Hydraulic Power Unit - потужніша установка для великих вузлів або кількох незалежних приводів.



Рис.4. Гідропривід X-6 Hydraulic Power Unit [1]

- HYDROMOT Hydraulic Power Pack - компактний гідропривід 2 кВт - підходить для легких гідравлічних задач на верстаті (затискачі, невеликі циліндри).

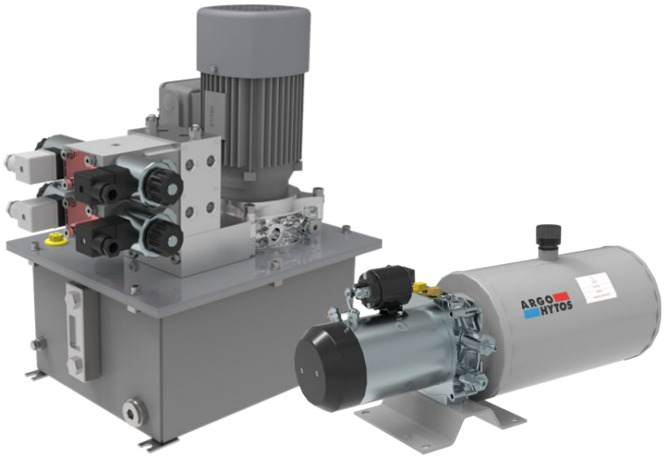


Рис.5. Гідропривід HYDROMOT Hydraulic Power Pack [1]

- Hydraulic Power Unit … Omega Parts - універсальний базовий гідропривід для різних задач.

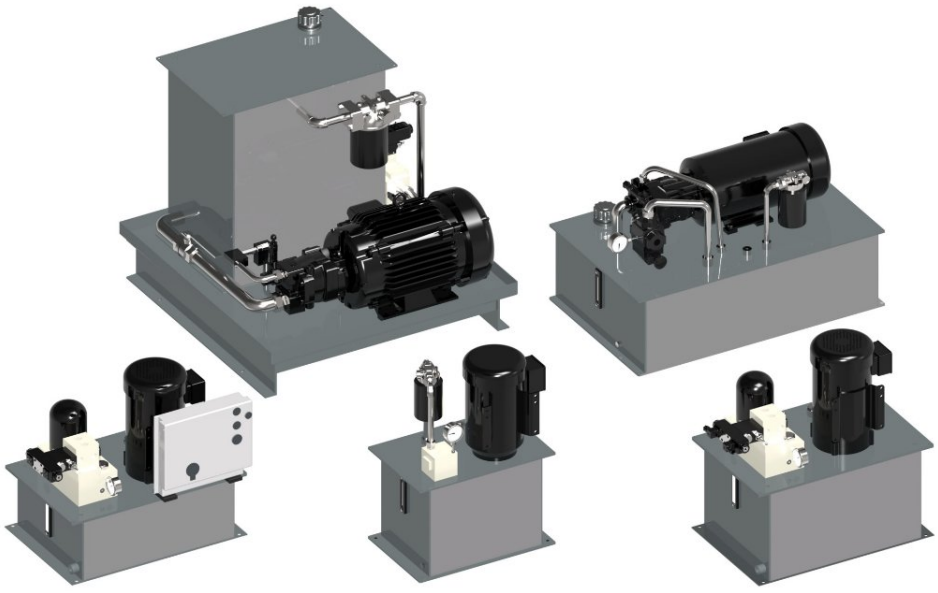


Рис.6. Гідропривід Hydraulic Power Unit Omega Parts [1]

Гідропривід (гідростанція / HPU) - це окрема силова установка, яка створює виробляє тиск і подає масло до гідравлічних компонентів:

- гідроциліндрів затискачів,
- гідромоторів приводу,
- гідравлічних поршнів подач,
- клапанів та регуляторів тиску.

Він складається з електродвигуна, насоса, бака, клапанів та фільтрів.

Такі модулі часто використовують у:

- автоматичних системах затискання столу чи заготовки на фрезерному верстаті,
- пристроях зміни положення/натягу,
- приводах допоміжних механізмів чи змащення.

Висновок. Сучасні гідроприводи у вертикально-фрезерних верстатах найкраще “закривають” **силові та допоміжні функції** (затиски, розтиск інструмента, урівноваження, фіксації/розблокування), а також дають найбільший ефект при переході на **servo-керовані насосні агрегати й пропорційне керування**: зростає керованість, зменшується нагрів і енергоспоживання, підвищується надійність за умови правильної фільтрації та виконання вимог безпеки.

Список використаних джерел

1. Бабич В. К., Корнієнко М. П. Гідравлічні та пневматичні приводи машин. Навчальний посібник. Київ : Ліра-К, 2018. 304 с.
2. Терновий Ю. Ф., Коваленко О. В. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика металорізальних верстатів. Харків : НТУ «ХПІ», 2017. 256 с.
3. Мархель І. І. Металорізальні верстати. Конструкції та приводи. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2016. 312 с.
4. Дикань В. Л., Калабухін Ю. Є. Технологічне обладнання машинобудівних підприємств. Харків : ФОП Панов А. М., 2020. 358 с.

8. Ніколайчук І.Р., Шубенко В.О. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ДЕТАЛІ «ВАЛ СОШКИ» КЕРМОВОГО МЕХАНІЗМУ АВТОМОБІЛЯ

В умовах сучасного машинобудування особливої актуальності набуває удосконалення технологій виготовлення деталей шляхом оптимізації маршрутів обробки, вибору раціональних режимів різання, застосування сучасних методів термічної та хіміко-термічної обробки, а також підвищення точності та якості оброблюваних поверхонь. Для автомобіля марки ЗАЗ, який широко експлуатується в Україні, питання підвищення ресурсу та надійності вузлів рульового керування є особливо важливим з огляду на інтенсивні дорожні умови та тривалу експлуатацію.

За сукупністю конструктивно-технологічних характеристик дана деталь належить до групи деталей класу «Тіла обертання» та має назву «Вал сошки» (рис. 1).



Рис.1. Вал сошки автомобіля ЗАЗ

Вал сошки призначений для:

- передачі крутного моменту від кермового редуктора;
- перетворення обертального руху в поступальний рух кермових тяг;
- сприйняття змінних і ударних навантажень, що виникають під час руху автомобіля.

У процесі експлуатації вал працює в умовах складного напруженого стану, що включає кручення, згин та контактні навантаження.

1. Вимоги до міцності та жорсткості.

Основною вимогою до вала сошки є забезпечення достатньої міцності при дії експлуатаційних навантажень. Деталь повинна:

- витримувати максимальні крутні моменти без пластичних деформацій;
- мати високий запас міцності щодо втомного руйнування;
- зберігати геометричну стабільність протягом усього терміну служби.

Особлива увага приділяється зонам концентрації напружень - переходам діаметрів, шліцьовим і шпонковим з'єднанням.

2. Вимоги до матеріалу.

Для виготовлення валів сошки зазвичай застосовують вуглецеві або леговані конструкційні сталі (наприклад, сталі типу 40Х, 45), які забезпечують оптимальне поєднання міцності та в'язкості. Матеріал повинен:

- добре піддаватися термічній обробці;
- мати високу опірність втомі;
- бути стійким до зношування в зонах тертя.

3. Термічна обробка.

З метою покращення механічних властивостей вал сошки піддають термічній обробці, яка може включати:

- гартування з наступним відпуском;
- поверхневе зміцнення (індукційне гартування) робочих ділянок.

Термічна обробка забезпечує підвищення твердості поверхні та зниження ризику виникнення тріщин і передчасного зносу.

4. Геометрична точність і допуски.

Вал сошки повинен виготовлятися з дотриманням жорстких вимог до:

- точності діаметрів;
- співвісності опорних поверхонь;
- прямолінійності та круглості.

Дотримання допусків гарантує правильну посадку в підшипниках і відсутність заїдань під час роботи кермового механізму.

5. Шорсткість поверхонь.

Шорсткість поверхонь валу безпосередньо впливає на зносостійкість і тертя в з'єднаннях. Для посадкових і робочих поверхонь встановлюють мінімально допустимі значення параметра Ra, що забезпечує:

- рівномірний розподіл контактних напружень;
- зниження інтенсивності зношування;
- підвищення довговічності деталі.

6. Контроль якості.

Контроль якості вала сошки включає:

- перевірку геометричних розмірів і допусків;
- контроль твердості після термічної обробки;
- виявлення внутрішніх і поверхневих дефектів неруйнівними методами.

Комплексний контроль гарантує відповідність деталі технічним вимогам і безпечну експлуатацію автомобіля.

Висновок. Вал сошки кермового механізму автомобіля є високонавантаженою та відповідальною деталлю, до якої висуваються підвищені вимоги щодо міцності, точності, якості поверхонь і матеріалу. Дотримання цих вимог на етапах проєктування та виготовлення забезпечує надійну роботу кермового механізму, підвищує безпеку руху та збільшує ресурс автомобіля.

Список використаних джерел

1. Кузьменко О. М., Лисенко В. П. Конструкція та розрахунок деталей автомобілів. Навчальний посібник. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2019. 268 с.

2. Бондаренко Є. А. Кермові механізми автомобілів: конструкція, розрахунок, експлуатація. Харків: ХНАДУ, 2018. 214 с.

3. Шевченко В. І. Технологічні особливості виготовлення валів машинобудівного призначення // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». 2020. № 3. С. 87-93.

9. Підкуйко А.С., Шубенко В.О. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ НА ФРЕЗЕРНОМУ ВЕРСТАТІ

У процесі фрезерування в зоні різання виникають значні теплові навантаження, які призводять до інтенсивного зношування інструменту, погіршення точності обробки, зниження якості поверхні та зменшення стійкості різальних кромок. Використання застарілих або малоефективних систем подачі охолоджувально-змащувальної рідини (СОЖ), що характерно для значної кількості фрезерних верстатів, які експлуатуються на вітчизняних підприємствах, не забезпечує належного тепловідведення та стабільності процесу різання.

У зв'язку з цим актуальним є завдання модернізації системи охолодження різального інструменту на фрезерному верстаті, спрямоване на підвищення ефективності відведення тепла із зони різання, зменшення інтенсивності зношування інструменту та забезпечення стабільних режимів обробки. Впровадження удосконалених систем подачі СОЖ, зокрема спрямованого, дозованого або комбінованого охолодження, дозволяє підвищити продуктивність верстата, продовжити ресурс інструменту та знизити витрати на його заміну [1].

Крім того, модернізація системи охолодження сприяє покращенню умов праці оператора, зменшенню негативного впливу СОЖ на навколишнє середовище та підвищенню загальної надійності технологічного обладнання.

Виходячи з аналізу умов роботи фрезерно-консольного верстата, характеру фрезерних операцій та недоліків існуючої системи охолодження, для підвищення ефективності процесу різання доцільно виконати модернізацію системи охолодження різального інструменту шляхом впровадження більш керованої та ефективної подачі охолоджувально-змащувальної рідини (СОЖ) [2].

Обґрунтування вибору типу системи охолодження

Для даного верстата найбільш доцільним є застосування циркуляційної рідинної системи охолодження з примусовою подачею СОЖ під тиском та прицільним спрямуванням струменя безпосередньо в зону різання (рис.1).



Рис.1. Циркуляційна рідинна система охолодження з примусовою подачею СОЖ під тиском

Такий тип системи забезпечує:

- ефективне відведення тепла від різального інструменту та заготовки;
- зменшення сил тертя і температури різання;
- стабільність режимів обробки;
- можливість використання сучасного твердосплавного інструменту.

Застосування кріогенних або внутрішніх (через шпиндель) систем для даного верстата є конструктивно складним і економічно недоцільним, а використання лише повітряного охолодження або мінімального змащування (MQL) не забезпечує достатнього тепловідведення при фрезеруванні сталей і чавунів.

Таблиця 1. Технічні характеристики системи охолодження рідиною СОЖ

Параметр	Значення
Потужність, Вт	90
Розміри (Д×Ш×В), мм	380 × 250 × 210
Обсяг бака для СОЖ, л	13
Довжина підвідної трубки, мм	2000
Довжина відвідної трубки, мм	1500
Розміри упаковки (Д×Ш×В), мм	410 × 280 × 200
Вага, кг	10

Модернізована система охолодження пропонується у вигляді замкненої циркуляційної схеми, яка включає такі основні елементи:

1. Бак для охолоджувально-змащувальної рідини, розташований у нижній частині верстата або в окремому корпусі.
2. Насос подачі СОЖ, що забезпечує необхідну витрату та тиск рідини.
3. Фільтрувальний елемент, призначений для очищення СОЖ від стружки та абразивних частинок.
4. Магістраль подачі СОЖ з можливістю регулювання тиску та витрати.
5. Регульовані форсунки або сопла, які забезпечують прицільну подачу рідини безпосередньо в зону різання.
6. Піддон і система зливу СОЖ, що повертає рідину в бак після використання.

Принцип дії системи полягає в тому, що охолоджувально-змащувальна рідина з бака за допомогою насоса подається через фільтр і трубопроводи до регульованих форсунок, з яких спрямованим струменем подається в зону контакту різального інструменту із заготовкою. Після виконання охолоджувальної та змащувальної функцій СОЖ стікає у піддон і по зливному каналу повертається в бак, утворюючи замкнений цикл [1-3].

Висновок. Вибір циркуляційної рідинної системи охолодження з примусовою подачею СОЖ і прицільними регульованими форсунками є найбільш раціональним для модернізації даного фрезерного верстата. Реалізація запропонованої принципової схеми дозволить суттєво підвищити ефективність фрезерної обробки, забезпечити стабільність технологічного процесу та розширити експлуатаційні можливості верстата.

Список використаних джерел

1. Бабак О. В., Пилипенко О. С. Системи охолодження та змащування в металообробці. – Дніпро: ЛІРА, 2020. – 198 с.

2. Лавриненко В. І. Ефективність застосування мастильно-охолоджувальних рідин при фрезеруванні // Вісник машинобудування та транспорту. – 2019. – №2. – С. 45–50.

3. Козловський Ю. М. Основи конструювання верстатів. – Київ: Освіта України, 2015. – 364 с.

10. Сищук Є.М., Медведський О.В.Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ ЗОНИ РІЗАННЯ АГРЕГАТНОГО ВЕРСТАТА-НАПІВАВТОМАТА

З метою підвищення стійкості різального інструмента та запобігання його передчасному зношуванню в процесі обробки застосовується мастильно-охолоджувальна рідина (МОР). Її використання дозволяє зменшити інтенсивність тепловиділення в зоні різання та запобігає налипанню оброблюваного матеріалу на ріжучі крайки інструмента.

Окрім цього, СОР забезпечує ефективне видалення стружки й абразивного пилу із зони обробки, що сприяє покращенню санітарно-гігієнічних умов праці та підвищенню ресурсу верстата в цілому.

У проектованому агрегатному верстаті як мастильно-охолоджувальну рідину застосовано 3–5%-й водний розчин емульсолу «Укринол-1», який відповідає вимогам ТУ 38-101197-82.

Система охолодження повинна забезпечувати одночасну подачу СОР до всіх різальних інструментів у кількості, що відповідає їх типу, розмірам та умовам роботи, а також гарантувати необхідну якість охолодження.

На проектованому верстаті одночасно експлуатуються 41 стрижневий різальний інструмент з діаметрами в межах 6,7–31,0 мм. Для подачі мастильно-охолоджувальної рідини безпосередньо в зону різання прийнято насос П-100М з номінальною продуктивністю 100 л/хв.

Системи охолодження агрегатних верстатів (рис.1) у більшості випадків є уніфікованими, що спрощує їх експлуатацію та обслуговування. Система охолодження спроектованого верстата включає бак для МОР об’ємом 300 л, на кришці якого встановлено відцентровий насос П-100М, трубопровідні комунікації, водозбірник (колектор), закріплений на станині, а також регулювальні пристрої, через які рідина подається до різальних інструментів [1-3].

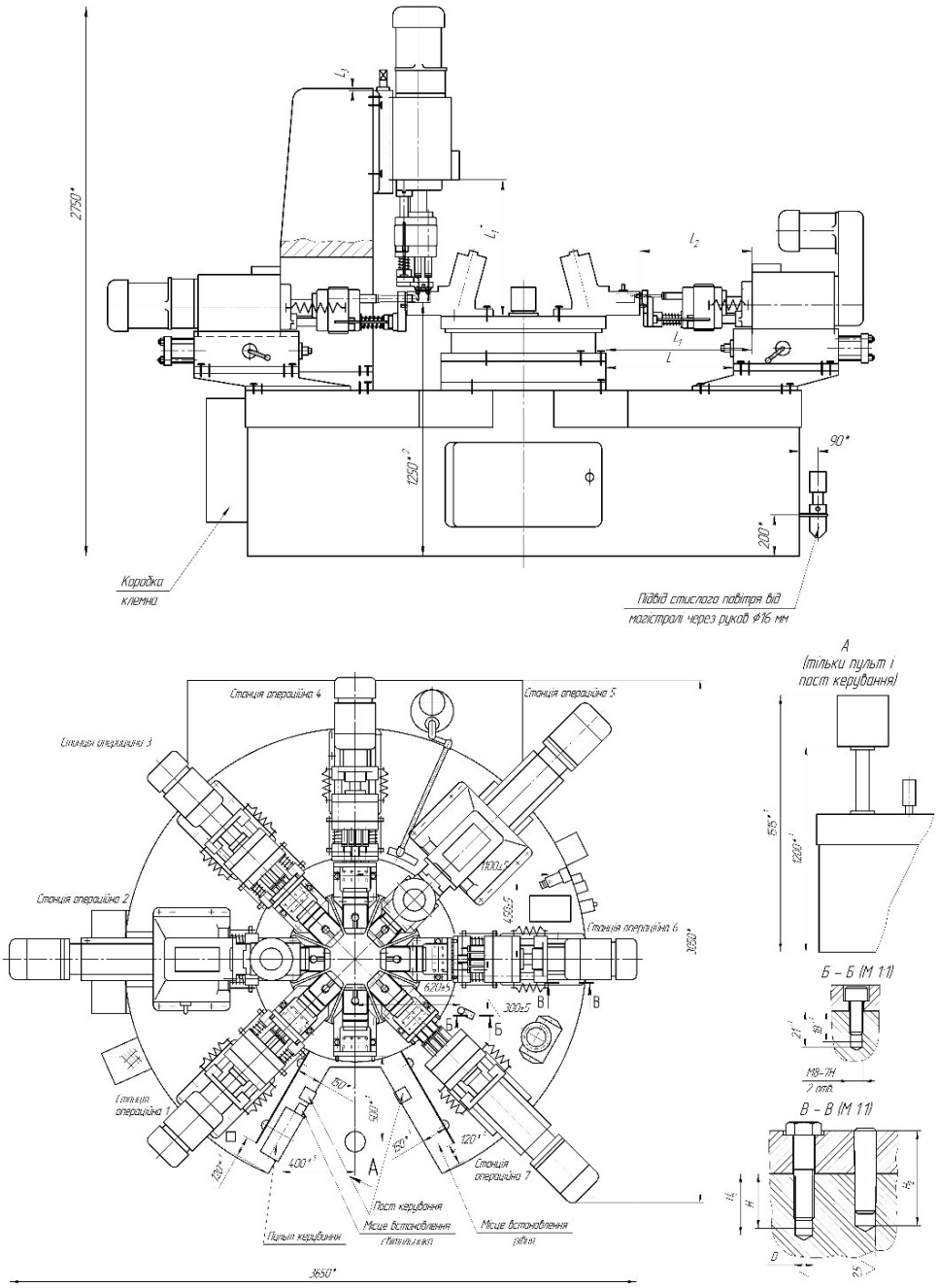


Рис.1. Загальний вигляд агрегатного верстата-напівавтомата

По трубопроводах МОР надходить у водозбірник, на якому передбачені патрубки для підключення регуляторів подачі. Колектор розміщений по периметру поворотно-ділильного столу та виконаний у вигляді розімкнутого кільця. На кожній робочій позиції до нього приєднується регулятор, що являє собою муфтовий кран із підвідною трубкою, спрямованою безпосередньо на відповідний різальний інструмент.

Подача мастильно-охолоджувальної рідини в зону різання здійснюється у вигляді вільно спрямованого потоку. За умови коректної орієнтації потоку МОР забезпечується ефективне видалення стружки безпосередньо з області різання.

Проєктований верстат виконаний за технологічною схемою багатопозиційного периферійного компонування. У центральній частині круглої станини розміщено поворотно-ділильний стіл з планшайбою діаметром 800 мм, на якій закріплені установчо-затискні пристосування для оброблюваних заготовок. Загальна кількість позицій становить вісім, з яких одна призначена для завантаження та розвантаження деталей, а решта сім є робочими [1].

Висновок. У результаті проєктування системи охолодження зони різання агрегатного верстата-напівавтомата встановлено, що застосування мастильно-охолоджувальної рідини є необхідною умовою забезпечення стабільної роботи різального інструмента, зменшення теплового навантаження та запобігання його передчасному зношуванню. Використання 3–5%-го водного розчину емульсолу «Укринол-1» дозволяє ефективно охолоджувати зону різання, запобігати налипанню матеріалу на ріжучі крайки, а також сприяє видаленню стружки й абразивного пилу, що позитивно впливає на санітарно-гігієнічні умови праці та ресурс верстата.

Список використаних джерел

1. Ковальчук В. М. Проєктування металорізальних верстатів: навч. посібник. - Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. – 356 с.
2. Бойко О. І., Гурін В. П. Агрегатні та спеціальні металорізальні верстати: підручник. - Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – 412 с.
3. Сидоренко П. М. Основи проєктування машин і механізмів: навч. посібник. - Київ: Либідь, 2019. – 288 с.

11. Соколівський Н.С.Шубенко В.О.Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ГІДРОЦИЛІНДРІВ

Практика експлуатації показує, що значна частина відмов гідроциліндрів пов’язана з порушенням герметичності, зносом ущільнень, перевантаженнями та відхиленнями робочих параметрів від нормативних значень. Тому проведення випробувань гідроциліндрів після виготовлення, ремонту або модернізації є обов’язковою умовою забезпечення їх якості та відповідності технічним вимогам.

Існуючі стенди для випробування гідроциліндрів у багатьох випадках мають низький рівень автоматизації, потребують значної участі оператора, характеризуються обмеженою точністю вимірювань та підвищеним ризиком впливу людського фактора. Це ускладнює процес випробувань, знижує повторюваність результатів і не відповідає сучасним вимогам промислової автоматизації та стандартам безпеки [1-3].

У зв’язку з цим актуальним є проєктування автоматизованого стенда для випробування гідроциліндрів, який забезпечує автоматичне керування режимами навантаження, безперервний контроль основних параметрів, реєстрацію результатів випробувань та підвищення рівня безпеки персоналу. Впровадження таких стендів сприяє підвищенню якості гідравлічних виробів, скороченню часу випробувань, зменшенню експлуатаційних витрат і підвищенню конкурентоспроможності підприємств машинобудівної галузі.

Автоматизований стенд для випробування телескопічних гідроциліндрів (рис.1) являє собою комплекс взаємопов’язаних механічних, гідравлічних та електричних елементів, об’єднаних у єдину функціональну систему. Структурно стенд складається з таких основних підсистем:

1. Механічна частина стенда

Механічна частина включає жорстку несучу раму, опорні елементи та вузли кріплення випробуваного гідроциліндра. Конструкція рами забезпечує сприйняття значних осьових навантажень, що виникають під час випробувань, а також точне базування і співвісність гідроциліндра з навантажувальним механізмом.

2. Гідравлічна система

Гідравлічна система призначена для створення, регулювання та підтримання заданих режимів тиску і витрати робочої рідини. До її складу входять гідростанція (насос, бак, фільтри), гідророзподільники, запобіжні та регулювальні клапани, а також трубопроводи, що з’єднують систему з випробуваним гідроциліндром.

3. Система навантаження

Система навантаження забезпечує створення зусилля, необхідного для випробування гідроциліндра в різних режимах. Навантаження формується за рахунок тиску робочої рідини в порожнинах гідроциліндра або шляхом використання додаткового навантажувального гідравлічного елемента.

4. Система вимірювання та контролю

До складу системи входять датчики тиску, датчики переміщення штока, а також допоміжні засоби контролю температури та часу. Отримані сигнали передаються до системи керування для подальшої обробки та відображення.

5. Система автоматизованого керування

Керування роботою стенда здійснюється за допомогою програмованого логічного контролера. Система автоматизації забезпечує реалізацію заданих алгоритмів випробування, контроль параметрів у реальному часі, аварійне відключення та реєстрацію результатів.

6. Система безпеки

Система безпеки включає запобіжні клапани, аварійний скид тиску, кнопку аварійної зупинки та захисні огородження, що забезпечують безпечну експлуатацію стенда.

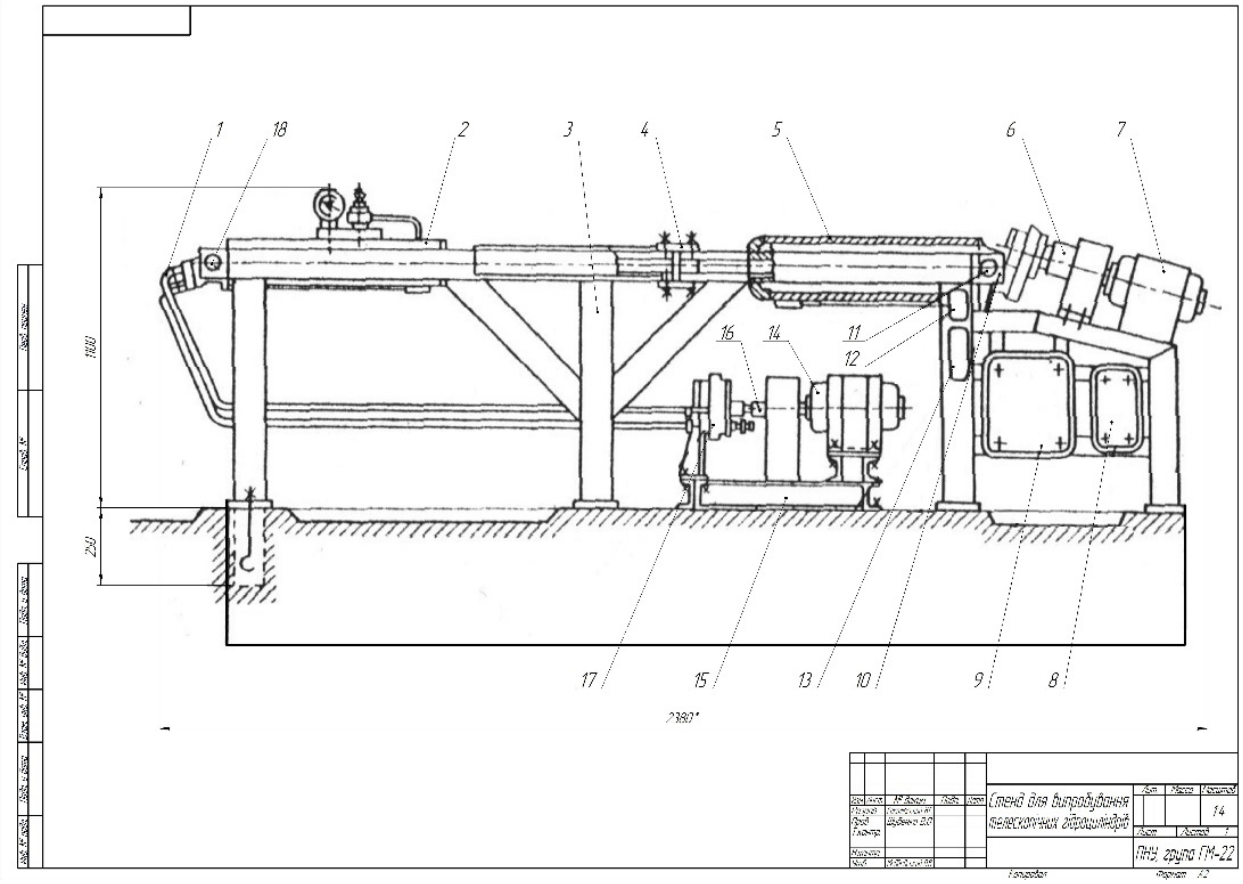


Рис.1. Конструкція стенда для випробування телескопічних гідроциліндрів

Перед початком випробувань випробуваний гідроциліндр встановлюється на механічній рамі стенда та надійно закріплюється у вузлах кріплення. Після цього гідроциліндр під'єднується до гідравлічної системи стенда за допомогою трубопроводів високого тиску.

Після ввімкнення гідростанції робоча рідина подається від насоса до гідророзподільника, який відповідно до команди системи керування спрямовує потік у відповідну порожнину гідроциліндра. У результаті створюється тиск, що забезпечує висування або втягування штока гідроциліндра.

Параметри тиску, швидкості та переміщення штока безперервно контролюються датчиками і передаються до програмованого логічного контролера. На основі отриманих даних система керування підтримує заданий режим випробування, регулює подачу робочої рідини та фіксує результати вимірювань.

У разі досягнення граничних значень параметрів або виникнення аварійної ситуації система безпеки автоматично припиняє подачу робочої рідини та здійснює скид тиску. Після завершення випробувань гідроциліндр відключається від гідравлічної системи та демонтується зі стенда.

Список використаних джерел

1. Бурєнніков, Ю.А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник / Ю.А. Бурєнніков, І.А. Немировський, Л.Г. Козлов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. - 273 с.

2. Білецький О. В. Гідропривод і гідропневмоавтоматика: навч. посібник. – Київ: Кондор, 2018. – 312 с.

3. Болотов В. М., Кравченко С. О. Гідравлічні машини та гідроприводи. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – 280 с.

12.Фещук Д.В. Шубенко В.О. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ «КОРПУС РУКОЯТКИ КРОК-ГАЗ» ГЕЛІКОПТЕРА

У сучасних умовах розвитку машинобудування та металообробної промисловості особливого значення набуває підвищення ефективності серійного виробництва шляхом удосконалення та раціоналізації технологічних процесів. Деталі типу «корпус» є базовими елементами більшості машин і механізмів, оскільки виконують опорні, з'єднувальні та захисні функції, забезпечують точність взаємного розташування вузлів і загальну надійність виробу.

Виготовлення корпусних деталей характеризується підвищеною матеріаломісткістю, значною кількістю механічних операцій, високими вимогами до точності та шорсткості поверхонь. У серійному виробництві навіть незначні недоліки технології призводять до зростання собівартості, перевитрат матеріалів, збільшення трудомісткості та зниження конкурентоспроможності продукції [1, 2].

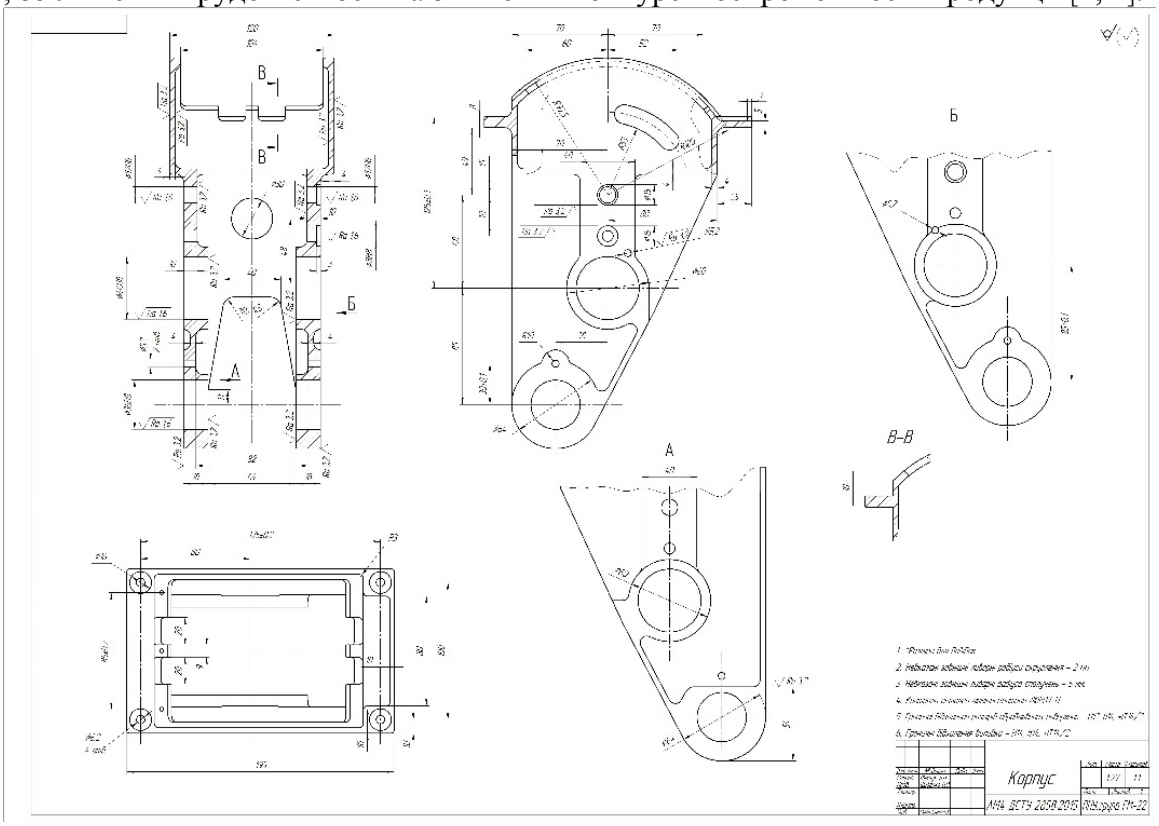


Рис.1. Деталь «Корпус рукоятки КРОК-ГАЗ» гелікоптера

Деталь «Корпус» є корпусною деталлю складної просторової форми, що має систему отворів, посадочних поверхонь, ребер жорсткості, заокруглень та криволінійних елементів. Конструкція деталі розроблена з урахуванням експлуатаційних навантажень і вимог до міцності, що безпосередньо впливає на вибір технології її виготовлення.

Конструктивні особливості деталі

Аналіз креслення показує, що деталь характеризується:

- наявністю декількох циліндричних отворів з підвищеними вимогами до точності та взаємного розташування;
- нерівномірною товщиною стінок, що зумовлює необхідність раціонального вибору припусків і режимів обробки;
- наявністю криволінійних поверхонь і радіусних переходів, які ускладнюють механічну обробку;
- застосуванням фасок та заокруглень, що зменшують концентрацію напружень і підвищують довговічність деталі;
- відсутністю глухих важкодоступних порожнин, що позитивно впливає на технологічність.

Конструкція передбачає базування деталі по основних циліндричних отворах і площинах, що дозволяє забезпечити точність обробки при багатоопераційному виготовленні.

Оцінка технологічності з точки зору виготовлення

З точки зору технології виготовлення конструкція деталі в цілому є технологічною та придатною для серійного виробництва. Основні поверхні можуть бути оброблені на універсальному та

широкоуніверсальному обладнанні, у тому числі на верстатах з ЧПК. Геометрія деталі дозволяє використовувати стандартні ріжучі та вимірювальні інструменти.

Позитивними чинниками технологічності є:

- можливість отримання заготовки, близької за формою до готової деталі;
- раціональне розташування отворів, що допускає їх обробку в одній або двох установках;
- достатні радіуси заокруглень, які полегшують фрезерування і зменшують знос інструменту;
- застосування матеріалу АМ4, який добре піддається механічній обробці.

Обмеження та ускладнення при виготовленні

До факторів, що знижують технологічність конструкції, можна віднести:

- значну кількість оброблюваних поверхонь різної орієнтації, що збільшує кількість переходів;
- підвищені вимоги до точності окремих отворів, які потребують чистових та оздоблювальних операцій;
- наявність тонкостінних елементів, що вимагає зменшених режимів різання та застосування жорсткого закріплення.

Ці особливості обумовлюють необхідність використання спеціальних верстатних пристроїв і ретельного вибору баз при обробці.

Загальна оцінка технологічності

У цілому конструкція деталі «Корпус» відповідає вимогам технологічності для серійного виробництва. Вона забезпечує можливість:

- застосування прогресивних методів механічної обробки;
- зменшення кількості установів за рахунок раціонального базування;
- досягнення заданих показників точності та шорсткості поверхонь.

Конструкція допускає подальшу оптимізацію технологічного процесу шляхом удосконалення маршрутів обробки та застосування спеціалізованого оснащення.

Висновок. Аналіз технологічності конструкції показав, що деталь у цілому є технологічною та придатною для механічної обробки на універсальному і ЧПК-обладнанні. Разом з тим наявність криволінійних поверхонь, тонкостінних елементів і точних отворів потребує раціонального вибору базування, режимів різання та застосування відповідного технологічного оснащення.

Список використаних джерел

1. Технологія машинобудування / За ред. О. М. Джус. - Київ: Вища школа, 2016. - 520 с.
2. Проєктування технологічних процесів у машинобудуванні / В. І. Кравець, М. П. Бондар. - Львів : Новий Світ-2000, 2018. - 364 с.

13.Шаповал М.В. Шубенко В.О. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПОРТАТИВНОГО ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Портативні фрезерні верстати з ЧПК відкривають нові можливості для виконання ремонтних, монтажних і відновлювальних робіт безпосередньо на місці експлуатації обладнання, що є надзвичайно важливим для енергетики, аграрного сектору, транспортної інфраструктури та малого виробництва. Їх використання дозволяє суттєво скоротити простої техніки, зменшити логістичні витрати та підвищити оперативність виконання технологічних операцій.

Разом з тим більшість наявних на ринку портативних обробних систем мають обмежені функціональні можливості, недостатню жорсткість конструкції або високу вартість, що стримує їх широке впровадження. Тому актуальним є завдання розробки власної моделі портативного фрезерного верстата з ЧПК, яка поєднувала б компактність, конструктивну надійність, технологічну гнучкість і економічну доцільність.

Крім того, створення такої моделі сприяє розвитку вітчизняного машинобудування, формуванню інженерних компетентностей у сфері CAD/CAM-проєктування та систем автоматизованого керування, а також забезпечує практичну базу для впровадження сучасних виробничих підходів у навчальний і науково-дослідний процес.

Загальна компоновка портативного фрезерного верстата з ЧПК визначається необхідністю поєднання малої маси, компактності та достатньої жорсткості, що забезпечує можливість виконання фрезерних операцій безпосередньо на місці експлуатації обладнання.

Проєктований верстат виконаний за портально-лінійною схемою з трьома координатами (X, Y, Z) та має модульну рамну конструкцію [1].

Основні складові компоновки

У загальному вигляді верстат складається з таких функціональних вузлів:

Станина (опорна рама)

Станина є базовим несучим елементом конструкції. Вона:

- забезпечує жорстке встановлення верстата;
- слугує основою для монтажа напрямних осі X;
- сприймає основні силові навантаження під час різання.

Рама виконана у вигляді просторової зварної або болтової конструкції з можливістю регулювання по висоті через опорні ніжки.

Координатний стіл (вісь X)

По напрямних, закріплених на станині, переміщується каретка осі X, яка приводиться в рух кульковою гвинтовою парою. Така схема забезпечує:

- плавність ходу;
- мінімальний люфт;
- високу точність позиціювання.

Портальна стійка (вісь Y)

На каретці X встановлені дві вертикальні стійки, між якими розміщується поперечна балка. По ній здійснюється переміщення вузла Y. Подібне симетричне компонування дозволяє:

- зменшити перекоси;
- підвищити жорсткість порталу;
- рівномірно розподілити навантаження.

Шпиндельний вузол (вісь Z)

На рухомій платформі осі Y закріплений шпиндельний вузол, який забезпечує вертикальне переміщення по осі Z.

До його складу входять:

- електрошпиндель;
- напрямні Z;
- кулькова гвинтова пара;
- кріплення інструменту.

Вісь Z має мінімальний виліт, що позитивно впливає на жорсткість системи «інструмент–заготовка».

Приводи координат

Кожна вісь оснащена окремим електроприводом (кроковим або сервоприводом), що через ШВП передає рух відповідному вузлу. Така схема забезпечує:

- синхронізовану роботу осей;
- можливість програмного керування траєкторіями;
- повторюваність переміщень.

Система керування

Верстат комплектується ЧПК-контролером та пультом керування або ПК-інтерфейсом. Система забезпечує:

- роботу за G-кодом;
- ручний режим налагодження;
- аварійну зупинку;
- регулювання швидкості подачі та обертів шпинделя.

Узагальнена схема компоновки

У конструктивному відношенні портативний фрезерний верстат являє собою компактну XYZ-платформу з центрально розташованим шпиндельним вузлом, встановлену на легкій рамній основі. Така компоновка дозволяє:

- виконувати обробку деталей середніх габаритів;
- швидко монтувати верстат на об’єкті;

- забезпечувати прийнятну точність при мінімальній масі.

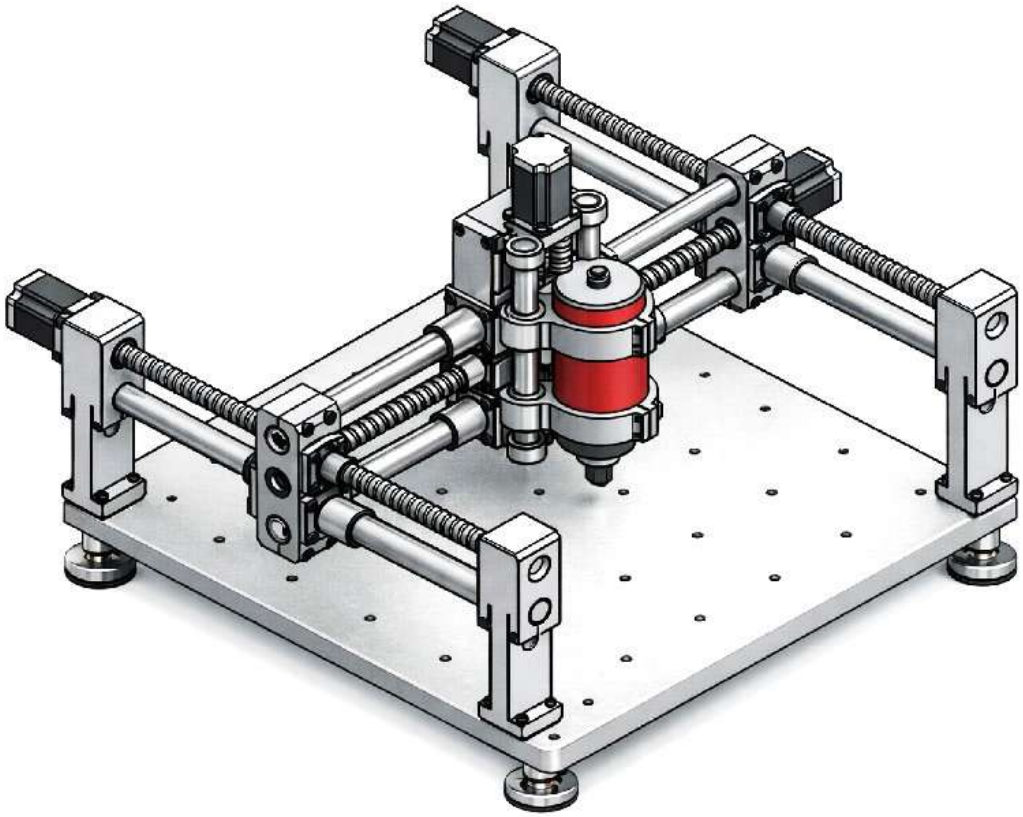


Рис.1. Конструкція портативного фрезерного верстата з ЧПК

Список використаних джерел

1. Яковенко І.Є., Басова Є.В., Брединха О.М. Автоматизація вибору силових агрегатів при синтезі компоновок портативних верстатів //Матеріали IX Всеукраїнської науково-технічної конференції, Суми: СумДУ , 2022.

14. Ярощук О.О. Медведський О.В. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОМПОНУВАННЯ ТА ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОРТАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА

Настільні портальні фрезерні верстати з трьома координатними осями (X, Y, Z) набули широкого застосування в умовах малосерійного та одиничного виробництва, навчальних лабораторіях, стартапах, майстернях швидкого прототипування (Rapid Prototyping), а також у приватному виробництві. Такі верстати дозволяють виконувати операції фрезерування, свердління, гравіювання та контурної обробки деталей із різних матеріалів - деревини, пластмас, композитів та легких металів.

Верстат складатиметься з виконавчого модуля та системи керування. До його структури входить силовий вузол у вигляді блока живлення, а також керувальний модуль, що включає контролер і драйвери крокових електродвигунів. Виконавча частина реалізована на базі трьох крокових і одного колекторного двигуна, механізмів передавання руху у вигляді кулькових гвинтових передач (ШВП) та датчиків, які формують систему зворотного зв’язку.

Електричні кола з напругою +24 В призначені для живлення контролера. Керувальні сигнали з контролера передаються на драйвери крокових двигунів, які генерують імпульсні сигнали для їх роботи. Крокові двигуни кінематично з’єднані з кульково-гвинтовими передачами, на яких розміщені каретки. Під час переміщення каретки впливають на кінцеві вимикачі, що інформують контролер про досягнення граничних положень.

Контроль точності відпрацювання імпульсів кроковими двигунами здійснюється за допомогою енкодерів, які також підключені до контролера. Увімкнення та робота колекторного двигуна, що механічно зв’язаний із різальним інструментом, відбуваються відповідно до команд контролера.

Аналіз конструкції (рис.1) показує, що у верстаті поєднано електричні та механічні зв’язки. Електромеханічні приводи оснащені імпульсними датчиками зворотного зв’язку, що забезпечує реалізацію точного позиційного керування.

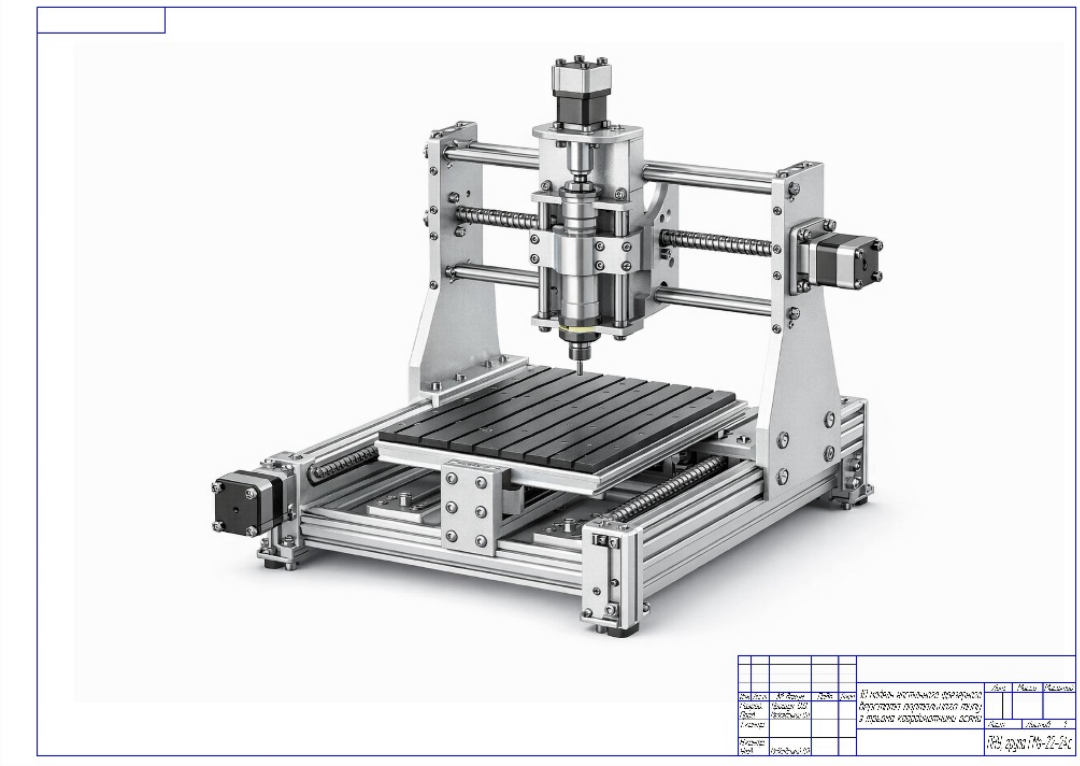


Рис.1. Верстат портального типу

1. Загальна структура верстатної системи

Верстатна система складається з таких основних функціональних підсистем:

- несучої (базової) системи;
- координатно-переміщувальної системи;
- шпиндельного вузла;
- системи приводів;
- допоміжних та з'єднувальних елементів.

Взаємодія зазначених підсистем забезпечує точне відносне переміщення інструмента і заготовки у тривимірному просторі.

2. Несуча (базова) система

До несучої системи належать:

- станина (основа)**;**
- бокові стійки порталу**;**
- поперечна балка порталу**.**

Станина є базовим елементом верстата, на якому закріплюються всі інші вузли. Вона забезпечує геометричну стабільність, сприймає статичні та динамічні навантаження, що виникають у процесі різання. Бокові стійки разом із поперечною балкою формують портал, який виконує функцію несучої конструкції для вузла осі Z і шпинделя. Таке компонування забезпечує підвищену жорсткість у вертикальній площині та рівномірний розподіл навантажень.

3. Координатно-переміщувальна система

Координатна система верстата реалізує поступальні переміщення по трьох осях:

- вісь X - поздовжнє переміщення порталу відносно станини;
- вісь Y - поперечне переміщення шпиндельного вузла вздовж поперечної балки порталу;
- вісь Z - вертикальне переміщення шпинделя.

Переміщення здійснюється за допомогою:

- напрямних (лінійних або профільних);
- гвинтових передач (трапецеїдальних або кулькогвинтових);
- кареток і кронштейнів кріплення.

Дана система забезпечує необхідну точність позиціонування, плавність ходу та повторюваність переміщень робочих органів верстата.

4. Шпиндельний вузол

Шпиндельний вузол є основним робочим елементом верстата. Він закріплений на рухомій плиті осі Z та призначений для:

- встановлення різального інструмента;
- передавання обертального руху інструменту;
- сприйняття осьових і радіальних сил різання.

Конструкція вузла забезпечує співвісність шпинделя з напрямними осі Z та мінімізацію вібрацій під час обробки.

5. Система приводів

Система приводів включає:

- електродвигуни приводів осей X, Y, Z;
- муфти з'єднання двигунів з гвинтовими передачами;
- кріпильні та опорні елементи.

Функціональне призначення системи приводів полягає у перетворенні обертального руху двигунів у поступальний рух робочих органів верстата з заданими швидкісними та силовими параметрами.

6. Стіл і система кріплення заготовки

Робочий стіл призначений для:

- базування заготовки;
- її надійного закріплення під час обробки.

Конструкція столу з Т-подібними пазами або монтажними отворами забезпечує універсальність кріплення заготовок і пристосувань, а також точне орієнтування відносно координатних осей верстата.

7. Функціональна взаємодія елементів

У процесі роботи верстата:

- система приводів забезпечує координатні переміщення порталу та шпиндельного вузла;
- шпиндель виконує головний рух різання;
- несуча система сприймає всі силові навантаження і забезпечує стабільність геометрії;
- координатна система формує необхідну траєкторію руху інструмента відносно заготовки.

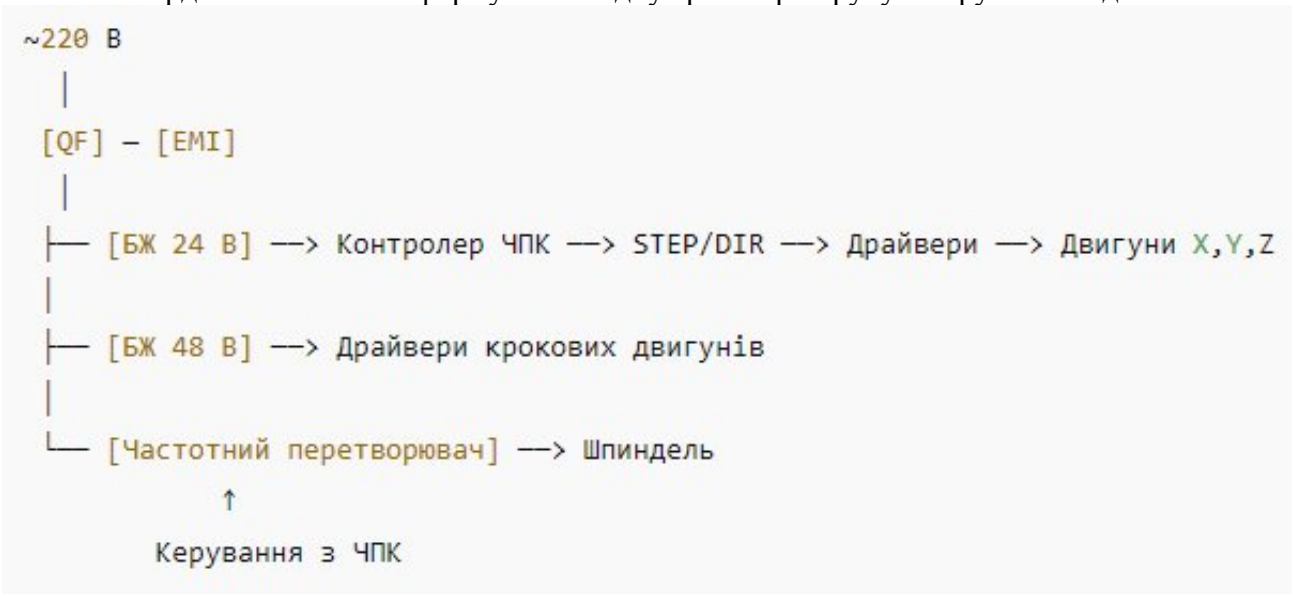


Рис.2. Структурна електрична схема верстата

Висновок. Розглянута верстатна система портального типу характеризується раціональним компонуванням, чітким функціональним розподілом вузлів та достатньою жорсткістю для настільного класу обладнання. Обрана структурна схема забезпечує універсальність застосування верстата, компактність конструкції та можливість досягнення необхідної точності обробки при відносно простій реалізації.

Список використаних джерел

1. Бараненко В. П. Конструювання засобів автоматизації: навч. посіб. / В. П. Бараненко. – К.: КНУБА, 2020. – 188 с.

2. Верстатні приводи: підручник / О. М. Іванченко, Л. І. Рачковська. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 230 с.

3. Кузнєцов Ю.М. Компоновки верстатів з механізмами паралельної структури/ Ю.М.Кузнєцов, Д.А. Дмитрієв, Г.Е. Диневич. Під ред. Ю.М. Кузнєцова.-Херсон: ПП Вишемирский В.С., 2009 - 456 с.

15. Левченко Є.М., Медведський О.В. Поліський національний університет

РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СПЕЦІАЛЬНОГО ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «КАРЕТКА ВЕРХНЯ»

Розроблення конструкції спеціального верстатного пристрою для обробки деталі «Каретка верхня» токарно-гвинтового верстата моделі 16К20 (рис.1) полягає у потребі підвищення ефективності, точності та безпеки технологічних процесів виготовлення складних деталей машинобудівного призначення.



Рис.1. Деталь «Каретка верхня» токарно-гвинтового верстата моделі 16К20

Сучасне машинобудування вимагає [1]:

1. Підвищення продуктивності виробництва**.** Стандартні технології обробки часто не забезпечують належної швидкості та повторюваності результатів при серійному або партійному виготовленні складних компонентів. Розробка спеціального верстатного пристрою дозволяє оптимізувати процес обробки «Каретки верхньої», скоротити час переналагодження та підвищити пропускну здатність виробництва.

2**.** Покращення якості обробки. Сучасні вимоги до геометричної точності, шорсткості поверхні та допусків не завжди можуть бути досягнуті при універсальному оснащенні. Спеціальний пристрій розроблений з урахуванням конструкційних особливостей деталі та технологічних навантажень, що сприяє стабільно високій якості обробки.

3**.** Зниження трудомісткості та кваліфікаційних вимог. Використання спеціального пристосування дозволяє знизити залежність кінцевого результату від рівня кваліфікації робітника, оскільки забезпечує:

- правильне та фіксоване положення оброблюваної деталі;
- спрощення технологічних операцій;
- скорочення операційних та допоміжних дій.

4. Оптимізація витрат. Розроблення та впровадження спеціального пристрою дозволяє зменшити:

- брак і відходи матеріалів;
- експлуатаційні витрати обладнання;
- час простою при переналагодженні верстата.

5. Адаптація до вимог сучасних стандартів**.** Сучасні виробничі системи вимагають гнучкості, стандартизації та автоматизації. Спеціальний пристрій забезпечує можливість стандартизованого виготовлення деталей «Каретка верхня» з мінімальними відхиленнями, що важливо для подальшої складальної взаємодії вузлів.

Сучасні тенденції технічної освіти та інженерної практики. Освітні програми інженерних спеціальностей спрямовані на формування здатності студентів розв’язувати реальні інженерно-технічні задачі, пов’язані з проєктуванням технологічного оснащення.

Верстатні пристосування є важливим елементом технологічного оснащення, який безпосередньо впливає на точність, продуктивність і безпеку механічної обробки. При їх проєктуванні та використанні необхідно дотримуватися комплексу технічних, технологічних та експлуатаційних вимог [1].

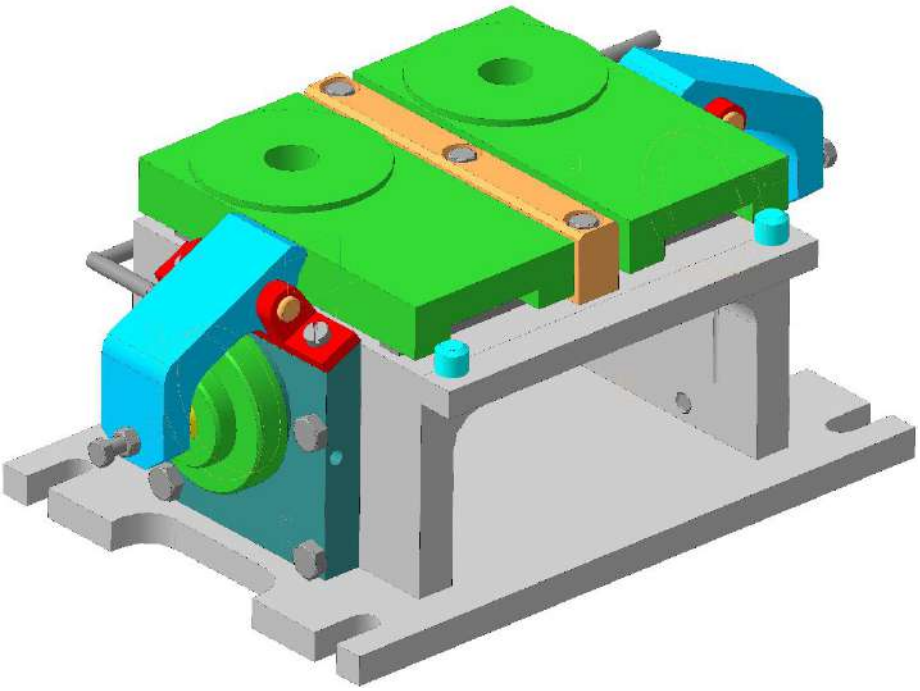


Рис.2. Спеціальний верстатний пристрій (3D модель)

У даному пристрої (рис.2) передбачено одночасну обробку двох заготовок. Деталі розміщують на опорних планках 9, притискаючи їх до торцевого упору та планки 3, що забезпечує фіксацію у заданому положенні. Закріплення заготовок здійснюється за допомогою важелів 2, на які передається притискне зусилля від пневмоциліндрів односторонньої дії 5.

Під час подачі стисненого повітря у безштокові камери циліндрів поршні 4 через штоки впливають на регулювальні гвинти 8, унаслідок чого важелі 2 обертаються навколо осей 11 і притискають заготовки до упорів.

Налаштування величини кута повороту прихватів виконується за допомогою гвинтів 8. Звільнення деталей відбувається після стравлювання повітря з порожнин пневмоциліндрів, при цьому штоки повертаються у вихідне положення під дією пружин 17. Робочий тиск у пневмосистемі підтримується в межах 0,4–0,6 МПа.

Висновок. Запропонована конструкція забезпечує надійне базування й затиск деталі, достатню жорсткість системи та зручність експлуатації. Проведені розрахунки підтвердили працездатність пристрою та відповідність основним технічним вимогам.

Розроблений пристрій дозволяє зменшити час установлення деталі, підвищити повторюваність результатів обробки та покращити умови праці оператора, що свідчить про доцільність його впровадження у виробничий процес.

Список використаних джерел

1. Проектування технологічного оснащення / В. А. Гречанюк, О. М. Ковальчук. - Київ: Вища школа, 2018. - 256 с.

16. Подорожній О.П., Шелудченко Б.А. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

КОМПЛЕКСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЖЕЛІВ МЕХАНІЗМУ ФІКСАЦІЇ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА

У сучасному машинобудуванні забезпечення точності та якості виготовлення деталей є одним із ключових чинників надійності й ефективності роботи металорізального обладнання. Особливу роль у цьому процесі відіграють деталі механізмів фіксації шпиндельних вузлів токарних верстатів, зокрема важелі, які сприймають змінні та циклічні навантаження і безпосередньо впливають на стабільність базування та точність позиціювання.

Важелі механізму фіксації шпиндельного вузла працюють в умовах контактних напружень, згину та локального зношування, що зумовлює підвищені вимоги до їх геометричної точності, якості поверхонь і механічних властивостей матеріалу. Недотримання цих вимог призводить до появи люфтів, зниження жорсткості вузла, погіршення точності обробки та прискореного зношування спряжених елементів.

Деталь «Важіль» (рис.1) є складовим елементом механізму фіксації шпиндельного барабана токарного автомату моделі 1Б240 (рис.2) та виконує функцію передавання зусилля від привідного або керуючого елемента до вузла затискання. Основне призначення важеля полягає у забезпеченні надійної фіксації шпиндельного барабана в заданому положенні під час виконання технологічних операцій, що безпосередньо впливає на точність позиціювання інструмента та стабільність процесу обробки [1].

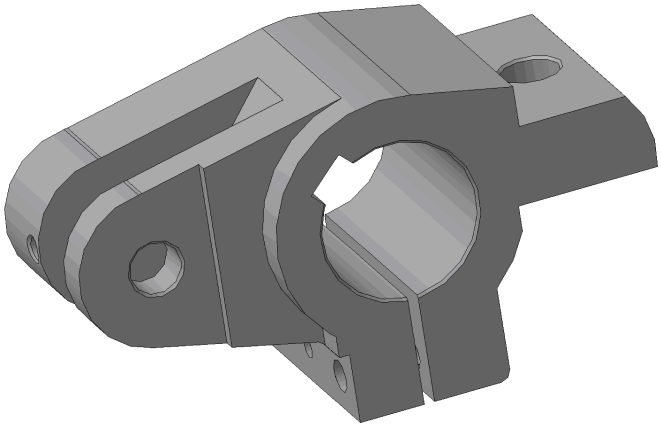


Рис.1. Важель механізму фіксації шпиндельного вузла

Комплексне забезпечення точності виготовлення важелів передбачає поєднання конструктивних, технологічних і організаційних заходів. На етапі проєктування важливо забезпечити технологічність конструкції: раціональну форму деталі, наявність зручних базових поверхонь, мінімізацію кількості важкодоступних зон обробки та передбачення радіусних переходів для зменшення концентрації напружень.

Вибір матеріалу також суттєво впливає на кінцеві експлуатаційні характеристики виробу. Для важелів механізмів фіксації доцільним є застосування конструкційних сталей, зокрема ливарних марок типу 45Л, які забезпечують необхідне поєднання міцності, пластичності та оброблюваності різанням. За потреби підвищення зносостійкості окремих поверхонь можливе застосування локальної термічної обробки.



Рис.2. Багатошпиндельний токарний автомат мод. 1Б240

Важливим елементом забезпечення точності є правильний вибір способу отримання заготовки. Для деталей складної конфігурації ефективним є лиття у піщано-глинисті форми, що дозволяє наблизити форму заготовки до готового виробу та зменшити обсяг подальшої механічної обробки. При цьому величини припусків і допустимі відхилення повинні встановлюватися відповідно до чинних нормативних документів.

Подальше формування геометричних параметрів здійснюється в процесі механічної обробки, де ключову роль відіграє раціонально побудований пооперaційний технологічний процес. Він має забезпечувати логічну послідовність операцій, сталість базування та мінімальну кількість переустановок. Особливе значення має вибір режимів різання, які повинні гарантувати отримання заданої шорсткості поверхонь і точності розмірів за умови мінімальної трудомісткості.

Для підвищення стабільності обробки та зменшення похибок установлення доцільним є застосування спеціальних верстатних пристосувань, особливо на фрезерних операціях. Такі пристрої забезпечують жорстке базування та надійне закріплення заготовки, скорочують допоміжний час і

підвищують повторюваність результатів обробки. Розрахунок сил затиску та перевірка працездатності пристосування є обов'язковими етапами його проєктування.

Завершальним елементом комплексу заходів є контроль якості, який включає перевірку геометричних параметрів, шорсткості поверхонь та взаємного розташування базових елементів. Систематичний контроль дозволяє своєчасно виявляти відхилення та коригувати технологічний процес.

Таким чином, лише комплексний підхід - від обґрунтованого вибору матеріалу й заготовки до розроблення пооперaційної технології та застосування спеціальних пристосувань - забезпечує отримання важелів механізму фіксації шпиндельного вузла з необхідними показниками точності, якості та експлуатаційної надійності.

Висновок. Точність і якість виготовлення важелів механізму фіксації безпосередньо впливають на надійність роботи шпиндельного вузла токарного верстата. Комплексне забезпечення якості передбачає поєднання конструктивних, технологічних і контрольних заходів. Раціональна пооперaційна технологія та використання спеціальних пристосувань дозволяють зменшити трудомісткість виготовлення і підвищити стабільність геометричних параметрів деталей.

Список використаних джерел

1. Мельничук П. П., Ковальчук В. М. Технологія машинобудування. Житомир: ЖДТУ, 2018. 356 с.

2. Groover M. P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems. 7th ed. Hoboken: Wiley, 2020. 280 с.

17. Розгон В.І., Шелудченко Б.А. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ ЩОДО МОДЕРНІЗАЦІЇ СТОЛУ ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА 2Р135Ф2

Модернізація столу вертикально-свердлильного верстата дозволяє вирішити низку важливих завдань:

- Підвищення геометричної точності та жорсткості конструкції, що сприяє покращенню якості обробки деталей.
- Збільшення продуктивності праці шляхом оптимізації руху робочого столу та зменшення часу переналагодження.
- Удосконалення умов експлуатації та безпеки, що відповідає сучасним стандартам промисловості.
- Подовження життєвого циклу верстатного обладнання, що дозволяє максимально використовувати наявні інвестиції підприємства.
- Зменшення виробничих витрат, оскільки модернізація старих верстатів часто дешевша, ніж придбання нових високопродуктивних агрегатів.

В умовах зростання конкуренції на ринку машинобудування, модернізація існуючого обладнання стає економічно виправданим заходом для підприємств різних масштабів. Це забезпечує можливість адаптувати традиційне обладнання до сучасних технологічних вимог без значних капіталовкладень [1].

Модернізація столів металорізальних верстатів спрямована на підвищення точності обробки, жорсткості конструкції, універсальності застосування та продуктивності обладнання. В умовах сучасного машинобудування оновлення робочого столу дозволяє суттєво покращити експлуатаційні характеристики верстата без необхідності повної його заміни.

1. Підвищення жорсткості та вібростійкості конструкції

Одним із ключових напрямів модернізації є посилення несучої здатності стола. Це досягається:

- оптимізацією геометрії (коробчасті конструкції, додаткові ребра жорсткості);
- застосуванням високоміцного або модифікованого чавуну;
- використанням антивібраційних вставок або демпфуючих елементів;
- підвищенням точності обробки базових поверхонь.

Підвищення жорсткості зменшує пружні деформації та покращує стабільність процесу різання, що безпосередньо впливає на точність отворів і довговічність інструменту.

2. Удосконалення систем закріплення заготовок

Сучасні вимоги виробництва передбачають універсальність і швидкість переналагодження. У цьому напрямі застосовуються:

- розширені системи Т-подібних пазів;

- координатні плити;
- модульні системи кріплення;
- гідравлічні або пневматичні затискні пристрої;
- швидкозмінні пристосування.

Це дозволяє скоротити допоміжний час і підвищити ефективність серійного та дрібносерійного виробництва.

3. Розширення функціональних можливостей

Для підвищення універсальності верстата впроваджуються:

- поворотні столи;
- координатні (X–Y) столи;
- столи з механізованою або електроприводною подачею;
- цифрові індикатори переміщення (DRO-системи).

Такі рішення дозволяють виконувати складніші операції без зміни обладнання.

4. Підвищення точності позиціонування

Модернізація передбачає:

- встановлення прецизійних напрямних;
- застосування кулькових гвинтових пар;
- регулювання люфтів;
- впровадження систем цифрового контролю координат.

Це забезпечує стабільність розмірів і повторюваність обробки.

5. Покращення ергономіки та безпеки

До сучасних напрямів модернізації належать:

- оптимізація висоти та зручності регулювання стола;
- удосконалення систем фіксації;
- захисні кожухи та екрани;
- покращення відведення стружки та мастильно-охолоджувальної рідини.

Такі заходи зменшують втому оператора та підвищують безпеку праці.

6. Інтеграція з автоматизованими системами

У рамках цифровізації виробництва можливе:

- встановлення датчиків навантаження;
- інтеграція з ЧПК або системами контролю;
- впровадження автоматизованих систем затиску.

Це дозволяє адаптувати традиційні верстати до сучасних вимог індустрії 4.0.

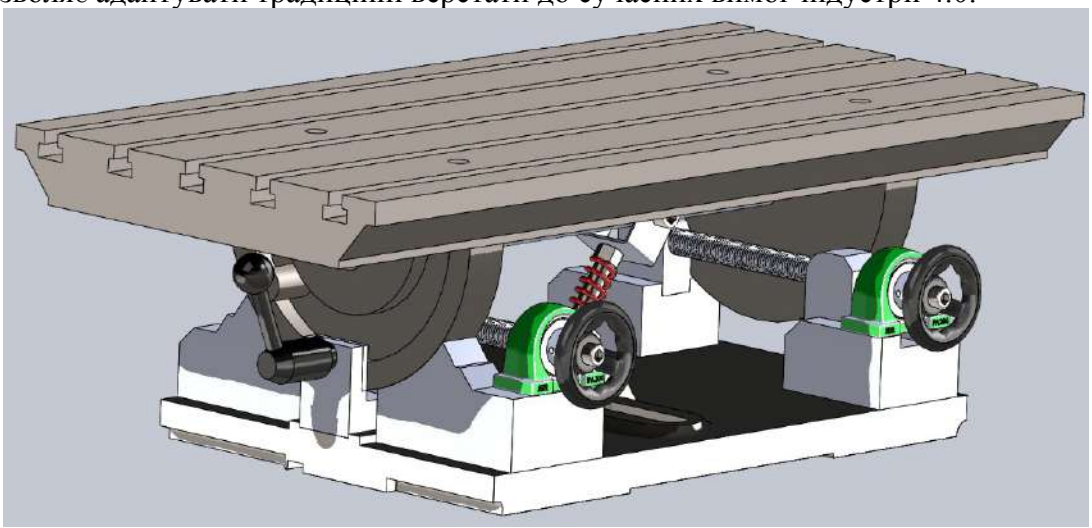


Рис.1. 3D модель стола верстата

Висновок. Основні напрями модернізації столів металорізальних верстатів охоплюють конструктивне посилення, підвищення точності, універсальності та автоматизації. Комплексний підхід до модернізації дозволяє суттєво підвищити технічні та експлуатаційні характеристики обладнання при мінімальних капітальних витратах.

Список використаних джерел

1. Бабак О. В., Кузьменко М. І. Основи проєктування технологічного обладнання машинобудування. - Харків: НТУ «ХПІ», 2017. -248 с.

18. Купчук І.М. Вінницький національний аграрний університет м. Вінниця, Україна.

ВПЛИВ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРМОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЕНЕРГОВИТРАТИ ТА РЕЖИМИ РОБОТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ШНЕКОВОГО ЗМІШУВАЧА

Вступ**.** Процес змішування багатокомпонентних кормових матеріалів у вертикальних шнекових змішувачах є визначальним етапом технології приготування повнораціонних сумішей для тваринництва. Досягнення необхідної однорідності безпосередньо впливає на рівномірність споживання поживних речовин та ефективність годівлі. У класичних підходах змішування розглядається як кінетичний процес, який характеризується зміною статистичних показників складу суміші в часі [1]. Однак такі підходи здебільшого абстрагуються від реальної механічної природи середовища.

Кормові матеріали є структурно неоднорідними системами, що поєднують фрикційні, когезійні, волокнисті та в’язкопластичні компоненти. Їхня поведінка у зонах зсуву характеризується наявністю порогу текучості та нелінійною залежністю напруження від швидкості деформації [2]. За таких умов енерговитрати процесу змішування та навантаженість робочого органа визначаються не лише геометричними параметрами змішувача й частотою обертання шнека, а й реологічною реакцією матеріалу. Водночас у практиці проектування та експлуатації вертикальних шнекових змішувачів вибір режимів роботи часто здійснюється за емпіричними рекомендаціями без урахування механіко-реологічних характеристик кормової маси.

Таким чином, виникає протиріччя між складною реологічною природою кормових матеріалів і спрощеними підходами до визначення енерговитрат та режимних параметрів змішування. У попередніх дослідженнях показано можливість інтеграції механіко-реологічних моделей для опису поведінки кормових систем у змішувальних апаратах [3], що створює передумови для аналітичного узгодження реології матеріалу з енергетичними характеристиками процесу.

Метою дослідження є аналітична оцінка впливу реологічних характеристик кормових матеріалів на енерговитрати процесу та вибір режиму роботи вертикального шнекового змішувача.

Основні результати дослідження. Аналітична оцінка впливу реологічних характеристик кормових матеріалів на енерговитрати змішування базується на зв’язку між напруженням зсуву, швидкістю деформації та дисипацією механічної енергії. Для опису реологічної поведінки кормових сумішей, що проявляють порогову текучість і нелінійну залежність напруження від швидкості деформації, доцільно застосовувати узагальнену модель Гершеля–Балклі [4]:

$$\tau = \tau_0 + k\dot{\gamma}^{\,n}, \tag{1}$$

де τ_0 – границя текучості; k – коефіцієнт консистенції; n – показник нелінійності; $\dot{\gamma}$ – швидкість зсуву.

У робочому об’ємі вертикального шнекового змішувача характерна швидкість зсуву в активній зоні пропорційна кутовій швидкості шнека:

$$\dot{\gamma} \approx C_\gamma\, \omega, \tag{2}$$

де C_γ – узагальнений кінематичний коефіцієнт, що враховує радіус шнека, геометрію витків та зазор між робочими елементами.

Питома потужність дисипації при простому зсуві визначається як [5]:

$$p_d = \tau\dot{\gamma}. \tag{3}$$

Інтегруючи по активному об’єму $V_a = \alpha V$, отримаємо оцінку потужності змішування:

$$N \approx \alpha V\, \tau\dot{\gamma}. \tag{4}$$

Підставляючи (1) та (2) у (4), одержимо аналітичну залежність потужності від режимного параметра:

$$N(\omega) \approx \alpha V \left(\tau_0 + k(C_\gamma\omega)^n\right)\left(C_\gamma\omega\right), \tag{5}$$

α – частка активного об’єму; C_γ – кінематичний коефіцієнт; ω – кутова швидкість шнека, $с^{-1}$.

Вираз (5) показує, що за наявності порогу текучості залежність потужності від швидкості обертання є нелінійною, а при малих значеннях ω визначальним є внесок τ_0.

Для кількісної інтерпретації режиму введемо безрозмірний параметр

$$\Pi = \frac{\tau_0}{k(C_\gamma\omega)^n}. \tag{6}$$

При $\Pi \gg 1$ домінує порогова складова, що зумовлює підвищені енерговитрати; при $\Pi \ll 1$ визначальною є в’язка складова, а режим наближається до квазістабільного; область $\Pi \approx 1$ відповідає переходу між режимами та може розглядатися як зона раціональних швидкостей.

З урахуванням кінетики гомогенізації, яка в першому наближенні описується експоненційною залежністю коефіцієнта варіації від часу [1],

$$CV(t) = CV_0 e^{-K_m t}, \tag{8}$$

час досягнення заданої однорідності CV_{req} визначається як

$$t_m = \frac{1}{K_m} \ln\left(\frac{CV_0}{CV_{req}}\right). \tag{9}$$

Інтенсивність змішування K_m пропорційна швидкості зсуву в активній зоні, що узгоджується з механіко-реологічною інтерпретацією процесу [3]:

$$K_m \approx C_m \alpha C_\gamma \omega, \tag{10}$$

де C_m – коефіцієнт інтенсивності перемішування.

Підставляючи (10) у (9), одержимо:

$$t_m = \frac{1}{C_m \alpha C_\gamma \omega} \ln\left(\frac{CV_0}{CV_{req}}\right). \tag{11}$$

Питома енергія змішування визначається як відношення витраченої енергії до маси завантаження:

$$E_{sp} = \frac{N t_m}{\rho V}, \tag{12}$$

де ρ – середня об'ємна густина суміші, кг/м^3; V – об'єм суміші.

З урахуванням отриманої раніше залежності потужності

$$N(\omega) = \alpha V\left(\tau_0 + k(C_\gamma \omega)^n\right)\left(C_\gamma \omega\right),$$

після підстановки в (12) та скорочення однакових множників маємо:

$$E_{sp} = \frac{1}{\rho C_m}\left(\tau_0 + k(C_\gamma \omega)^n\right) \ln\left(\frac{CV_0}{CV_{req}}\right). \tag{13}$$

Отриманий вираз (13) встановлює аналітичний зв'язок між реологічними параметрами кормового матеріалу (τ_0,k,n), режимним параметром ωта питомою енергією змішування E_{sp}. Залежність показує, що енерговитрати процесу формуються сумарним внеском порогової та в'язкої складових напруження зсуву, причому при значних значеннях τ_0домінує порогова компонента, що призводить до підвищення питомої енергії. При псевдопластичній поведінці середовища ($n < 1$) приріст енерговитрат із зростанням кутової швидкості має помірний характер, тоді як при дилатантній поведінці ($n > 1$) спостерігається інтенсивніше зростання потужності.

Таким чином, швидкісний режим вертикального шнекового змішувача повинен узгоджуватися з реологічними характеристиками кормової маси. Область значень параметра $\Pi \approx 1$ відповідає переходу між домінуванням порогової та в'язкої складових і може розглядатися як інтервал раціональних швидкостей, за якого забезпечується досягнення необхідної однорідності при мінімізації питомих енерговитрат.

Висновки.

У роботі аналітично встановлено вплив реологічних характеристик кормових матеріалів на енергетичні показники та режимні параметри роботи вертикального шнекового змішувача. Показано, що наявність порогу текучості формує додаткову складову потужності та підвищує чутливість енерговитрат до зміни кутової швидкості, тоді як псевдопластична поведінка пом'якшує приріст питомої енергії. Отримані залежності дозволяють перейти від емпіричного вибору швидкісних параметрів до аналітично обґрунтованого визначення раціонального режиму роботи змішувача з урахуванням реологічних властивостей кормової маси.

Список використаних джерел

1. Danckwerts P. V. The definition and measurement of some characteristics of mixtures. Applied Scientific Research. 1952. Vol. 3, №. 1. P. 279-296. DOI: https://doi.org/10.1007/BF03184936

2. Barnes H. A. The yield stress – A review. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics. 1999. Vol. 81, № 1-2. P. 133-178. DOI: https://doi.org/10.1016/S0377-0257(98)00094-9

3. Купчук І. М. Комплексне застосування механіко-реологічних моделей для опису поведінки кормових матеріалів у змішувальних апаратах. Вібрації в техніці та технологіях. 2025. № 3 (118). С. 24-36. DOI: https://doi.org/10.37128/2306-8744-2025-3-3

4. Herschel W. H., Bulkley R. Konsistenzmessungen von Gummi-Benzollösungen. Kolloid-Zeitschrift. 1926. Bd. 39. S. 291-300. DOI: https://doi.org/10.1007/BF01432034

5. Metzner A. B., Reed J. C. Flow of non-Newtonian fluids—correlation of the laminar, transition, and turbulent-flow regions. AIChE Journal. 1955. Vol. 1, № 4. P. 434-440. DOI: https://doi.org/10.1002/aic.690010409

19. Вечерік-Дриженко м В.Л. Відокремлений структурний підрозділ Стрийський фаховий коледж Львівського університету природокористування м. Стрий, Україна.

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МАШИН ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА

Сучасний стан розвитку машин для рослинництва характеризується переходом від традиційної механізації до інтегрованих техніко-технологічних систем, орієнтованих на підвищення продуктивності, зниження енергоємності та мінімізацію негативного впливу на ґрунтове середовище. Технічне забезпечення рослинництва визначає рівень реалізації агротехнологій, формує економічну ефективність виробництва та безпосередньо впливає на конкурентоспроможність аграрних підприємств. В умовах інтенсифікації сільського господарства та зростання вимог до якості продукції особливого значення набувають високопродуктивні машинно-тракторні агрегати, адаптовані до різних ґрунтово-кліматичних зон України.

Аналіз технічного стану машинно-тракторного парку свідчить про наявність значного фізичного та морального зношення основних засобів. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, частка техніки з терміном експлуатації понад 10 років перевищує 50 %, що призводить до збільшення витрат на ремонт і технічне обслуговування, підвищення питомих витрат пального та зниження коефіцієнта технічної готовності [1]. Недостатній рівень оновлення техніки стримує впровадження прогресивних агротехнологій, зокрема точного землеробства та ресурсозберігаючих систем обробітку ґрунту.

Сучасні машини для рослинництва розвиваються за кількома стратегічними напрямами. Першим є удосконалення технологій обробітку ґрунту, що передбачає поширення систем мінімального та нульового обробітку (Mini-till, No-till). Такі технології забезпечують зменшення руйнування структури ґрунту, збереження вологи та скорочення енергетичних витрат. За результатами досліджень, застосування мінімального обробітку дозволяє знизити витрати пального на 20–30 % порівняно з традиційною оранкою [2]. Водночас підвищуються вимоги до конструкції посівних машин, які повинні забезпечувати якісне формування насіннєвого ложа в умовах значної кількості рослинних решток.

Другим важливим напрямом є розвиток високопродуктивних посівних комплексів із системами точного дозування насіння та мінеральних добрив. Використання електронних систем контролю висіву дозволяє підтримувати стабільну норму висіву незалежно від швидкості руху агрегату. Це забезпечує рівномірність сходів і підвищення врожайності культур. Технології точного землеробства, засновані на застосуванні GPS-навігації, датчиків урожайності та систем диференційованого внесення, дозволяють оптимізувати використання ресурсів і зменшити екологічне навантаження . . За даними FAO, впровадження точного землеробства забезпечує економію мінеральних добрив до 15 % без зниження врожайності [3].

Значний прогрес спостерігається у розвитку зернозбиральних комбайнів. Сучасні машини обладнані системами автоматичного налаштування молотильного апарата, контролю втрат зерна та картографування врожайності. Використання бортових комп’ютерів і телеметричних систем дозволяє здійснювати моніторинг продуктивності в режимі реального часу. Підвищення пропускної здатності молотильно-сепарувальних систем сприяє зменшенню втрат і покращенню якості зерна.

Окремого значення набуває цифровізація технологічних процесів у рослинництві. Використання глобальних навігаційних супутникових систем (GPS, GLONASS) і технології RTK-корекції забезпечує точність руху агрегатів до 2–3 см. Це дозволяє мінімізувати перекриття та пропуски під час виконання польових робіт. Застосування безпілотних літальних апаратів дає можливість проводити оперативний моніторинг стану посівів, визначати зони стресу та прогнозувати врожайність. . Сучасні трактори та комбайни оснащуються системами автопілотування, телеметрії та дистанційного моніторингу технічного стану. Інтеграція машин у єдині цифрові платформи управління господарством забезпечує можливість аналізу великих масивів даних і прийняття управлінських рішень на основі об’єктивної інформації. Застосування безпілотних літальних апаратів для моніторингу стану посівів дозволяє оперативно виявляти осередки стресу та коригувати технологію вирощування.

Окрему увагу приділяють підвищенню енергоефективності машинно-тракторних агрегатів. Удосконалення конструкції двигунів внутрішнього згоряння, застосування електронних систем упорскування пального та відповідність екологічним стандартам Stage V сприяють зменшенню шкідливих викидів і питомих витрат пального. Дослідження показують, що оптимізація режимів роботи двигуна дозволяє підвищити паливну економічність на 8–12 % [4]. Перспективним напрямом є розроблення гібридних та електричних енергетичних засобів, що відповідають концепції декарбонізації аграрного виробництва.

Проблемами розвитку машин для рослинництва залишаються висока вартість інноваційної техніки, обмежений доступ до фінансових ресурсів та недостатній рівень сервісної інфраструктури. Значна частина господарств не має можливості придбати сучасні високопродуктивні агрегати, що знижує темпи технічного переоснащення галузі. Крім того, впровадження цифрових технологій потребує підготовки фахівців нового покоління, здатних працювати з інформаційними системами та аналітичними платформами.

Перспективи розвитку машин для рослинництва пов’язані з подальшою роботизацією технологічних операцій, впровадженням автономних агрегатів і застосуванням штучного інтелекту для оптимізації виробничих процесів. Очікується зростання ролі модульних конструкцій, що дозволяють використовувати універсальну енергетичну базу з різними робочими органами. Це підвищує коефіцієнт використання техніки та зменшує капітальні вкладення. Важливим напрямом є локалізація виробництва сучасної техніки в Україні, що сприятиме зниженню залежності від імпорту та розвитку національного машинобудування.

Важливою складовою подальшого розвитку машин для рослинництва є удосконалення робочих органів із урахуванням фізико-механічних властивостей ґрунту та агрофону поля. Сучасні дослідження спрямовані на оптимізацію геометрії лемешів, дисків, лап культиваторів та сошників сівалок з метою зменшення тягового опору та енерговитрат. Використання зносостійких матеріалів і твердосплавних наплавок дозволяє збільшити ресурс роботи деталей у 1,5–2 рази. Крім того, удосконалення кінематичних схем машин сприяє підвищенню рівномірності обробітку та стабільності технологічного процесу. Раціональний вибір параметрів агрегатування забезпечує оптимальне завантаження енергетичного засобу, що позитивно впливає на продуктивність і паливну економічність.

Значний потенціал підвищення ефективності машин для рослинництва пов’язаний із впровадженням систем прогнозування технічного стану та концепції «розумного сервісу». Використання датчиків вібрації, температури та навантаження дозволяє здійснювати діагностику вузлів у режимі реального часу та запобігати аварійним відмовам. Перехід до превентивного технічного обслуговування замість планово-попереджувальної системи дає змогу зменшити простої техніки та скоротити витрати на ремонт. Інформаційні системи управління машинно-тракторним парком забезпечують контроль витрат пального, облік виконаних робіт і аналіз ефективності використання агрегатів, що підвищує рівень інженерного менеджменту в господарствах.

Не менш важливим є екологічний аспект розвитку техніки для рослинництва. Сучасні машини повинні забезпечувати мінімізацію ущільнення ґрунту, зменшення ерозійних процесів та раціональне використання агрохімічних засобів. Використання широкопрофільних шин низького тиску, гусеничних рушіїв та систем контролю навантаження на вісь сприяє збереженню структури ґрунту. Водночас впровадження технологій точного внесення засобів захисту рослин дозволяє знизити пестицидне навантаження на агроекосистеми. Поєднання технічних інновацій із науково обґрунтованими агротехнологіями формує передумови для переходу до екологічно орієнтованого та економічно ефективного рослинництва, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку аграрного сектор

Отже, стан розвитку машин для рослинництва характеризується активним впровадженням інноваційних технологій, спрямованих на підвищення продуктивності та ресурсоефективності. Подальша модернізація технічної бази аграрного сектору повинна здійснюватися на основі інтеграції цифрових систем, підвищення енергоефективності та забезпечення екологічної безпеки виробництва. Реалізація зазначених напрямів сприятиме зростанню конкурентоспроможності аграрних підприємств і сталому розвитку сільського господарства України.

Список використаних джерел

1. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Аналітичний звіт про стан технічного забезпечення агропромислового комплексу України. Київ, 2022. URL: https://minagro.gov.ua (дата звернення: 10.02.2026).

2. Кравчук В. І., Мельник І. І., Григоренко О. В. Машини для рослинництва: теорія і розрахунок. Київ: Урожай, 2018. 496 с.
3. FAO. Precision agriculture and sustainable crop production. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. 78 p.
4. Калетнік Г. М. Інноваційні технології в рослинництві та їх технічне забезпечення. Вінниця: ВНАУ, 2020. 312 с

20. Грабар В.Р., Забродський П.М. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРШНЯ ГІДРОЦИЛІНДРА КЕРУВАННЯ ЖАТКОЮ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Гідравлічні системи зернозбиральних комбайнів відіграють ключову роль у забезпеченні стабільної роботи жатки, точності копіювання рельєфу поля та мінімізації втрат зерна. Одним із відповідальних елементів такої системи є поршень гідроциліндра, який безпосередньо сприймає тиск робочої рідини та передає зусилля на шток.

Надійність і довговічність гідроциліндра значною мірою визначаються точністю виготовлення поршня, якістю його робочих поверхонь і відповідністю матеріалу умовам експлуатації. Недостатня точність обробки або порушення технологічних режимів призводять до підвищеного зносу ущільнень, витоків робочої рідини та зниження ефективності гідроприводу.

У зв’язку з цим актуальним є удосконалення технології виготовлення поршня гідроциліндра з метою підвищення його експлуатаційних характеристик при одночасному зниженні виробничих витрат.



Рис.1. Поршень гідроциліндра (3D модель)

Поршень гідроциліндра працює в умовах:

- робочого тиску 16 - 20 МПа;
- змінних статичних і динамічних навантажень;
- вібрацій та ударів;
- підвищеної запиленості й вологості;
- значних температурних коливань.

До основних вимог до деталі належать:

- забезпечення співвісності зовнішніх і внутрішніх поверхонь;
- висока чистота поверхні (Ra до 0,8);
- зносостійкість робочих зон;
- стабільність геометричних параметрів при циклічних навантаженнях.

Для виготовлення поршня доцільно застосовувати сталь 45 (ДСТУ 7809:2015), яка поєднує достатню міцність (σв до 800 МПа після термообробки), добру оброблюваність різанням і економічну доступність [1].

Раціональним є використання круглого прокату як заготовки. Такий підхід забезпечує:

- наближеність форми до готової деталі;
- мінімізацію припусків;
- однорідність структури металу;
- зручність базування на токарному обладнанні.

Оптимізований маршрут механічної обробки передбачає:

1. Чорнове точіння із раціональним розподілом припусків.
2. Чистове точіння з мінімальною подачею.
3. Обробку канавок під ущільнення спеціалізованими різцями.

4. Свердління та розсвердлювання отворів із застосуванням кондукторного пристосування.

5. Фінішне шліфування посадкових поверхонь.

Зменшення кількості перевстановлень заготовки дозволяє мінімізувати похибки співвісності та підвищити стабільність геометричних параметрів [1].

Конструкторські рішення та контроль якості

Запропоноване спеціальне свердлильне пристосування з пневматичним затиском (рис.2) [1]:

- забезпечує надійне базування;
- виключає провертання деталі;
- підвищує продуктивність;
- скорочує допоміжний час.

Розроблене контрольне пристосування з індикатором годинникового типу дозволяє оперативно контролювати:

- радіальне биття;
- співвісність;
- положення поперечних отворів.

Комплексне застосування спеціального оснащення сприяє підвищенню культури виробництва та зменшенню браку.

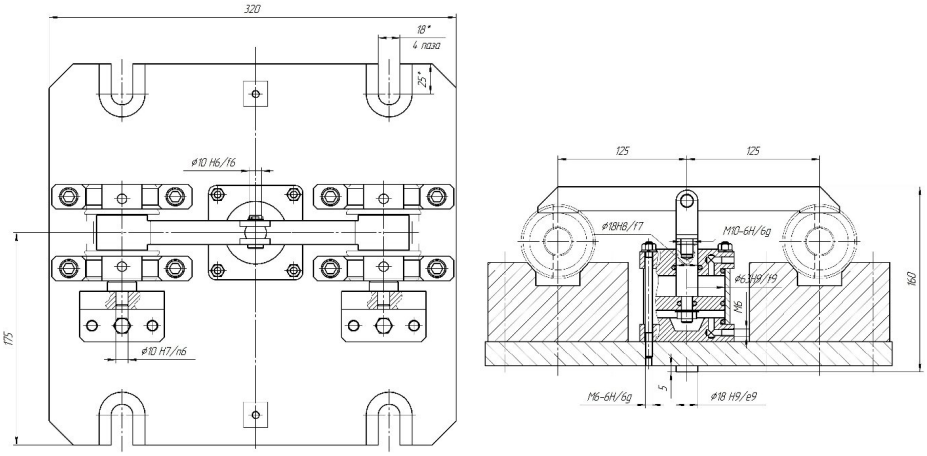


Рис.2. Спеціальне свердлильне пристосування

Список використаних джерел

1. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Основи технологій обробки поверхонь деталей машин. – Житомир: ЖДТУ, 2017. – 266 с.

21. Вардецький Д.С. Забродський П.М. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ВИМОГИ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ВІДРІЗНОГО ДИСКОПИЛЬНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 8В66А

У сучасних умовах машинобудівного виробництва важливого значення набуває підвищення ефективності існуючого обладнання шляхом його модернізації. Особливо це актуально для відрізних дископильних верстатів, які широко застосовуються для різання прокату, труб та профільних заготовок. Верстат моделі 8В66А, попри достатню надійність базової конструкції, потребує технічного оновлення з метою покращення точності, продуктивності та безпеки експлуатації.

Основною вимогою до модернізації є підвищення жорсткості несучої системи верстата. Зміцнення станини та опорних вузлів дозволяє зменшити вібрації під час різання, що позитивно впливає на якість поверхні зрізу та довговічність ріжучого інструменту. Доцільним є також удосконалення механізму подачі шляхом заміни застарілих гвинтових пар на більш точні та зносостійкі елементи.

Важливим напрямом модернізації є оновлення приводу головного руху. Застосування сучасного електродвигуна з частотним перетворювачем забезпечує плавне регулювання швидкості обертання диска, що дозволяє адаптувати режими різання до різних матеріалів і перерізів заготовок. Це сприяє зменшенню енергоспоживання та підвищенню продуктивності [1].

Окрему увагу слід приділити системі затискання заготовки. Модернізований затискний механізм повинен гарантувати надійну фіксацію деталі без її деформації та зміщення під дією сил різання. Використання ексцентрикових або гідромеханічних затискачів дозволяє скоротити допоміжний час і підвищити повторюваність операцій.

Суттєвою вимогою є також підвищення рівня безпеки праці. Конструкція має передбачати захисні кожухи ріжучого диска, екранування зони різання та аварійне вимкнення. Ергономічне розташування органів керування зменшує втому оператора та ризик виробничого травматизму.

Крім того, модернізація повинна забезпечувати технологічність конструкції та можливість використання стандартних комплектуючих. Це спрощує технічне обслуговування верстата і знижує витрати на його експлуатацію [1, 2].

Таким чином, комплексна модернізація відрізного дископильного верстата 8В66А має бути спрямована на підвищення жорсткості, точності, енергоефективності та безпеки, що дозволяє значно розширити його функціональні можливості та подовжити термін служби.

Висновки. Модернізація відрізного дископильного верстата моделі 8В66А повинна бути спрямована на підвищення жорсткості конструкції та стабільності процесу різання. Використання сучасного регульованого електроприводу забезпечує оптимізацію режимів роботи та зниження енерговитрат. Удосконалення затискного механізму сприяє підвищенню точності та скороченню допоміжного часу. Дотримання сучасних вимог безпеки і ергономіки підвищує експлуатаційну надійність обладнання та покращує умови праці оператора.

Список використаних джерел

1. Ковальчук В. М., Бондар О. І. Металообробні верстати та автоматизовані комплекси. – Київ: НТУУ «КПІ», 2020.

2. ДСТУ EN ISO 16090-1:2019. Безпечність металорізальних верстатів. Загальні вимоги. - Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.

22. Глушак Н.С. Забродський П.М. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ ТУРБОКОМПРЕСОРА»

Сучасне машинобудування висуває підвищені вимоги до якості та надійності деталей, що працюють в умовах високих швидкостей обертання, температурних навантажень і змінних сил. До таких відповідальних елементів належить вал турбокомпресора, який забезпечує передавання крутного моменту від турбіни до компресора та безпосередньо впливає на ефективність роботи двигуна.

Особливістю вала турбокомпресора (рис.1) є поєднання високих вимог до геометричної точності, шорсткості поверхонь і механічних властивостей матеріалу. У процесі експлуатації деталь зазнає значних циклічних навантажень, тому технологія її виготовлення повинна гарантувати достатню міцність, зносостійкість і стабільність розмірів.



Рис.1. Вал турбокомпресора

Удосконалення технології виготовлення даної деталі доцільно здійснювати шляхом оптимізації маршруту механічної обробки, раціонального вибору режимів різання та застосування сучасного ріжучого інструменту. Важливим етапом є чорнова і напівчистова токарна обробка, під час якої формується основна геометрія вала. Для забезпечення співвісності посадкових поверхонь доцільно використовувати базування по центрах із мінімальною кількістю переустановок [1].

Підвищення точності досягається введенням операцій шліфування шийок вала, що дозволяє отримати необхідні допуски та низьку шорсткість поверхні. Значну роль відіграє також термічна обробка, спрямована на формування оптимальної структури матеріалу та підвищення втомної міцності деталі. Контроль якості повинен включати перевірку геометричних параметрів, твердості та балансування вала.

Окрему увагу слід приділити технологічності конструкції та можливості застосування стандартного оснащення. Використання уніфікованих пристроїв і типових технологічних операцій сприяє зниженню трудомісткості виготовлення та підвищенню повторюваності результатів [1].

Таким чином, удосконалення технології виготовлення вала турбокомпресора має комплексний характер і передбачає поєднання раціональних режимів обробки, сучасних методів фінішної обробки та ефективного технічного контролю.

Список використаних джерел

1. Ковальчук В. М., Гуменюк І. В. Технологія машинобудування. - Київ: НТУУ «КПІ», 2021.

23. Заремба Д.М. Забродський П.М. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛІВ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДВОСТУПІНЧАСТИХ РЕДУКТОРІВ

У сучасному машинобудуванні важливого значення набуває підвищення економічної ефективності виробництва при одночасному забезпеченні високої якості та надійності деталей. Одним із відповідальних елементів механічних передач є вал редуктора, який працює в умовах змінних навантажень, крутних моментів і контактної взаємодії з підшипниками та зубчастими колесами. Тому до його виготовлення висуваються підвищені технічні вимоги.

Основними параметрами, що визначають працездатність вала редуктора (рис.1), є геометрична точність, шорсткість поверхонь, механічні властивості матеріалу та співвісність посадкових ділянок. Особливу увагу приділяють точності шийок під підшипники та зубчасті колеса, оскільки відхилення цих розмірів безпосередньо впливають на довговічність вузла та рівень вібрацій [1].



Рис.1. Вал циліндричного редуктора

Технологічний процес виготовлення вала зазвичай включає чорнову й напівчистову токарну обробку, термічне зміцнення та фінішне шліфування. Для забезпечення стабільної якості доцільно застосовувати базування по центрах, що дозволяє зберегти співвісність усіх циліндричних поверхонь. Шліфування шийок забезпечує отримання необхідних допусків і мінімальної шорсткості, що підвищує зносостійкість і зменшує втрати на тертя.

Оптимізація витрат у процесі виготовлення вала редуктора досягається за рахунок раціонального вибору матеріалу, скорочення кількості переустановок деталі, застосування стандартного оснащення та сучасного ріжучого інструменту. Значний економічний ефект забезпечує оптимізація режимів різання та впровадження групової обробки однотипних деталей. Використання уніфікованих технологічних операцій дозволяє зменшити трудомісткість і підвищити повторюваність результатів.

Важливим етапом є технічний контроль, який включає перевірку геометричних параметрів, твердості після термообробки та балансування вала. Своєчасне виявлення відхилень дає змогу уникнути браку та додаткових витрат на переробку [1].

Таким чином, формування технічних вимог до виготовлення вала редуктора повинно здійснюватися з урахуванням як експлуатаційних характеристик деталі, так і економічної доцільності виробництва.

Висновки. Раціональне поєднання вимог до точності, якості поверхонь і механічних властивостей вала редуктора дозволяє забезпечити надійну роботу вузла. Комплексний підхід до формування технічних вимог є основою отримання якісної продукції з мінімальними виробничими витратами.

Список використаних джерел

1. Ковальчук В. М., Гуменюк І. В. Технологія машинобудування. - Київ: НТУУ «КПІ», 2021.

24. Зібюк Д.С.Медведський О.В.Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ КІЛЕЦЬ ПІДШИПНИКІВ

Кільця підшипників є відповідальними деталями машинобудівних вузлів, від точності виготовлення яких безпосередньо залежить довговічність, надійність і ефективність роботи механізмів. Сучасні умови експлуатації машин висувають підвищені вимоги до геометричної точності, шорсткості

доріжок кочення та фізико-механічних властивостей матеріалу, що зумовлює необхідність упровадження високопродуктивних технологій обробки.

Типовий технологічний маршрут виготовлення кілець підшипників включає отримання заготовок (штампування або кільцеву прокатку), чорнову й напівчистову токарну обробку, термічне зміцнення, точне шліфування та фінішні операції. Основна механічна обробка виконується на верстатах з числовим програмним керуванням, що забезпечує високу повторюваність розмірів, мінімізацію людського фактора та стабільну якість продукції [1].

Важливим етапом є термічна обробка - гартування з подальшим низьким відпуском, у результаті чого твердість кілець досягає 58 - 64 HRC. Це дозволяє підвищити зносостійкість доріжок кочення та забезпечити необхідну контактну міцність. Після термічного зміцнення виконують високоточне шліфування внутрішніх і зовнішніх поверхонь, а також доріжок кочення, що формує основні експлуатаційні параметри деталі.

Для підвищення ресурсу підшипників дедалі ширше застосовуються методи суперфінішування (хонінгування, лапінг), які зменшують мікронерівності поверхні до Ra 0,1 - 0,2 мкм. Це сприяє рівномірному розподілу мастила, зниженню контактних напружень і збільшенню строку служби виробів на 30 - 50 %.

Сучасне виробництво кілець підшипників активно інтегрує елементи автоматизації та цифрового контролю якості. Роботизовані лінії, in-line вимірювання та статистичне керування процесами дозволяють оперативно виявляти відхилення та коригувати режими обробки в реальному часі. Провідні світові виробники, зокрема SKF, впроваджують концепції Industry 4.0, що передбачають використання цифрових двійників, прогнозування зносу інструменту та повну простежуваність кожної деталі [1, 2].

Таким чином, сучасні технології обробки кілець підшипників базуються на комплексному поєднанні ЧПК-обладнання, прецизійної термічної та фінішної обробки, а також інтелектуальних систем контролю. Подальший розвиток галузі пов’язаний із підвищенням рівня автоматизації, енергоефективності та впровадженням адаптивних виробничих систем, що забезпечують стабільну якість і конкурентоспроможність продукції.

Висновки. Сучасні технології обробки кілець підшипників базуються на комплексному поєднанні високоточної ЧПК-обробки, ефективної термічної обробки та фінішного суперфінішування, що забезпечує високі показники точності та зносостійкості. Впровадження автоматизованих виробничих ліній і цифрового контролю якості дозволяє підвищити стабільність технологічного процесу та мінімізувати відхилення параметрів. Подальший розвиток галузі пов’язаний із цифровізацією виробництва, адаптивними режимами обробки та підвищенням енергоефективності технологічних систем.

Список використаних джерел

1. Козловський В. М., Кравченко О. І. Технологія машинобудування: підручник. - Київ: Видавництво Ліра-К, 2021. – 560 с.

2. ДСТУ ISO 492:2015. Підшипники кочення. Радіальні підшипники. Класи точності. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. - 28 с.

25. Кравець С.С.Шелудченко Б.А. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ВИМОГИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ КОНСТРУКЦІЇ ДВОКООРДИНАТНОГО УНІВЕРСАЛЬНОГО МІНІВЕРСТАТУ

Сучасні тенденції розвитку машинобудування передбачають зростання попиту на компактне високоточне обладнання, призначене для дрібносерійного виробництва, навчальних лабораторій, ремонтних дільниць та прототипування деталей. У цьому контексті особливої актуальності набуває проєктування двокоординатних універсальних мініверстатів, які поєднують мобільність, достатню жорсткість та функціональну гнучкість.

Основною вимогою до конструкції двокоординатного мініверстату є забезпечення необхідної точності переміщень по координатах X та Y [1]. Це досягається застосуванням направляючих з мінімальним люфтом, використанням гвинтових пар із попереднім натягом або кулько-гвинтових передач, а також раціональним розміщенням опорних елементів. Конструкція станини повинна забезпечувати просторову жорсткість та мінімальні деформації під дією сил різання. Для цього доцільно використовувати литі або зварні коробчасті конструкції з ребрами жорсткості.

Другим важливим аспектом є забезпечення кінематичної надійності. Механізми подач повинні гарантувати плавність ходу та рівномірність переміщення без вібрацій. Особлива увага приділяється вибору приводів - ручних або електромеханічних - залежно від призначення верстату. Для універсального мініформату доцільним є використання електродвигуна з регулюванням частоти обертання, що дозволяє адаптувати режими обробки до різних матеріалів.

Важливою вимогою є технологічність конструкції. Деталі верстату мають бути придатними до виготовлення стандартними методами механічної обробки без надмірної складності. Використання уніфікованих вузлів і стандартних кріпильних елементів зменшує собівартість та спрощує обслуговування.

Не менш суттєвим фактором є ергономічність та безпека експлуатації. Конструкція повинна передбачати захисні кожухи рухомих частин, зручне розташування органів керування та мінімальний рівень шуму і вібрацій. При проєктуванні необхідно враховувати вимоги нормативних документів щодо безпеки верстатного обладнання [1, 2].

Окремо слід зазначити вимогу універсальності. Двокоординатний мініверстат має забезпечувати виконання широкого спектра операцій - фрезерування, свердління, розточування - з можливістю швидкої переналадки. Це досягається застосуванням стандартних кріпильних столів із Т-подібними пазами та змінних інструментальних вузлів.

Таким чином, проєктування двокоординатного універсального мініверстату повинно базуватися на комплексному врахуванні точності, жорсткості, кінематичної стабільності, технологічності, безпеки та універсальності. Раціональне поєднання зазначених вимог дозволяє створити компактне обладнання, придатне для широкого спектра виробничих і навчальних завдань.

Список використаних джерел

1. Ковальчук В. М., Гуменюк І. В. Металообробні верстати: конструкція та розрахунок. - Київ: Видавництво НТУУ «КПІ», 2021.

2. ДСТУ EN ISO 16090-1:2019. Безпечність металорізальних верстатів. Загальні вимоги. - Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.

26. Лібіховський А.М. Забродський П.М. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «КОРПУС МАТОЧИНИ» СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Сучасна сільськогосподарська техніка працює в умовах значних змінних навантажень, підвищеної запиленості, вологи та ударних впливів. За таких обставин особливого значення набуває надійність опорних і обертальних вузлів, ключовим елементом яких є корпус маточини. Саме ця деталь забезпечує базування підшипників, передавання навантажень від колеса або робочого органа на раму машини та формує жорстку геометричну основу вузла.

Корпуси маточин належать до класу корпусних деталей і характеризуються складною просторовою формою, наявністю внутрішніх посадкових поверхонь, фланців, ребер жорсткості та отворів під кріплення. Їх конструкція безпосередньо впливає на довговічність підшипникових вузлів, точність обертання та загальну експлуатаційну надійність машини.

Деталі типу «Корпус маточини» є важливими елементами ходової частини тракторів виробництва Minsk Tractor Works (серія МТЗ). Вони виконують функцію несучого корпусу для підшипникових вузлів колеса, забезпечують правильне позиціювання обертових елементів та сприймають радіальні й осьові навантаження, що виникають під час руху й роботи агрегатів [1, 2].



Рис.1. Типові деталі типу «Корпус маточини»

Корпус маточини належить до корпусних деталей складної геометричної форми і характеризується такими типовими конструктивними ознаками:

- Наявність внутрішніх циліндричних отворів під установлення підшипників кочення, які вимагають підвищеної точності (як правило, посадки типу H7 - H8).
- Фланцеві або торцеві поверхні**,** що служать базами під час складання та забезпечують правильне взаємне розташування вузлів.
- Радіальні та осьові бурти, призначені для фіксації підшипників і ущільнень.
- Отвори під кріпильні елементи (болти, шпильки), через які корпус з'єднується з іншими деталями моста або колісного вузла.
- Ребра жорсткості (у ряді виконань), які підвищують міцність і зменшують деформації під навантаженням.
- Вимоги до співвісності отворів, перпендикулярності торців та шорсткості робочих поверхонь.

За конструктивною схемою корпус маточини, як правило, виконується у вигляді суцільнолитої заготовки з подальшою механічною обробкою функціональних поверхонь.

Корпус маточини виконує такі основні функції:

- розміщення та фіксація підшипників кочення або ковзання;
- забезпечення співвісності обертових елементів;
- сприйняття радіальних і осьових навантажень;
- захист внутрішніх елементів від пилу, бруду та вологи;
- передавання сил на суміжні вузли конструкції.

Типовий корпус маточини містить:

- циліндричні або конічні посадкові поверхні під підшипники;
- фланцеву частину для кріплення до балки, редуктора або рами;
- ребра жорсткості для підвищення опору деформаціям;
- технологічні отвори (під болти, мастильники, ущільнення).

З точки зору геометрії це, як правило, товстостінні деталі з внутрішніми порожнинами, що ускладнює як процес лиття, так і подальшу механічну обробку. Для забезпечення точності роботи вузла особливі вимоги висуваються до концентричності посадок, перпендикулярності фланців та шорсткості робочих поверхонь.

При проєктуванні корпусів маточин необхідно враховувати:

- забезпечення достатньої жорсткості при мінімальній масі;
- рівномірний розподіл напружень у зонах концентрації;
- зручність базування під час механічної обробки;
- можливість застосування стандартного інструменту та оснащення.

З технологічної точки зору важливо мінімізувати кількість установів, передбачати доступ до всіх оброблюваних поверхонь та забезпечувати стабільність розмірів після термічної обробки (за її наявності).

Найпоширенішими матеріалами є [2]:

- сірі та високоміцні чавуни - завдяки добрим ливарним властивостям, демпфуванню вібрацій і достатній міцності;
- конструкційні вуглецеві та леговані сталі - застосовуються у вузлах з підвищеними навантаженнями;
- алюмінієві сплави - використовуються в легких конструкціях, де важлива мінімізація маси.

Вибір матеріалу визначається рівнем навантажень, температурним режимом, вимогами до маси виробу та економічними чинниками.

Висновок. Деталі типу «Корпус маточини» є відповідальними елементами сільськогосподарських машин, від яких значною мірою залежить надійність і довговічність ходових та приводних вузлів. Їх конструкція характеризується складною просторовою формою, наявністю точних посадкових поверхонь і високими вимогами до жорсткості.

Запропонована класифікація дозволяє систематизувати різновиди корпусів маточин за функціональними, конструктивними та технологічними ознаками. Раціональне проєктування таких деталей повинно базуватися на комплексному врахуванні умов експлуатації, властивостей матеріалу та можливостей виробництва, що є передумовою підвищення ресурсу роботи сільськогосподарської техніки та зниження витрат на її обслуговування.

Список використаних джерел

1. Ковальчук В. М. Технологія машинобудування: підручник. - Київ: НТУУ «КПІ», 2021.

2. Петренко О. І., Бойко С. А. Корпусні деталі машин: проєктування та виготовлення. – Харків: ХНТУСГ, 2020.

27. Поліщук І.О Медведський О.В. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЇ УНІВЕРСАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ЗМАЩУВАННЯ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ ВАНТАЖНОЇ ТЕХНІКИ

Надійна робота вузлів тертя вантажної техніки значною мірою визначається якістю та регулярністю змащування. Тому універсальна станція для подачі мастильних матеріалів повинна проєктуватися з урахуванням експлуатаційних, технологічних і безпекових вимог, а також можливості роботи з різними типами машин (самоскиди, тягачі, навантажувачі тощо) [1].

Основні вимоги до конструкції

1. Функціональна універсальність. Станція має забезпечувати подачу різних типів мастил (рідких і консистентних) до кількох точок змащування, з можливістю швидкого перемикання контурів. Бажано передбачити модульну побудову (насосний блок, розподільник, шлангові магістралі), що дозволяє адаптувати систему під конкретну модель техніки.

2. Достатня продуктивність і тиск подачі**.** Конструкція повинна забезпечувати стабільний робочий тиск, достатній для прокачування густих мастил через довгі магістралі та фільтри. Це особливо важливо для змащування шкворнів, шарнірів підвіски та інших навантажених вузлів.

3. Надійність і герметичність**.** Усі з’єднання мають бути стійкими до вібрацій і перепадів тиску. Корпус станції та трубопроводи повинні виготовлятися з корозійностійких матеріалів або мати захисні покриття.

4. Автоматизація та контроль. Сучасна універсальна станція бажано оснащується датчиками тиску й рівня мастила, таймерами або контролерами циклів подачі. Такі рішення широко застосовуються у промислових системах централізованого змащування, які розвивають компанії на кшталт SKF та Lincoln Industrial. Це дозволяє мінімізувати людський фактор і забезпечити рівномірне змащування всіх вузлів.

5. Мобільність або стаціонарність (за призначенням). Для ремонтних зон доцільно передбачати мобільне виконання на візку, а для автопарків - стаціонарну установку з фіксованими постами підключення.

6. Ергономіка та безпека праці. Конструкція повинна забезпечувати зручний доступ до органів керування, фільтрів і ємностей для мастила. Обов’язковими є запобіжні клапани, захист від перевищення тиску та екранування рухомих елементів [2].

Висновки. Універсальна станція змащування має поєднувати високу продуктивність, надійність і можливість автоматизованого контролю подачі мастила до основних вузлів вантажної техніки. Модульна конструкція та застосування сучасних датчиків дозволяють адаптувати систему до різних типів машин і підвищити ресурс їхніх агрегатів. Дотримання вимог ергономіки та безпеки є обов’язковою умовою ефективної експлуатації такої станції.

Список використаних джерел

1. Козловський В. М., Кравченко О. І. Технологія машинобудування. - Київ: Ліра-К, 2021. – 560 с.

2. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проєктування. Оцінювання ризику та зменшення ризику. - Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. - 74 с.

28. Шелестюк В.С. Шелудченко Б.А. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ВИМОГИ ДО МОБІЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ПЛАСТИКОВИХ ТРУБ ТА ФУРНІТУРИ ТРУБОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ

Надійність трубопровідних мереж із полімерних матеріалів значною мірою визначається якістю зварних з’єднань. Тому мобільний пристрій для зварювання пластикових труб і фурнітури має відповідати комплексу технічних, експлуатаційних та безпекових вимог, забезпечуючи стабільну якість монтажу в польових і ремонтних умовах.

Основні вимоги до конструкції

1. Універсальність застосування**.** Пристрій повинен забезпечувати зварювання труб і фітингів із поліпропілену (PP), поліетилену (PE, HDPE) та подібних термопластів у широкому діапазоні діаметрів (типово від 20 до 110–160 мм). Бажано передбачити змінні насадки або центрувальні вкладиші для роботи з різними типорозмірами.

2. Точний контроль температури**.** Нагрівальний елемент має підтримувати стабільну робочу температуру (зазвичай 200–260 °C залежно від матеріалу) з мінімальними відхиленнями. Наявність електронного терморегулятора є обов'язковою умовою для формування якісного зварного шва.

3. Мобільність і компактність**.** Конструкція повинна бути легко транспортувальною: невелика маса, зручні ручки або кейс, можливість швидкого монтажу на об'єкті. Це особливо важливо під час аварійних або локальних ремонтів трубопроводів.

4. Механічна жорсткість і точність центрування**.** Рама або затискний вузол мають забезпечувати співвісність труб під час зварювання. Навіть незначні перекоси призводять до зниження міцності з'єднання та появи внутрішніх напружень.

5. Надійність і довговічність**.** Нагрівальна плита повинна мати антипригарне покриття (тефлон або аналог), а всі силові елементи - бути виконані з корозійностійких матеріалів. Електрична частина має витримувати роботу в умовах підвищеної вологості та запиленості.

6. Ергономіка та безпека**.** Пристрій обов'язково оснащується термоізольованими рукоятками, захистом від перегріву та індикаторами готовності до роботи. Конструкція має відповідати загальним принципам безпечного проєктування машин, що регламентуються стандартами типу ДСТУ EN ISO 12100.

7. Можливість автоматизації процесу (за потреби). У більш розвинених моделях передбачається контроль часу нагріву та охолодження, а також фіксація параметрів зварювання, що підвищує повторюваність результатів і зменшує вплив людського фактора [1].

Висновки. Мобільний пристрій для зварювання пластикових труб має поєднувати універсальність, точний температурний контроль і достатню жорсткість конструкції для забезпечення якісних з'єднань у польових умовах. Компактність, надійність і дотримання вимог безпеки є ключовими чинниками ефективної експлуатації такого обладнання. Використання сучасних систем керування дозволяє підвищити стабільність процесу та довговічність трубопровідних мереж.

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проєктування. Оцінювання ризику та зменшення ризику. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017.

29. Грудовий, Р. С.,Назарук Р. І., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ТРАКТОРА З КЕРОВАНИМИ РУШІЯМИ ПЕРЕДНЬОЇ І ЗАДНЬОЇ ВЕДУЧИХ ОСЕЙ

Актуальність теми**.** Під час виконання технологічних операцій у польових умовах машинно-тракторні агрегати здійснюють рух за складними траєкторіями, що включають як прямолінійні відрізки, так і криволінійні ділянки зі змінною кривизною. Рух енергетичного засобу по прямій доцільно розглядати як окремий випадок криволінійного переміщення, для якого кривизна дорівнює нулю, а радіус кривизни набуває нескінченно великого значення.

Однією з ключових експлуатаційних характеристик колісної машини є її здатність виконувати повороти з максимально можливою кривизною траєкторії за умови мінімальної зайнятої площі опорної поверхні. Така властивість визначається поняттям повороткості. При цьому найбільш відповідальними та потенційно небезпечними фазами маневру є початковий момент входження в поворот і завершальна стадія виходу з нього.[1]

Мінімальний радіус повороту, допустима швидкість руху, величина тягового зусилля, а також тривалість здійснення маневру формують систему взаємопов'язаних економічних і техніко-експлуатаційних показників функціонування енергетичного засобу під час руху криволінійними траєкторіями.[1,2]

У наукових дослідженнях часто спостерігається тенденція до ускладнення математичних моделей за рахунок включення дедалі більшої кількості початкових параметрів із метою підвищення точності розрахунків. Проте збільшення кількості змінних не завжди забезпечує адекватне зростання точності отриманих залежностей. Проведений аналіз процесу криволінійного руху енергетичного

засобу свідчить, що визначальний вплив на формування траєкторії має обмежена група основних факторів, тоді як переважна частина інших параметрів характеризується незначним або другорядним впливом.[2,3]

Обґрунтовано достовірність розроблених математичних залежностей, що описують нелінійний рух колісного трактора з повнокерованою ходовою системою. Оцінювання придатності моделі здійснювали шляхом лабораторного моделювання маневрів різних типів для умовного енергетичного засобу із заданими початковими параметрами.

Достовірність отриманих рівнянь перевіряли через зіставлення експериментально відтворених і теоретично змодельованих траєкторій розвороту з подальшим визначенням кінематичних характеристик та статистичною обробкою результатів. Окрему увагу приділено вибору раціонального типу маневру, що забезпечує підвищення продуктивності польового агрегату завдяки мінімізації довжини шляху розвороту та оптимізації ширини поворотної смуги (на прикладі моделі енергетичного засобу з усіма керованими колесами).

Відповідно до прийнятої методики було реалізовано три варіанти маневрування в лабораторних умовах:

Траєкторія 1 (рис. 1.) петлеподібний розворот модельного енергетичного засобу по коловій траєкторії з використанням усіх керованих коліс та окремо — лише передніх рушіїв.

Траєкторія 2 (рис. 2.) петлеподібний розворот по колу із застосуванням повнокерованої системи, при цьому передня вісь використовувалася на етапах входу в лівий і правий повороти та виходу з них.

Траєкторія 3 (рис. 3.) так званий «крабовий» спосіб переміщення, реалізований для моделі енергетичного засобу з всіма керованими рушіями.

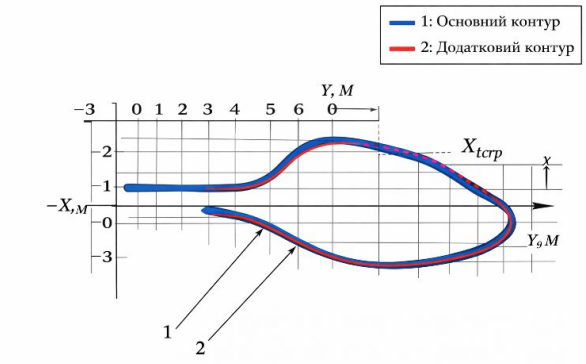


Рис.1. Змодельований петлеподібний розворот по коловій траєкторії з використанням усіх передніх керованих коліс та окремо

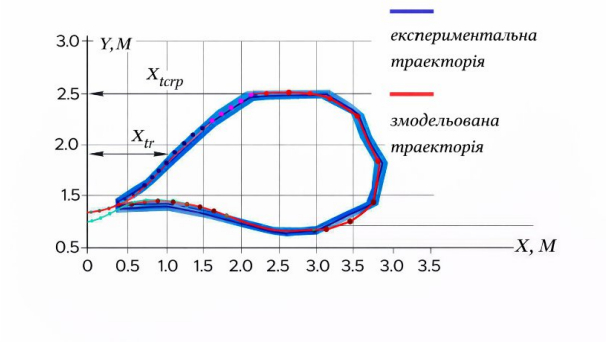


Рис. 2. Модель петлеподібного розвороту по колу із застосуванням повної керованої системи, при цьому передня вісь використовувалася на етапах входу в лівий і правий повороти та виходу з них

Для першого маневру прийнято такі вихідні параметри, однакові для всіх його ділянок: швидкість руху $\upsilon = 2{,}0$ м/с; базовий лінійний параметр $\lambda = 1{,}365$ м;
мінімальний радіус повороту $R_{min} = 3{,}8$ м; довжина шляху визначається співвідношенням $S = \upsilon t$.

Траєкторія 3 (рис. 3), що відповідає «крабовому» способу руху, реалізована для моделі енергетичного засобу з усіма керованими рушіями. Такий спосіб переміщення забезпечує рух агрегату без зміни його орієнтації, що досягається синхронним поворотом керованих коліс на однаковий кут.

Координати траєкторії описуються системою рівнянь:

$$\begin{cases} x = \frac{\upsilon}{k}\left[\sin(\alpha_0 + kt) - \sin\alpha_0\right]; \\ y = \frac{\upsilon}{k}\left[\cos\alpha_0 - \cos(\alpha_0 + kt)\right]. \end{cases}$$

де v - швидкість руху агрегату, м/с;
k - кутова швидкість повороту рушіїв;
α - початковий кут орієнтації;
t - час руху.

Ми можемо побудувати графік траєкторії агрегату (x(t),y(t))

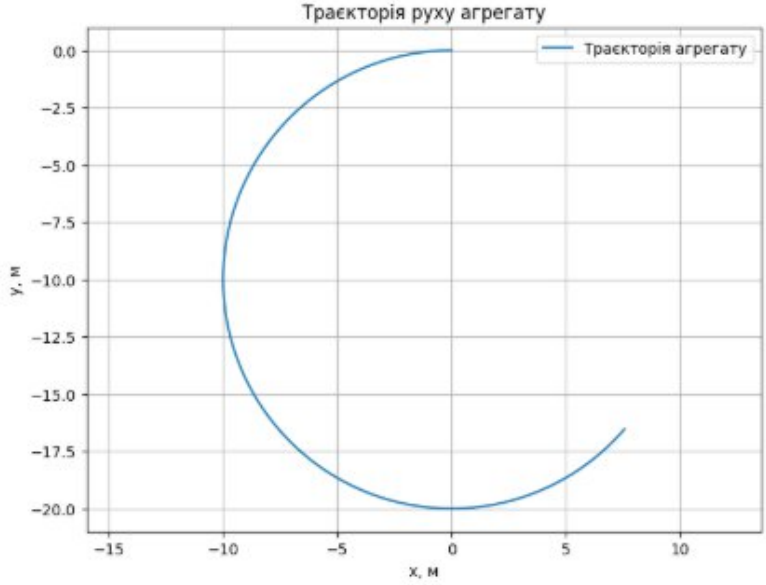


Рис. 3. Модель «крабового» спосібу переміщення, реалізований для трактора з всіма керованими рушіями і їх приводу

Оскільки значення критерію узгодженості для всіх трьох моделей є меншими за критичні допустимі величини і мають незначні значення, відсутні підстави для відхилення запропонованого методу. Це свідчить про те, що різниця між координатами центра ваги трактора зі всіма керованими колесами для змодельованої траєкторії маневрів та отриманими координатами траєкторій є незначною і знаходиться в межах узгодженості, а незначні відхилення можна пояснити випадковими коливаннями. Встановлено, що зі зменшенням значення критерію оцінки, координати змодельованої траєкторії практично не відрізняються від експериментальних. Рівень значущості даних для отриманих на практиці розподілів оцінювали за допомогою апроксимації χ^2, отриманого шляхом порівняння координат теоретичних маневрів із координатами польових траєкторій. Визначено, що для маневру 1 значення становило - 0,79; для моделі 2 - 0,89; моделі 3 - 0,85.

Список використаних джерел

1. Кальченко Б. І., Ребров О. Ю., Мамонтов А. Г., Кожушко А. П., Якунін М. Є. Динаміка руху колісних тракторів: монографія. Харків: Мірошниченко О. А., 2021. 320 с.

2. Калінін Є. І., Ребров О. Ю., Колодненко В. М. Формування слідкуючого руху колісного трактора в умовах його автоматичного водіння // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. 2023. № 1. DOI:10.20998/2078-6840.2023.1.11.

3. Nenajdenko A. S., Poddubnyj V. I., Valekzhanin A. I. Modeling the movement control of a wheeled agricultural machine in real time // Tractors and Agricultural Machinery. 2018. Vol. 85, Iss. 3. P. 32-38. DOI:10.17816/0321-4443-66386.

30. Заєць М. Л., Невмержицький Т. В., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Сучасні самохідні сільськогосподарські машини значно відрізняються від традиційної техніки завдяки застосуванню високотехнологічних інформаційно-керуючих та оптимізаційних систем. Такі

системи забезпечують ефективний контроль за роботою машин, автоматизацію технологічних процесів та підвищення продуктивності, зменшуючи вплив людського фактора на результати виробництва.[1,2,3]

Особливо актуальним є застосування таких систем під час збиральних кампаній, коли одночасно необхідно забезпечити швидку доставку техніки на поле, чітке виконання виробничих завдань і мінімізацію логістичних витрат. Інтеграція систем керування дозволяє оперативно контролювати технічний стан машин, оптимізувати режим роботи робочих органів та здійснювати дистанційну діагностику.[4,5,7]

Термінал CEBIS забезпечує централізоване управління машиною та її функціональними елементами через меню-орієнтований інтерфейс. Він дозволяє здійснювати моніторинг і контроль усіх робочих органів, а також налаштовувати параметри залежно від умов експлуатації. Завдяки уніфікованій структурі інтерфейсу оператор може швидко адаптувати машину до різних завдань та ефективно управляти технологічними процесами.

Система оптимізації CEMOS (рис. 1.) є інтелектуальним інструментом підтримки прийняття рішень оператором. Вона адаптує роботу машини відповідно до конкретних умов поля та стилю керування оператора, що дозволяє оптимізувати продуктивність і знизити витрати ресурсів. Система оцінює різні параметри роботи машини та автоматично рекомендує оптимальні налаштування, сприяючи підвищенню стабільності технологічного процесу та зменшенню впливу людського фактору.[1,8,9]

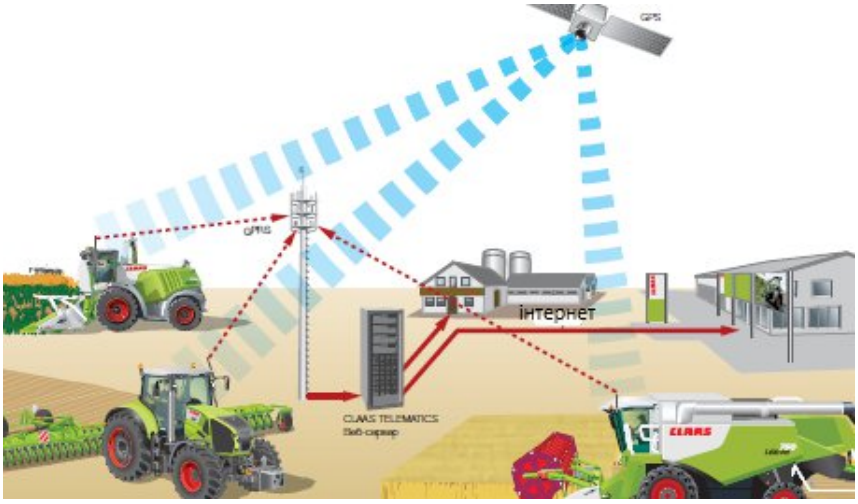


Рис. 1. Система оптимізації CEMOS є інтелектуальним інструментом

Термінал COMMUNICATOR сумісний зі стандартом ISOBUS і дозволяє централізовано керувати навісними та причіпними машинами, а також системою візуального контролю CLAAS CAM PILOT (рис. 2). Його застосування забезпечує уніфікований інтерфейс для оператора та спрощує інтеграцію різних агрегатів у єдину систему керування.[1]



Рис. 2. CAM PILOT

Система CRUISE PILOT автоматично встановлює оптимальну швидкість роботи комбайна та здійснює випереджальне регулювання режимів роботи робочих органів. Це забезпечує стабільну продуктивність машини під час зміни навантажень і зменшує ризик перевантажень. Система контролює кілька параметрів машини одночасно, що дозволяє досягти високої ефективності збирання врожаю.[1,10]

Система CLAAS GPS PILOT допомагає під час роботи на полях та зелених насадженнях. Високою точністю до сантиметра вже нікого не здивуєш. Кожен крок колії такий же точний, як і попередній. Ви повністю використовуєте робочу ширину. Ви зменшуєте кількість перекриттів (перетинань). Ви заощаджуєте робочий час або подовжуєте його до ночі. Ви оптимізуєте рентабельність усіх робочих процесів, що дозволяє заощадити до 5% ресурсів, тобто при затратах на гектар пшениці 500 евро до 35 євро знижується собівартість, зп рахунок точності виконання процесу.



Рис. 3. Розподіл витрат на виробництво

Система OPTI FILL відповідає за рівномірне наповнення транспортних засобів під час збору врожаю. Вона спрямовує потік матеріалу таким чином, щоб уникнути утворення локальних перевантажень і пустих зон у кузові. Це дозволяє максимізувати ефективність транспортування і зменшити втрати продукції.[1]

Система CROP METER аналізує неоднорідність посівів за допомогою сенсорного вимірювання відхилень рослинного покриву. Отримані дані використовуються для диференційованого внесення добрив та оптимізації заходів із захисту рослин, що дозволяє підвищити ефективність агротехнічних операцій і раціонально використовувати ресурси.

Система TELEMATICS забезпечує дистанційний моніторинг та діагностику машини через Інтернет. Вона надає доступ до основних експлуатаційних та енергетичних характеристик, дозволяє відстежувати місцезнаходження техніки, ефективність роботи та стан систем у реальному часі. Дистанційна діагностика скорочує час усунення несправностей і дозволяє сервісним службам заздалегідь підготувати необхідні запчастини для роботи на місці.

Висновки. Інтеграція інформаційно-керуючих і оптимізаційних систем у сучасних сільськогосподарських машинах забезпечує комплексний контроль та моніторинг технологічних процесів. Використання таких систем дозволяє: підвищити продуктивність і точність виконання робіт; оптимізувати режим роботи робочих органів; зменшити вплив людського фактора; скоротити час реагування на несправності та логістичні затримки; реалізувати технології точного землеробства (Precision Farming).

Комплексне застосування систем CEBIS, CEMOS, COMMUNICATOR, CRUISE PILOT, OPTI FILL, CROP METER та TELEMATICS створює умови для ефективного управління ресурсами та підвищення конкурентоспроможності аграрного виробництва.

Список використаних джерел

1. CLAAS KGaA mbH. CEBIS, CEMOS, CRUISE PILOT, OPTI FILL, CROP METER, TELEMATICS: Operating Manuals and Technical Specifications. Harsewinkel: CLAAS KGaA mbH, 2023. 128 p.

2. Мельник В. І., Петренко О. П. Інформаційно-керуючі системи в сучасних сільськогосподарських машинах // Журнал агроінженерії. 2021. № 12(4). С. 45–58

3. Бондаренко С. В. Автоматизація технологічних процесів у зернозбиральних комбайнах. Київ: Національний аграрний університет, 2020. 152 с.

4. German Agricultural Society (DLG). Innovations in Agricultural Machinery: Awards and Recognition. Frankfurt: DLG, 2009. 64 p.
5. Петров Д. М., Іваненко Ю. Г. Системи точного землеробства та дистанційного моніторингу в аграрному виробництві // Сільськогосподарські машини та обладнання. 2019. № 3(25). С. 12–21
6. McBratney A., Whelan B., Ancev T. Future Directions of Precision Agriculture // Precision Agriculture. 2005. Vol. 6. P. 7–23
7. Zhang N., Wang M., Wang N. Precision agriculture—a worldwide overview // Computers and Electronics in Agriculture. 2002. Vol. 36(2–3). P. 113–132
8. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big Data in Smart Farming – A review // Agricultural Systems. 2017. Vol. 153. P. 69–80
9. Lamm F., Trooien T., Raun W. Automated Systems in Grain Harvesting and Fertilizer Application // Journal of Agricultural Engineering Research. 2010. Vol. 98(2). P. 123–132
10. Zhang Q., Kovacs J. Precision Agriculture – A Comprehensive Review // Computers and Electronics in Agriculture. 2012. Vol. 88. P. 1–10
11. Vasilchenko V., Shulga O. Telematics and Remote Diagnostics in Modern Agricultural Machinery // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2020. Vol. 22(3). P. 150–160
12. Sishenko O., Tkachenko A. Implementation of ISOBUS-Compatible Systems in Modern Harvesters // International Journal of Agronomy. 2018. Vol. 2018. Article ID 345678. 9 p.

31. Заєць М. Л., Шулятицький Н. Р., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СТРІЛОЮ ТЕЛЕСКОПІЧНОГО ФРОНТАЛЬНОГО НАВАНТАЖУВАЧА

Вступ. Сучасне сільськогосподарське машинобудування спрямоване на мінімізацію екологічного впливу (Carbon Footprint Enhancement) та впровадження систем автоматизації, що знижують навантаження на оператора. Ключовим рішенням у сегменті навантажувачів є перехід використання адаптивних систем допомоги, таких як SMART HANDLING.[1]

Мета дослідження**.** Аналіз ефективності інтелектуальної системи керування стрілою у поєднанні з силовими установками для підвищення рентабельності та безпеки навантажувальних операцій.

Результати дослідження. Впровадження системи SMART HANDLING дозволяє автоматизувати складні кінематичні процеси (поєднання опускання вантажного пристрою з втягуванням телескопічної стріли). Дослідження демонструє роботу системи у двох ключових режимах:

Режим ковша: Оптимізований для сипких матеріалів. Автоматичне втягування стріли розраховане таким чином, щоб унеможливити вихід машини в зону перевантаження навіть при максимальній корисній вантажності.

Режим штабелювання (вил): Забезпечує точне вертикальне позиціонування вантажу. Особливістю є алгоритм сповільнення швидкості опускання при куті нахилу стріли понад 40°, що критично для стійкості при великих висотах підйому (рис.1).[1]



Рис. 1. Лінійка навантаувача SCORPION (9040–7030) з точним вертикальним позиціонування вантажу

Система повністю відповідає стандарту EN 15000, що регламентує захист від поздовжнього перекидання в статичних умовах. У моделях лінійки SCORPION (9040–7030) та компактної серії 6030 CP реалізовано різні алгоритми активації захисту залежно від кута нахилу вантажного пристрою, що дозволяє зберегти динаміку роботи без ризику для стабільності машини.

Окремим аспектом надійності телескопічних навантажувачів є багаторівнева система запобігання аварійним ситуаціям. Безпека експлуатації забезпечується наступними інженерними рішеннями:

Алгоритми запуску: Впроваджено логічну залежність, що дозволяє пуск двигуна виключно за умови активації стоянкового гальма.

Захист стартера: Система блокування пуску унеможливлює повторну активацію стартера під час роботи двигуна, що запобігає механічним пошкодженням вузлів трансмісії.

Термодинамічна стабільність та інтелектуальне охолодження. Для забезпечення безперебійної роботи в екстремальних температурних режимах застосовано систему адаптивного охолодження. Ключові особливості:

Конструктивне виконання кабіни забезпечує панорамне скління з оглядом на **360°**, що є критичним фактором безпеки в умовах інтенсивних логістичних операцій. Керування основними функціями реалізовано через єдиний багатофункціональний важіль (джойстик), що мінімізує когнітивне навантаження на оператора.

Високі показники продуктивності забезпечуються двигунами з високим крутним моментом потужністю 74,9; 88 та 103 кВт (згідно з ISO 14396 / TIER 3). Ключові технологічні переваги трансмісії включають: Інтелектуальна система автоматичного регулювання потужності та крутного моменту залежно від динамічних умов руху. Поєднання переваг гідродинамічного та гідрооб'ємного приводів дозволяє досягати плавного прискорення від 0 до 40 км/год без розриву тягового зусилля.[2,3]

Дослідження маневреності підтверджує високу ефективність рульового керування всіма колесами, що разом із малим радіусом повороту дозволяє експлуатувати техніку в обмежених просторах складських приміщень. Стабільність платформи гарантується оптимізованим положенням центру ваги та рівномірним розподілом мас.

Автоматизація робочого обладнання. Телескопічна стріла навантажувача оснащена передовими системами стабілізації: Система, що підключається автоматично для гасіння динамічних навантажень під час руху з вантажем. Запобігає ударним навантаженням на гідравлічну систему та металоконструкції при повному висуванні або втягуванні стріли (рис. 2.).

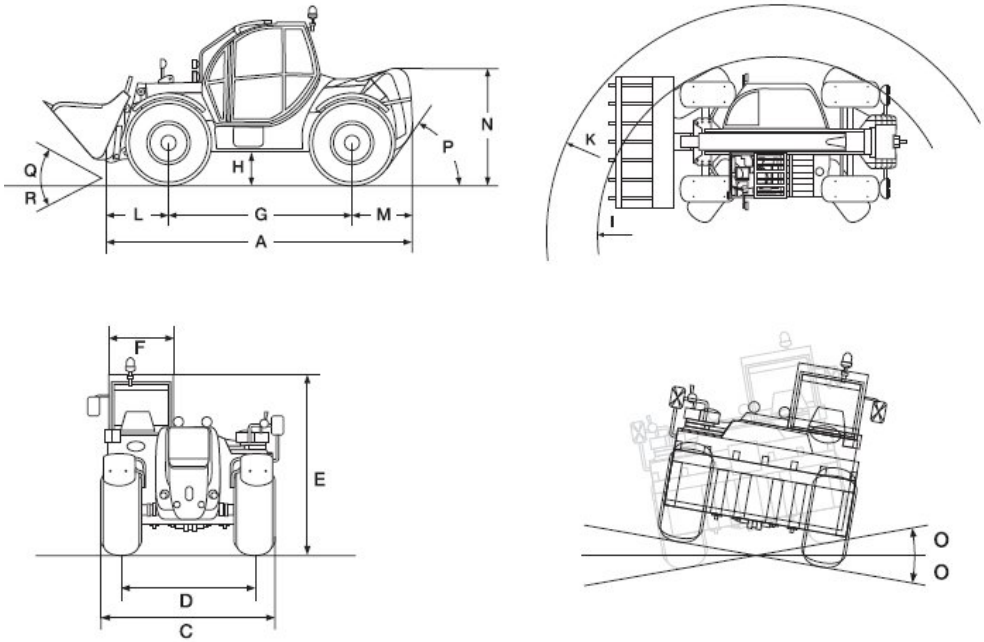


Рис. 2. Система автоматичного гасіння динамічних коливань пі час руху з вантажем

Технічні параметри модельного ряду:

- Висота підйому: від 6,05 до 8,95 м.
- Вантажопідйомність: від 3,0 до 4,4 т.
- Додаткові функції: Ручне керування подачею палива з режимом «малого ходу» та автоматичне блокування осі при зміні режимів рулювання. (рис. 3)

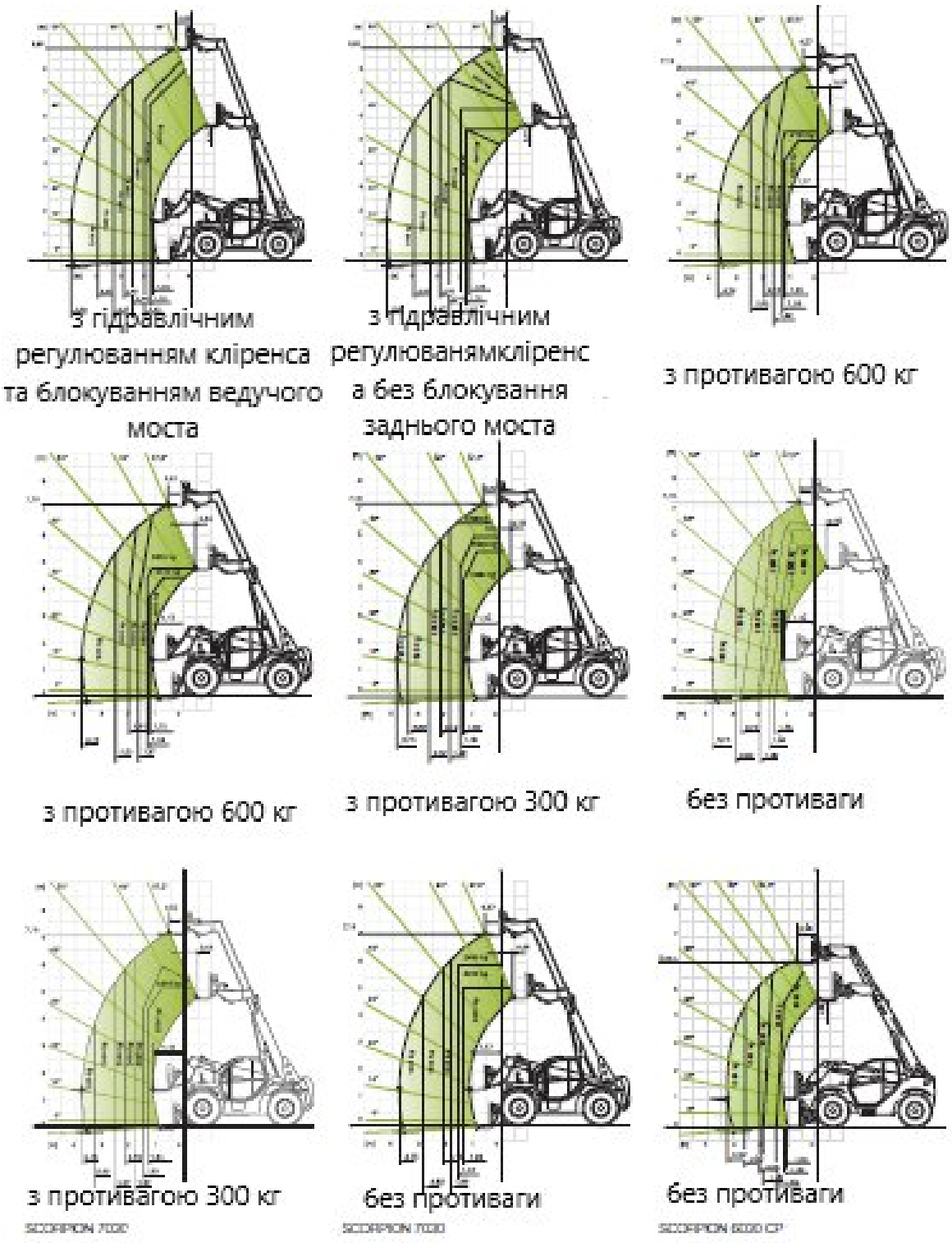


Рис. 3. Автоматичне блокування осі при зміні режимів рулювання та вантажопійомності

Висновки. Інтелектуальні системи допомоги (SMART HANDLING) дозволяють виконувати паралельні робочі кроки в автоматичному режимі, що підвищує продуктивність на 15-20% за рахунок зменшення робочого циклу та розвантаження водія.

Автоматизація контролю вильоту стріли гарантує дотримання зони безпеки в межах стандартів ISO/EN.

Список використаних джерел

1. CLAAS KGaA mbH. (2023*).* CEBIS, CEMOS, CRUISE PILOT, OPTI FILL, CROP METER, TELEMATICS: Operating Manuals and Technical Specifications. Harsewinkel: CLAAS KGaA mbH.

2. ÖF Görçün (2024) Telephonic forklift selection through a novel interval-valued decision framework*:* Elsevier / Decision Support Systems (дослідження критеріїв вибору телескопічних навантажувачів, що може бути корисним для оцінювання продуктивності обладнання).

3. Martini V. et al. (2024) Carbon Footprint Enhancement of an Agricultural Telehandler: *MDPI*, 15(3), 91 (аналіз продуктивності та ефективності телескопічних навантажувачів з новими силовими установками).

32. Заєць М. Денисенко Л. М. С., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПІДІГРІВУ БІОПАЛИВА В ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ ТРАКТОРІВ

Підігрівачі паливних систем автомобільних і тракторних двигунів, що працюють на дизельному та біодизельному паливі, призначені для забезпечення їх надійного функціонування за умов низьких температур навколишнього середовища.

У холодний період року підігріву потребують практично всі елементи паливної системи: паливні баки, фільтри грубого й тонкого очищення, а також паливопроводи — від бака до паливного насоса. У разі замерзання зазначених компонентів запуск двигуна без попереднього підігріву стає неможливим навіть за умови достатнього прогріву блока циліндрів дизеля.[1]

Особливої актуальності це набуває при використанні ріпакової олії або біодизельного палива, які характеризуються підвищеною температурою помутніння та кристалізації. Тому поряд із рідинними підігрівачами, що забезпечують прогрів блока двигуна, необхідно передбачати встановлення паливних нагрівачів безпосередньо в елементах паливної системи. Найбільш доцільним з конструктивної та експлуатаційної точок зору є електричний підігрів від акумуляторної батареї транспортного засобу, який здійснюється протягом короткого часу з метою запобігання надмірному розрядженню батареї. [1,2]

Конструкція нагрівача. Нагрівач дизельного двигуна складається з корпусу циліндричної форми (у вигляді труби) з патрубками для підведення та відведення палива. Усередині корпусу коаксіально розташовано теплопередавальний елемент у вигляді труби з фланцями, через яку циркулює теплоносій із рідинного контуру системи охолодження двигуна. Для точної фіксації внутрішньої труби використовується напрямний штифт. (рис. 1.)

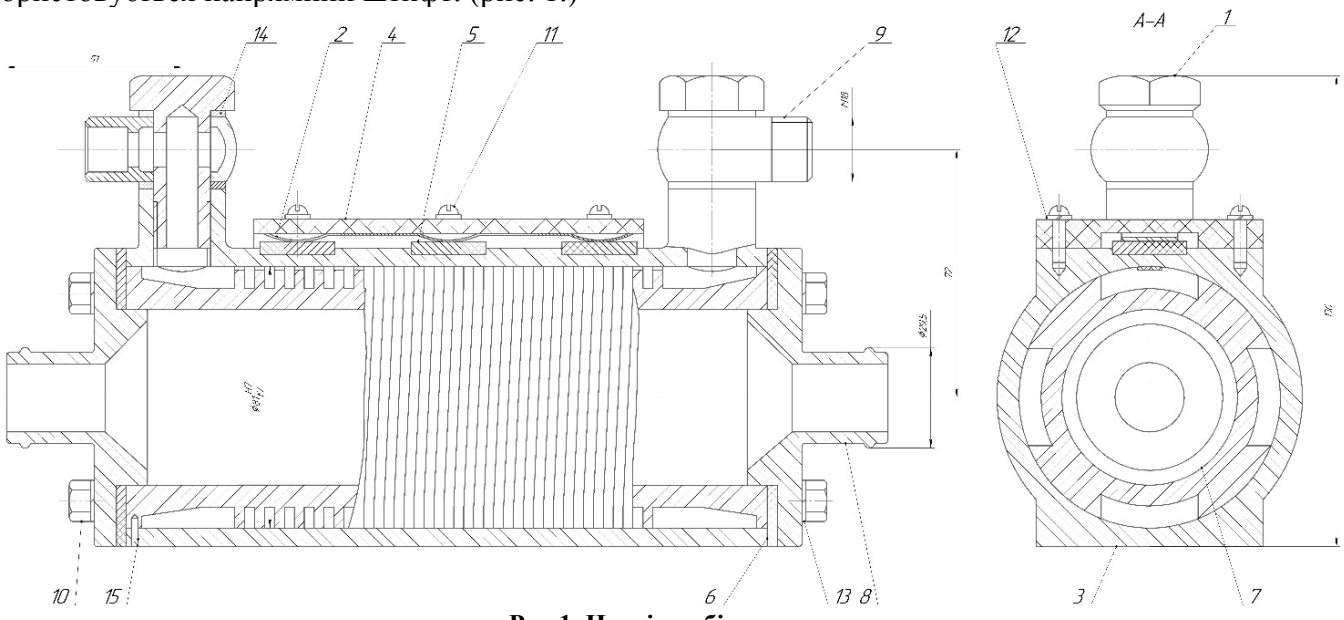


Рис.1. Нагрівач біопалива:

1 - корпус; 2, 3 - патрубки для підведення та відведення палива відповідно; 4 -теплопередавальний елемент; 5, 6 - фланці для циркуляції відпрацьованих газів; 7 - штифт; 8 - гвинтові ребра; 9 - гвинтові канали; 10 - позистори; 11 - контактна пластина; 12 - кришка; 13 - гвинти; 14 - вершини ребер; 15 - поздовжні канали (зазор).

Нагрівач містить корпус 1, виконаний у вигляді циліндричної труби, з патрубком підведення палива 2 та патрубком відведення палива 3. Усередині корпусу 1 коаксіально розміщено теплопередавальний елемент у вигляді труби 4 з фланцями 5 і 6, призначеної для циркуляції теплоносія з рідинного контуру системи охолодження дизеля. Для правильної фіксації труби 4 в корпусі 1 використовується штифт 7.

На зовнішній поверхні труби 4 між патрубками 2 і 3 виконано багатозахідні гвинтові ребра 8, які формують у міжтрубному просторі гвинтові канали 9, сполучені з патрубками подачі та відведення палива.

На зовнішній поверхні корпусу 1, уздовж нього між патрубками 2 і 3, встановлено електронагрівальні елементи — позистори 10. Вони розміщені у відповідних гніздах корпусу 1 та зафіксовані контактною пластиною 11, з'єднаною з позитивною клемою джерела живлення, а також тепловим екраном 12, закріпленим гвинтами 13.

Навпроти позисторів 10 вершини 14 частини гвинтових ребер 8 зрізані таким чином, що між ними та внутрішньою поверхнею корпусу 1 утворюються поздовжні канали (зазори) 15. Площа їх прохідного перерізу становить переважно 2–4 % від загального прохідного перерізу гвинтових каналів 9. Вершини іншої частини ребер 8 по периметру поперечного перерізу корпусу щільно прилягають до його внутрішньої поверхні, забезпечуючи інтенсивну теплопередачу.

Принцип роботи нагрівача**.** Перед запуском двигуна на позистори 10 подається електроживлення. Під дією тепла, що ними генерується, прогріваються стінки корпусу 1 у зоні розташування поздовжніх каналів 15, що забезпечує руйнування парафінових кристалів і відновлення текучості палива. У результаті паливо починає прокачуватися через гвинтові канали 9, що гарантує впевнений запуск двигуна та його стабільну роботу на холостому ходу.

Додатковий прогрів палива забезпечується за рахунок циркуляції теплоносія через трубу 4. У міру підвищення температури охолоджувальної рідини інтенсифікується тепловіддача від труби 4 через ребра 8 до палива. Після повного прогрівання нагрівач функціонує по всьому прохідному перерізу гвинтових каналів 9, а електронагрівальні елементи 10 відключаються.

Найвища ефективність роботи пристрою досягається за умови, що площа прохідного перерізу поздовжнього каналу 15 становить 2-4 % від загального прохідного перерізу гвинтових каналів 9.

Застосування поєднання оребреної поверхні (яка займає більшу частину прохідного перерізу) та неоребреної ділянки у вигляді поздовжнього зазору за напрямком руху палива, за умови розташування позисторів безпосередньо навпроти цього зазору, сприяє інтенсифікації теплообміну та підвищенню ефективності функціонування нагрівача. Це, у свою чергу, забезпечує надійний запуск двигуна за низьких температур навколишнього середовища та його стабільну роботу в післяпусковий період.

Метою конструкторської розробки є виконання інженерного розрахунку проєктованого паливного нагрівача, зокрема визначення основних геометричних параметрів його ключового елемента — теплопередавального вузла. Додатково передбачається техніко-економічно обґрунтований вибір позистора та трубчастого електронагрівального елемента (ТЕН) для забезпечення необхідного температурного режиму підігріву палива та ефективної подальшої експлуатації системи.

Список використаних джерел

1. Holub G., Chuba V. Дослідження нагріву дизельного біопалива перед його впорскуванням до циліндрів двигуна / Г. Holub, В. Chuba // Матеріали конференції «Сучасні проблеми мехатроніки та енергетики». 2020. С. 58-63.

2. Acep Wagiman. The performance improvement of the combustion process in diesel engines with fuel heater / A. Wagiman // Journal of Mechanical Engineering. 2020. Vol. 8, No. 1. P. 112-120.

3. Effect of fuel preheating with blended fuels and exhaust gas recirculation on diesel engine operating parameters / R. X. Lin, Y. Z. *Wang //* Applied Thermal Engineering. 2018. Vol. 133. P. 114-125.

33. Заєць М. Л. Дунаєв М. О., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ РЕГУЛЬОВАНОГО СТРУШУВАЧА ПРУТКОВОГО ЕЛЕВАТОРА

У картоплезбиральних комбайнах для підвищення ефективності сепарації застосовують елеватори з еліптичними струшувачами (нерегульовані) та струшувачі з ударним двоплечим важелем (регульовані).

Суттєвим недоліком елеваторів із струшуючими зірочками (еліптичними струшувачами) є відсутність можливості змінювати інтенсивність струшування без зміни швидкості полотнини. Результати численних досліджень свідчать, що не можна рекомендувати один постійний кінематичний режим роботи струшувачів, оскільки різне завантаження робочої поверхні сепаратора ґрунтом потребує різної інтенсивності струшування.

Зі збільшенням товщини шару ґрунту на сепараторі інтенсивність струшування слід підвищувати, що водночас забезпечує захист бульб від механічних пошкоджень шаром ґрунту. При малому завантаженні сепаратора ґрунтом інтенсивність струшування необхідно зменшувати, а в умовах роботи на сипкому ґрунті (коли бульби проходять по сепаратору без захисту) струшувачі доцільно вимикати.

Метою модернізації є створення картоплезбиральної машини дворядного копача-навантажувача, яка входить до комплексу машин для інтенсивних технологій вирощування картоплі в Україні і може використовуватися як у промислових, так і у фермерських господарствах.

Основний матеріал. Під час розробки технічного проекту були використані різноманітні джерела науково-технічної інформації щодо картоплезбиральних машин: періодичні журнали, науково-технічні видання, патентні описи, промислові каталоги та проспекти профілюючих фірм (у тому числі зарубіжних), офіційні звіти та протоколи випробувань, а також конструкторська документація.

На основі систематизації та аналізу матеріалів встановлено, що всі картоплезбиральні машини виконані за наступною технологічною схемою:

підкопуючий пристрій → сепаруючий пристрій → гичковидаляючий пристрій → вивантажувальний пристрій.

У якості викопувальних органів найчастіше використовуються пасивні багатосекційні леміші, які відзначаються простотою конструкції та забезпечують якісну роботу при добрій культурі землеробства.

Для сепарації ґрунту зазвичай застосовують пруткові транспортери, які ефективніше відокремлюють ґрунт і є більш надійними в експлуатації порівняно з грохотами, що використовуються деякими фірмами.

Кут підйому першого (основного) транспортера на існуючих конструкціях перевищує 25°, що може призводити до багаторазового скочування великих бульб вниз і повторного підйому по транспортеру, спричиняючи механічні пошкодження.

У конструкціях деяких комбайнів (Е-684, Е-686 виробництва Німеччини, КПК-2, КПК-3) для руйнування грудок ґрунту використовуються балони-грудкоподрібнювачі. Проте, за даними ІМЕСГ, вони травмують бульби, що негативно впливає на термін зберігання. Тому в запропонованій конструкції ці балони не застосовуються. Практика показує, що при належній культурі землеробства достатню чистоту бульб можна досягти без їх використання.

Механізм приводу струшувача (рис. 1) є чотирохланковим і складається з кривошипа ОА, що обертається з постійною кутовою швидкістю навколо точки О, шатуна АВ і коромисла О1В. До коромисла під прямим кутом жорстко приєднані важелі О1Е та О1В, на кінцях яких розташовані струшуючі ролики. Довжина кривошипа ОА позначається як r.

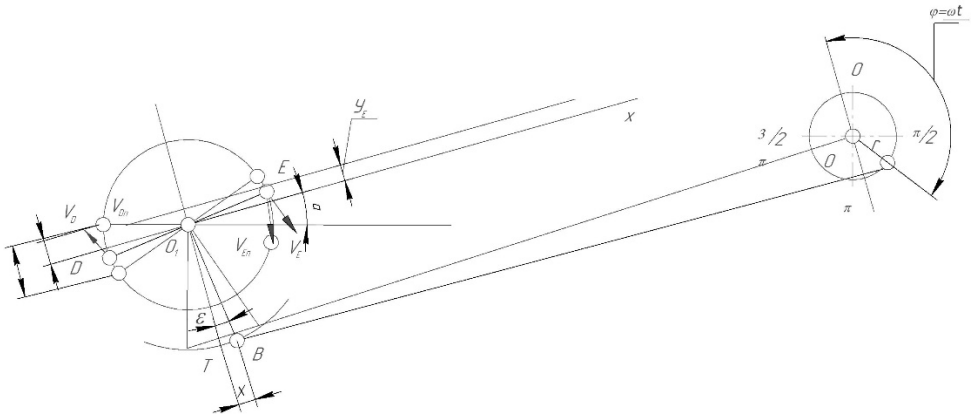


Рис. 1. Кінематична схема механізму струшувала

Оскільки за один його оберт обидва ролики послідовно взаємодіють з полотном, частота струшування полотна, так само як і при еліптичному струшувачі, у 2 рази більше частоти обертання вала струшувача. Нормальні переміщення полотна визначаються амплітудою коливань роликів, що, у свою чергу, залежить від радіуса r кривошипа і співвідношення розмірів плеч важелів [4].

$$y_E = \pm\frac{O_1E}{O_1B}\, r\cdot\sin\omega\cdot t \qquad (1)$$

У зв'язку з тим, що точки *B,D*,і *E* рухаються не по прямих, а по дугах, закон нормальних переміщень полотна теоретично відрізняється від закону гармонійних коливань. Для уточнення відхилень були побудовані графоаналітичними шляхом графіки переміщень, швидкостей і прискорень

[5, 6]. При порівнянні цих графіків із графіками, побудованими по розрахунковим даним, обчисленим з умови гармонійного коливання точок *O* і *E*, видно, що переміщення і швидкості розрізняються дуже мало (розбіжності не більш 1 - 2 %). Трохи більше розрізняються прискорення (до 5 %).

Оскільки нормальні переміщення полотна походять від впливу двох роликів, що роблять гармонійні коливання, графік переміщень полотна в зоні струшування може бути зображений переривчастою кривою, утвореною верхніми (позитивними) частинами синусоїд, зміщених одна відносно іншої по фазі на 2π.

Швидкість полотна в напрямку, перпендикулярному площині його руху, у проміжку 0 - 2π також змінюється по синусоїді. Якщо припустити, що ведуча ланка має натяг, то при куті повороту вала ωt = π відбувається удар полотна елеватора, що опускається, по другому ролику, що піднімається. Відносна швидкість співударяння

$$V_{уд} = 2\frac{OE}{OB}\omega \cdot r \qquad (2)$$

При цьому напрямок руху полотна змінюється на протилежний. Відповідно виглядає і графік зміни прискорень. В інтервалі *0*-p прискорення змінюється по синусоїді. При куті 2p *у* зв'язку з ударом об другий ролик прискорення різко збільшується і спрямовано вгору. Прискорення в цій точці в зв'язку з ударним характером кінематичне невизначено. Потім цикл повторюється.

При ударі по полотнині елеватора знизу матеріал не відривається від поверхні полотна, а, навпаки, притискається до полотна. Умови для підкидання частки, що знаходиться на полотні, створюються після того, як швидкість полотна, що піднімається вгору, сповільниться і нормальна складова спрямованого вниз прискорення полотнини стане більше, ніж складова $g \cdot \cos a$ прискорення вільного падіння.

Використовуючи схеми [5 і 6], напишемо умови підкидання

$$J_И = g \cdot \cos a \le \omega^2 \cdot r\frac{OE}{OB}\sin\omega t \cos\varepsilon \ge g \cdot \cos a \qquad (3)$$

Оскільки амплітуда коливань, обумовлена кутом *є,* невелика *(ϵ_{max}<10˚),* косинус цього кута близький до одиниці і його можна не враховувати. Якщо при цьому допустити, що полотно, не відриваючись від поверхні ролика, увесь час рухається за ним, то, позначивши *OE/OB* = l , маємо

$$\omega^2 \cdot r \ge g \cdot \cos a/(l \cdot \sin\omega t) \qquad (4)$$

Задаючись радіусом r кривошипа, частоту обертання, необхідну для підкидання, визначимо по формулі[3]

$$n \ge 30\sqrt{\cos a/(l \cdot r \cdot \sin\omega t)} \qquad (5)$$

При *a=20˚, sin*$\omega t = 1$*, OE=OB і r=0.01 м* для забезпечення підкидання частота обертання вала струшувала повинна бути не менш 300 *об/хв.* При збільшенні радіуса кривошипа до 0.05 *м* мінімальна частота обертання, що забезпечує початок підкидання, зменшується до 125 *об/хв.*

Якщо вали елеватора і приводу струшувача конструктивно сполучені, виникає зворотна задача - при постійній частоті обертання вала елеватора установити радіус *r* кривошипа, що забезпечує роботу елеватора без підкидання, з невеликим чи підкиданням або інтенсивним підкиданням матеріалу.

Мінімальне значення радіуса, що визначає початок підкидання

$$r_{\min} \ge 900 \cdot \cos a/(l \cdot n^2 \cdot \sin\omega t) \qquad (6)$$

При відсутності просковзування початкова швидкість польоту частки U_O є геометричною сумою дотичної складової швидкості, рівної швидкості полотна елеватора V_e , *і* нормальної складової швидкості[4]

$$V_n = l \cdot \omega \cdot r \cdot \cos\omega t \qquad (7)$$

Висновки. Для інтенсифікації сепарації ґрунту необхідно забезпечити такий режим, при якому підкинута першим роликом частка упала б на полотно в зоні другого ролика в момент його підйому вгору і удруге відірвалася від нього. Для цього необхідно врахувати наступні вимоги:

1) дальність польоту частки повинна дорівнювати чи бути трохи меншою

довжини двохплечого важеля $EO_1 DL < EO_1 D$;

2) час польоту повинен дорівнювати чи бути трохи меншим часу півоберту вала струшувача: t_n £ p /w .

Список використаних джерел

1. Купка А.А. Довідник картопляра, К.: Урожай, 1991. 232 с.

2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.В. Сільськогосподарські машини. К.: Врожай, 1993. 492с.

3. Петров Г.Д. Картоплезбиральні машини. Розрахунок і проектування. К: Машинобудування, 1972. 392 с.

4. Глухих Б.А. Дослідження з механізації збирання та прибирання картоплі – К.: ІКХ., 2000. 217с.

5. Kuzmenko S., Bondarenko O. Design Features of Two-row Potato Harvester-Loaders for Intensive Cultivation // Agricultural Machinery Journal. 2019. Vol. 14, No. 2. P. 33–41

6. Shevchenko P.V. Improvement of Potato Harvester Conveyor and Separation Units // Technical Science and Innovation. 2018. Vol. 10, No. 3. P. 55–63

34. Заєць М. Л. Дрозд М. О., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МОЛОТИЛЬНО АПАРАТА З ТАНГЕНЦІАЛЬНОЮ ПОДАЧЕЮ МАСИ

Актуальність проблеми. На сьогоднішній день в Україні актуальним є питання створення власного зернозбирального комбайна, при цьому слід враховувати перспективні напрямки розвитку цієї галузі машинобудування в передових країнах світу.

"Класичні" молотильно-сепаруючі системи (в подальшому МСС), які найбільш поширені в сучасних комбайнах, обмежують можливості подальшого збільшення одиничної пропускної здатності комбайна через невисоку інтенсивність і стабільність робочого процесу, перш за все, клавішного соломотряса — лімітуючого робочого органу МСС. Пропускна здатність такої системи практично досягла межі і не перевищує 5,0...5,5 кг/с на один метр ширини молотарки. ЇЇ підвищення стримується, в основному, габаритами соломотряса, площа якого у високопродуктивних комбайнів сягає 7,0...7,7 м^2 . [1,2]

Науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, які проводяться в різних країнах, дозволили створити цілу гаму МСС роторного і аксіально- роторного типу, в яких реалізовано в 1,5...3 рази більш інтенсивний імпульсний принцип сепарації зерна (рис. 1.). Із всієї різноманітності роторних МСС найбільш перспективними є моноагрегатні аксіально- роторного, МСС з торцевим і тангенціальним заходом маси. Їх використання дало можливість створити і організувати випуск цілого ряду моделей зернозбиральних комбайнів з пропускною здатністю 3...5, 7...9 і 10...12 кг/с. [3,4]

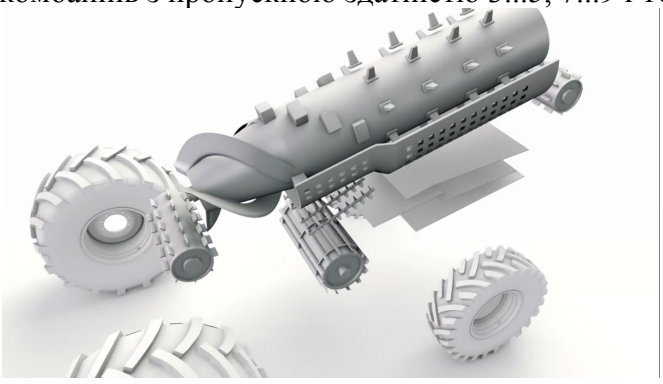
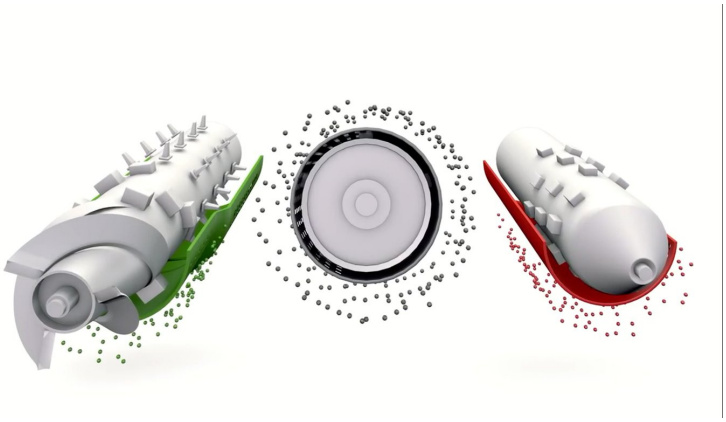


Рис.1 Класична компоновка аксіально-роторної МСС

Модернізовано конструкцію (рис.2.) і визначено параметри аксіально-роторної молотильно-сепаруючої системи з тангенціальним заходом маси, яка має значні переваги в порівнянні з "класичними" системами і забезпечує: [3]

- зменшення габаритних розмірів до 40 %;
- збільшення пропускної здатності до 1,5 рази;
- зменшення травмування зерна в 2...4 рази;
- збільшення збору зерна з одиниці площі поля до 4...10 %.

Конструкція соломовивантажувального пристрою за допомогою швидкісного транспортера значно спрощує компоновку робочих органів молотарки комбайна при будь-якій довжині МСС, дозволяє оптимізувати параметри повітряної камери очистки. [2]



а) б) в)

Рис.2. Порівняння різних компоновок МСС

а – класична компоновка з використанням гвинтових робочих поверхонь;
б – модернізований МСС;
в – компоновка кулеподібного ротора.

Удосконалення полягає в використанні всієї внутрішньої поверхні циліндра МСС, що значно збільшує площу обмолоту та сепарації зернового вороху на 57 %, та дозволяє не встановлювати соломотряс в тому чи іншому вигляді (рис. 3.). Така компоновка дозволяє покращити ремонтопридатність комбайна та сервісного обслуговування МСС.

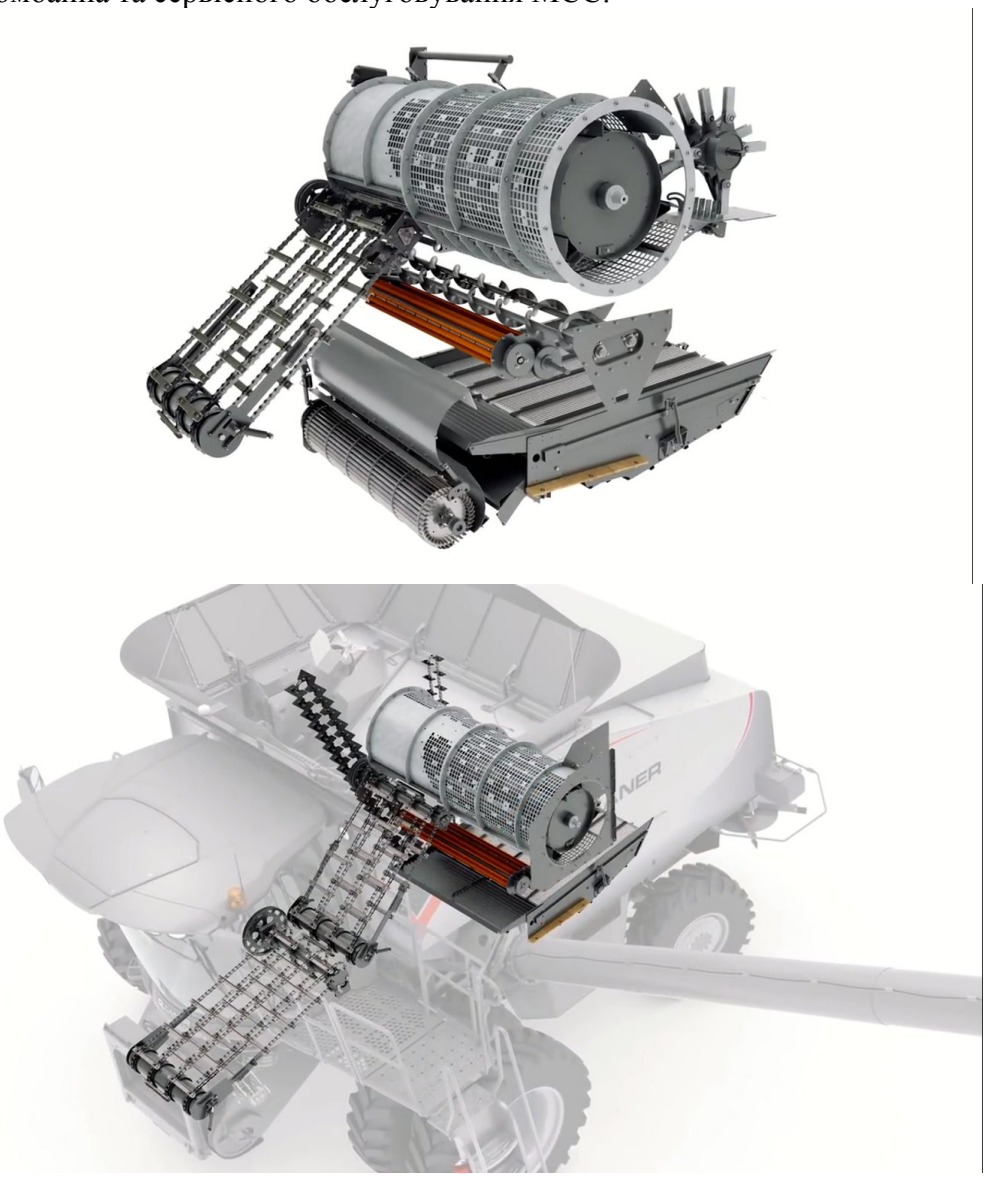


Рис. 3. Модернізована молотильно-сепарувальна система

Обґрунтовано технологічні і конструктивні параметри сепаруючих поверхонь аксіально-роторної МСС. Встановлено аналітичні залежності для визначення параметрів гвинтової траєкторії руху продуктів обмолоту в робочому просторі аксіально-роторного сепаратора. Визначено параметри

процесу видалення відпрацьованої соломи за межі МСС. Встановлено закономірності впливу конструктивно-технологічних параметрів системи і характеристик маси на показники обмолоту і сепарації зерна.

Список використаних джерел

1. Fu J., Chen Z., Han L., Ren L. Review of Grain Threshing Theory and Technology // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2020. Vol. 13, No. 6. P. 1-12.

2. Zan'ko N.D. Features of Technological Process of Drum Threshing-and-Separating System for Grain Combine Harvester // Journal of Machinery and Energetics. 2018. Vol. 9, No. 3. P. 45-52.

3. Smolinskyi S.V. Analysis of Influence of Parameters of Threshing Apparatus of Combine Harvester on Process of Threshing Grain // Technical Science and Innovation. 2017. Vol. 9, No. 3. P. 67-74.

4. Threshing and Grain Separating Mechanism with Differentiate Concave for Intensification of Threshing and Grain Separation // Sciendo. 2017. P. 23-31.

35. Заєць М. Л. Журбей В. В., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ОПТИМІЗАЦІЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБОРУ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ВРОЖАЮ МОРКВИ

У технології вирощування овочевих культур на підприємстві доцільно впроваджувати контейнерні перевезення, що забезпечують безперервність збирального процесу та зменшують потребу у ручній праці. Для підвищення ефективності збору моркви пропонується використання причіпного морквозбирального комбайна CF-300 теребильного типу (рис.1), який дозволяє оптимізувати трудові витрати та продуктивність операцій. [1,3]



Рис. 1. Загальний вигляд комбайна CF- 300

Комбайн CF-300 італійського виробництва (EUROPA Macchine Agricole) забезпечує збирання моркви з одного рядка за один прохід без попереднього видалення гички. Особливістю цього агрегату є можливість роботи у кількох режимах вивантаження: у валок на полі (для просушування при високій вологості або забур'яненості), у кузов рухомого поруч транспортного засобу або безпосередньо в контейнери з подальшим укладанням їх на полі.

Робота комбайна при контейнерному збиранні моркви наведена на рис. 2. [1]



Рис. 2. Робота комбайна CF-300 за схемою збирання в контейнери [1]

Запропонована технологічна схема потребує залучення допоміжного працівника, проте виключає необхідність у додаткових транспортних засобах, без яких збиральний агрегат не може працювати. Саме тому доцільно застосовувати контейнерну схему збирання та перевезення урожаю моркви.

Оскільки морквозбиральний комбайн CF-300 є новим для України, нормативні показники продуктивності та витрат палива для нього відсутні в типовій документації. Тому виникає потреба у розрахунку експлуатаційних показників збирального МТА.

Для вибору відповідної марки трактора необхідно визначити тягове зусилля, яке створює комбайн. Згідно з технічними характеристиками комбайна [5], трактор має забезпечувати: тиск у гідросистемі – 13 МПа, оберти ВВП – 540 хв$^{-1}$, напругу електромережі – 12 В та наявність 4 роз'ємів для підключення.

Далі визначається опір копанню ґрунту комбайном за відповідною формулою:

$$\vec{R_к} = \vec{k}\vec{a}\vec{b}, \qquad (1)$$

де, k - питомий опір ґрунту;

ab - відповідно ширина і глибина копання, м.

$$R_к = 60 \times 0.25 \times 0.7 = 10.5 \ кН.$$

Визначимо тягове зусилля комбайна:

$$\vec{R_м} = \vec{G}(i + f), \qquad (2)$$

де, G - вага машини;

i - максимальна величина підйому на полі;

f - коефіцієнт опору коченню в найскладніших ґрунтових умовах.

$$R_м = 23{,}8(0{,}05 + 0{,}1) = 3{,}6 \ кН.$$

Тоді, сумарне зусилля комбайна складатиме: 14,4 кН.

Приймаємо трактор МТЗ-82Р з потужністю двигуна 60 кВт та тяговим зусиллям на 3 передачі (5,9 км/год) 17,9 кН, коефіцієнтом буксування – 20,5 %, та годинній витраті палива 13,6 кг/год [3].

Визначимо продуктивність збирального МТА за формулою [5]:

$$\vec{W} = 0{,}1\vec{B}_P v_P \mathrm{t} T_{ЗМ}, \qquad (3)$$

де, B_P - робоча ширина захвату;

v_P - робоча швидкість руху;

t - коефіцієнт використання часу зміни;

$T_{ЗМ}$ - тривалість зміни.

$$W = 0{,}1 \times 0{,}7 \times 5{,}9 \times 0{,}6 \times 7 = 1{,}73 \ га/зм.$$

Приймаємо тривалість зміни 8,5 год, тоді тривалість збиральних робіт складатимуть 1 день.

Визначимо питомі витрати палива МТА, знаючи що годинна продуктивність складає 0,247 га.

$$\vec{g} = \frac{\vec{G}_{год}}{W_{год}}, \qquad (4)$$

де, $G_{год}, W_{год}$ - годинні витрати палива та продуктивність МТА відповідно.

$$g = \frac{13{,}6}{0{,}247} = 55 \ кг/га.$$

Таким чином, збиральний агрегат, що складається з трактора МТЗ-82Р та комбайна CF-300, має годинну продуктивність та питомі витрати палива на рівні 55 кг/га. Для забезпечення безперервності збирального процесу агрегат формує контейнери з урожаєм.

Об'єм піддона ТМ-139 становить 0,88 м³, а об'ємна маса моркви – 0,60 т/м³, що дає масу вантажу в піддоні 528 кг. Таким чином, розміщення ящиків здійснюється через кожні 168 м для підтримки ритмічності та потоковості процесу.

Список використаних джерел

1. Морковозбиральні комбайни високо якості – MADE IN ITALY. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.morkov.pro/catalog/morkovouborochnjj_kombajn.html

2. Морковозбиральні комбайни високо якості. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.lion-agro.ua/pages_bottom/morkovouborochnje-kombajnj.html
3. Норми продуктивності та витрати електроенергії і палива на обробці продукції рослинництва / В.В. Вітвіцький, М.Ф. Кисляченко, М.А. Максимчук та ін.. – К.: НДІ «Украгропромпродуктивність», 2007. – 280с.
4. Данильченко М.Г., Гладич Б.Б., Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки: Навчально-методичний посібник для студентів економічних спеціальностей. –Тернопіль: Економічна думка, 2001. – 61с.
5. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві В.Ю. Ільченко, І. П. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. - К.: Урожай, 1993.-288 с.

36. Заєць М. Л. Зінчук В. М., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ

Вибір робочого органу для викопування коренеплодів обумовлюється необхідністю забезпечити високу ефективність збирання, мінімальні механічні пошкодження рослин та адаптацію до умов ґрунту. Серед різних конструкцій викопуючих елементів, сферичні диски показують високу продуктивність при одночасному відділенні коренеплодів від ґрунту завдяки радіальному розподілу сил різання та вібраційної дії на рослину.

Сферичний диск, встановлений під кутом до поздовжньої осі руху машини, дозволяє оптимально піднімати та розпушувати ґрунт навколо коренеплоду, зменшуючи ймовірність його пошкодження. Додатково використання горизонтального приводного очисного барабана з шарнірно закріпленими еластичними гумовими лопатями забезпечує очистку коренеплодів від налиплого ґрунту та інших домішок без значних механічних впливів.

Конструкція робочого органу, що поєднує сферичний диск та очисний барабан із правильно підібраними кутами установки α та β, дозволяє досягти збалансованого співвідношення продуктивності та якості викопування. Такий вибір робочого органу є доцільним для сучасних картоплезбиральних та бурякозбиральних машин, де критеріями є збереження коренеплодів, зменшення втрат та підвищення ефективності робочого процесу.[1]

Результати проведеного нами дослідження дозволили розробити вдосконалену конструкцію викопуючого органу приставки РКС 6.65.000, конструктивна схема якої наведена на (рис. 1).

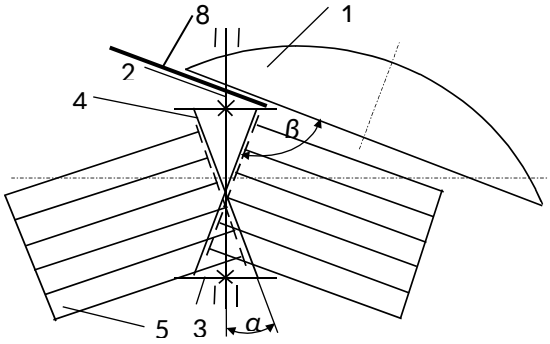


Рис. 1. Конструктивна схема комбінованого викопуючого робочого органу

Пристрій для викопування коренеплодів кормових буряків складається з викопуючого сферичного диска 1, встановленого у вертикальній площині під кутом до поздовжньої осі руху машини. Диск розташований на осі обертання з вільною посадкою. Над сферичним диском, перпендикулярно до напрямку робочої швидкості машини, розміщений горизонтальний приводний очисний вал 2, оснащений барабаном із фланцями 3. Уздовж кола барабана між фланцями встановлені паралельні осі 4, повернуті відносно вала під гострим кутом α. На цих осях шарнірно закріплені еластичні гумові плоскі доочисні елементи, що формують лопаті 5 бітера. Вісь 4, розташована на крайньому нижньому положенні барабана, утворює кут β, рівний 90°, з площиною, що проходить через лезо сферичного диска. Привід вала 2 сконструйований таким чином, що напрямок обертання барабана 3 збігається з напрямком руху пристрою або обертання диска 1.

Удосконалення робочого органу полягає у встановленні додаткового горизонтального приводного очисного вала 2 із гумовими очисними елементами 5 над верхньою частиною викопуючих

сферичних дисків 1, конструкція якого описана вище. Крім того, у внутрішній зоні сферичного диска 1 розміщено корененапрямник 8, призначений для відведення викопаних коренеплодів у зону дії диска.

Завдяки застосуванню корененапрямника істотно зменшуються механічні пошкодження коренеплодів та втрати продукції, а використання доочисного горизонтального вала забезпечує одночасне викопування та очищення коренеплодів від залишків гички, покращуючи якість збирання.

Технологічний процес роботи викопуючого робочого органу відбувається наступним чином: при обертанні очисного вала 2 (рисунок 2) еластичні плоскі елементи 6, встановлені на осях 5 під гострим кутом α відносно вала, взаємодіють із головками коренеплодів та забезпечують їх очистку від залишків гички.

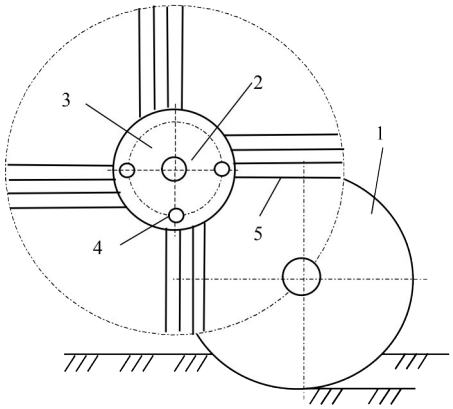


Рис. 2. Конструктивна схема комбінованого викопуючого робочого органу

1-сферичний диск; 2-очистний вал; 3-барабан; 4-вісь; 5-лопать.

У момент удару бичів 6 по головці кореня або поверхні ґрунту відбувається їх поворот навколо власних осей і в площині удару. Оскільки осі 5 у нижньому положенні перпендикулярні до площини, що проходить через лезо диска 1, або нахилені під кутом, близьким до прямого, плоскі очисні елементи в цьому положенні залишаються паралельними зазначеній площині та не контактують з поверхнею сферичного диска, що зменшує їх зношення.

Поворот осей 5 під кутом α забезпечує нанесення ударами плоских бичів 6 по головках коренеплодів збоку рядка, що підвищує ефективність очищення різновисоких коренеплодів: високий коренеплід не прикриває нижчий від удару. Одночасно з очищенням головок від залишків гички коренеплоди викопуються сферичним диском та, за допомогою бичів 6, які формують лопаті 7 бітера, подаються до наступних робочих органів коренезбиральної машини.

Висновки

Аналіз існуючих конструкцій викопуючих робочих органів показав, що сферичні диски у поєднанні з горизонтальним очисним валом забезпечують високу ефективність викопування коренеплодів кормових культур при мінімальному механічному пошкодженні продукції.

Удосконалена конструкція приставки комбайна передбачає встановлення над сферичними дисками горизонтального приводного очисного вала з еластичними плоскими лопатями та внутрішнього корененапрямника, що сприяє зменшенню втрат та покращенню процесу очистки коренеплодів.

Оптимальне розташування осей і кутів установки плоских бичів (α та β) забезпечує одночасне очищення коренеплодів різної висоти та подачу їх на наступні робочі органи машини, підвищуючи продуктивність роботи та якість збирання.

Технологічний процес роботи викопуючого органу, що поєднує механічне відокремлення коренеплодів від ґрунту та доочищення від залишків гички, дозволяє значно підвищити ефективність роботи коренезбиральних машин і зменшити втрати продукції.

Запропонована конструкція є доцільною для застосування у сучасних коренезбиральних машинах і може бути рекомендована для впровадження у виробництво для підвищення продуктивності та якості збирання коренеплодів.

Список використаних джерел

1. Hevko R.B Tkachenko I.G Synii SV Flonts I.V Development of design and investigation of operation processes of small scale root crop and potato harvesters – INMATEH Agricultural Engineering 2023, Том 49 Вип 2 С. 53–60.

2. Герасимчук Г.А Барановський ВМ Шейко ВМ – Аналіз конструктивно технологічних аспектів робочих органів для викопування кормових буряків – Наукові нотатки, 2021 Том 24., Вип 2. С. 45–52.

3. Герасимчук Д.В. Аналіз робочих органів машин для викопування коренебульбоплодів Вісник ХНТУСГ ім П Василенка, 2022, Том 170 Вип 4. С. 77–84.

4. Zheng Gong Yuwan Yang Development and Evaluation of Mechanical Harvesting of Root Crops and Its Performance Optimization – Preprints.org, 2023. Том 2. Вип 1. С. 1–12.

5. Machinery for Harvesting Root Crops With Information on Equipment and Harvesting Methods – Adams Press 2011

37. Заєць М. Л. Ліпінський Д. Р., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЇ МУЛЬЧУВАЧА РОСЛИННИХ РЕШТОК

Мульчування рослинних решток є важливою технологічною операцією у сучасному землеробстві, яка сприяє збереженню вологи, поліпшенню структури ґрунту та зниженню ерозійних процесів. Використання спеціалізованих машин для подрібнення і розподілу рослинних залишків на полях дозволяє значно підвищити ефективність обробітку ґрунту та створює сприятливі умови для наступного посіву сільськогосподарських культур.[1,2]

Проєктування мульчувача рослинних решток, який поєднує високу продуктивність, надійність і адаптивність до різних видів культур, є актуальним завданням сучасної агротехніки. Оптимальні параметри конструкції машини безпосередньо впливають на якість подрібнення, витрати енергії та ефективність роботи агроформувань.

Актуальність розробки та вдосконалення мульчувачів обумовлена декількома ключовими факторами:

Підвищення ефективності використання сільськогосподарських ресурсів. Подрібнення рослинних решток забезпечує швидке розкладання органічної маси, що збагачує ґрунт поживними речовинами і зменшує потребу у додаткових добривах.

Сучасні вимоги до інтенсифікації технологічних процесів. Використання універсальних і високопродуктивних мульчувачів дозволяє скоротити тривалість операцій обробітку ґрунту та знизити енергетичні витрати.[2,3]

Екологічна безпека та збереження ґрунтового покриву. Мульчування зменшує ерозію, запобігає втратам вологи та покращує біологічну активність ґрунту.

Актуальність для сучасного сільського господарства України. Інтеграція ефективних мульчувачів у технологічні ланцюги забезпечує підвищення врожайності та конкурентоспроможності аграрного виробництва.[4]

Таким чином, розробка мульчувача з оптимізованими конструкційними параметрами має практичну цінність і наукову значущість, оскільки сприяє підвищенню продуктивності агротехнічних процесів, зменшенню втрат ресурсів і покращенню екологічного стану ґрунтів.

Запропонована конструкція мульчувача призначена для механічного подрібнення решток рослин різних сільськогосподарських культур (рис. 1)

Рама мульчувача виконана з брусів і боковин, які з’єднані зварними швами, що забезпечує необхідну жорсткість конструкції. Для підтримання заданої висоти зрізу машина оснащена двома опорними колесами, одне з яких додатково виконує функцію транспортного. З метою запобігання вильоту сторонніх предметів з-під ножів на рамі встановлено захисні ланцюги.

Робочим органом мульчувача є ротор, обладнаний Y-подібними ножами, які закріплені шарнірно. Ротор встановлено в боковинах рами на підшипникових опорах; рекомендується застосовувати самоцентруючі підшипники для підвищення надійності конструкції.

Привід ротора здійснюється від ВВП трактора через трансмісію, що складається з конічного редуктора, карданної та пасової передачі. Для запобігання поломкам елементів трансмісії під час зупинки ротора привід оснащено обгінною муфтою. Проєктна частота обертання ротора становить 2000 об/хв. Регулювання висоти зрізу здійснюється зміною положення опорних коліс відносно рами.

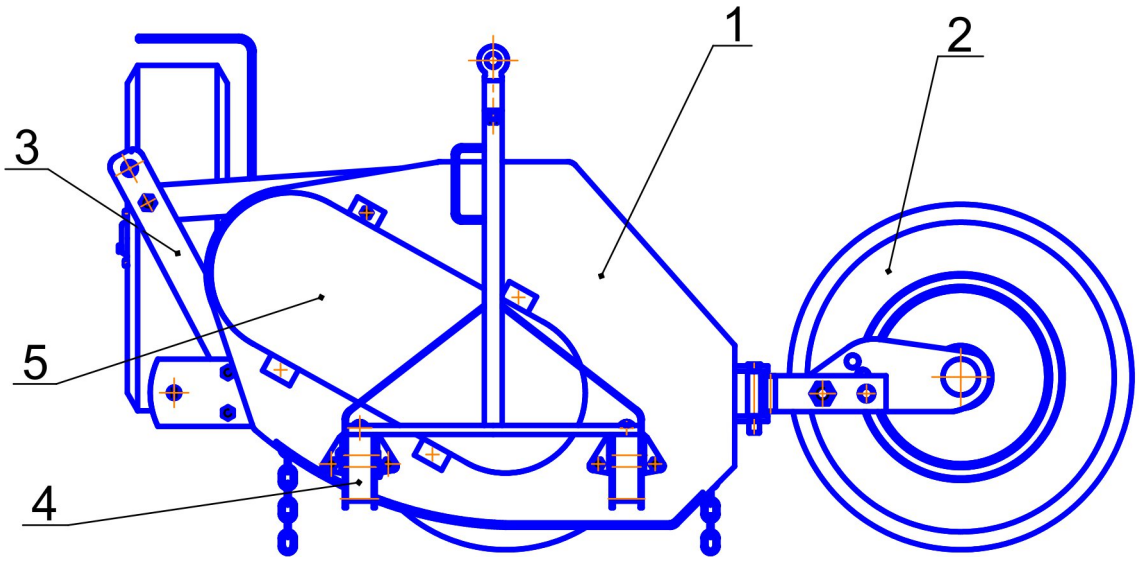


Рис. 1. Загальний вигляд мульчувача

1 – рама; 2 – колісний хід; 3 – навіска; 4- причіпний пристрій; 5 – трансмісія.

Переведення мульчувача в транспортне положення виконується шляхом відповідних механічних операцій: опускання та обертання транспортного колеса, висування опорної стійки, переведення причіпного пристрою в горизонтальне положення, опускання мульчувача на поверхню та від'єднання від навіски трактора, після чого причіпний гак трактора з'єднується з транспортним причіпним пристроєм.

Під час технологічного процесу роботи мульчувача ротор обертається, відцентрова сила відкидає ножі, які зрізують і подрібнюють рослинні рештки, рівномірно розподіляючи їх по поверхні поля. Після проходу машини на полі формується шар мульчованої соломи, що відповідає вимогам ґрунтозахисних технологій.

Основні параметри конструкції мульчувача рослинних решток (рис. 2.)

Рама мульчувача: Матеріал: сталь високої міцності (сталь 09Г2С або аналог). Габаритні розміри: довжина – 1800 мм, ширина – 1200 мм, висота – 800 мм. Ширина захвату робочого органа: 1,2 м. Опорні та транспортні колеса діаметр коліс: 400 мм.

Регулювання висоти зрізу: у діапазоні 50…150 мм шляхом зміни положення коліс відносно рами. Одне колесо додатково виконує роль транспортного при переведенні мульчувача в транспортне положення. Робочий орган (ротор). Діаметр ротора- 300 мм. довжина ротора (захват по ширині): 1200 мм. Кількість ножів: 12–16 шт., Y-подібні, шарнірно закріплені. Матеріал ножів: Сталь 65Г або аналог.Частота обертання ротора: 2000 об/хв. Привід ротора - ВВП трактора потужністю 20–30 к.с.

Трансмісія: конічний редуктор + карданна передача + пасова передача.

Захист: обгінна муфта для запобігання поломкам при раптовій зупинці ротора.

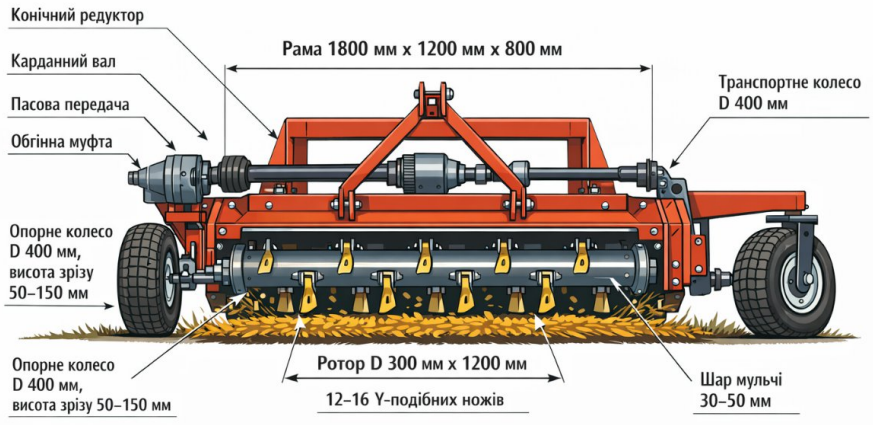


Рис. 2. Конструкція мульчувача рослинних решток

Технологічний процес роботи. Рух по полю: 3–5 км/год (оптимальна швидкість для якісного подрібнення). Робочий шар мульчі після обробки: 30…50 мм (залежно від типу рослинних решток). Висота зрізу: 50…150 мм (регулюється опорними колесами).

Список використаних джерел

1. Сало В. М., Лещенко С. М., Лузан П. Г., Мачок Ю. В., Богатирьов Д. В. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив : навч. посіб. / за ред. В. М. Сало Харків : Мачулін, 2016. 244 с.
2. Матеріали IX Міжнар. наук.-тех. конф. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль, 25–26 листопада 2020 : зб. тез Тернопіль, 2020. С. 72–74.
3. Що таке мульчувач і для чого він потрібен у сільському господарстві / Полтавщина. – Полтава, 2025. Електрон. джерело. – Режим доступу: https://poltava.to/news/81779
4. Мульчування пожнивних залишків на сучасному етапі агротехнічних технологій // Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Досягнення та перспективи галузі виробництва…», Кропивницький, 2023. С. 15–18. – Режим доступу: https://kntu.kr.ua/file/content/8114/materialy-vseukrainskoi-naukovo-praktychnoi-konferentsii-dosiahnennia-ta-perspektyvy-haluzi-vyrobnytstva-pererobky-i-zberihannia-silskohospodarskoi-produktsii-kropyvnytskyi-21-kvitnia-2023-roku.pdf

38. Заєць М. Л. Коваленко Б. В., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

РОЗРОБКА НАЧІПНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАМБУВАННЯ СИЛОСНОЇ МАСИ

Заготівля силосу вимагає використання спеціальних конструкційних об’єктів — силосних ям, у яких здійснюється формування та зберігання силосної маси. Процес укладання передбачає рівномірне формування маси та її ущільнення для оптимізації використання об’єму ями і зменшення витрат на будівництво та експлуатацію додаткових силосних споруд.

На сьогодні для ущільнення силосу практично застосовують трактори великої маси, які рухаються «взад-вперед» по силосній масі. Проте така технологія є малоефективною через обмежену продуктивність тракторів і недостатнє ущільнення силосу. Крім того, при невеликих відстанях транспортування силос часто доставляють нерівномірно, що ускладнює процес ущільнення та знижує ефективність використання об’єму силосної ями.

Для підвищення ефективності пропонується розробити грейдерно-бульдозерне навісне обладнання, яке забезпечуватиме рівномірне розподілення силосної маси по всій площі ями. Таке рішення дозволяє збільшити питомий тиск від рушіїв трактора, що підвищує щільність силосу. Використання додаткових вантажів на тракторі є малоефективним через погіршення його стійкості, тому застосування спеціального навісного обладнання є більш доцільним.

Встановлення такого обладнання на тракторі Т-150К дозволить підвищити продуктивність трамбування силосу. Крім того, знімна конструкція забезпечує можливість використання трактора для інших технологічних операцій, що підвищує універсальність та економічну ефективність техніки.

Визначаємо експлуатаційну масу mE′ на основі забезпечення повного використання тягово-зчіпних можливостей базової машини — трактора Т-150К. Для землерийно-транспортної машини відповідно до рекомендацій [1] повинна виконуватися наступна умова:

$$T_j \cdot k_{ЗАП} \le T_M, \tag{1}$$

де T_j – сила тяги по зчепленню ;

T_M – сила тяги по максимальному моменту двигуна ;

$k_{ЗАП}$ – коефіцієнт запасу, для двовісного тягача з механічною трансмісією, $k_{ЗАП} = 1{,}1$ [2].

Сила тяги T_j і T_M запишеться: [3]

$$T_j = G_{ЗЧ} \cdot \varphi ; \tag{2}$$

$$T_м = \frac{(M_{ем} - k_o \cdot M_{ен}) \cdot i_{M1} \cdot \eta_{MI}}{r_c} - P_f, \tag{3}$$

де $G_{ЗЧ}$ - зчіпна вага машини, для УЗТМ на базі трактора Т-150К.

$$G_{ЗЧ} = G_C ;$$

φ - коефіцієнт зчеплення колісного рушія з опорною поверхнею, на режимі копання ґрунту ;

$M_{ем}, M_{ен}$ - відповідно максимальний і номінальний момент двигуна,

k_o - коефіцієнт, який враховує відбір потужності двигуна на привід допоміжних механізмів, для бульдозерів;

$i_{м1}, \eta_{м1}$ - відповідно передаточне число і ККД трансмісії;

r_c - силовий радіус колісного рушія;

P_f - сила опору коченню бульдозера , Н.

В якості робочого обладнання приймаємо відвал грейдерного типу. До основних параметрів відвала належать: [3]

- довжина відвала Bb (м);
- висота відвала Hb (м);
- геометричні параметри профілю відвала**;**
- кути встановлення відвала у плані (кут захвату) та у поперечній площині.

Довжину відвала визначаємо, виходячи з наступного співвідношення: [2]

$$B_b^{'} = (B_ш + 2\Delta + 2\Delta_1) \times (\cos\alpha_b)^{-1}; \quad (4)$$

де $B_ш$ - габарит базової машини по ширині, для трактора Т-150К $B_ш$ = 2,42м;

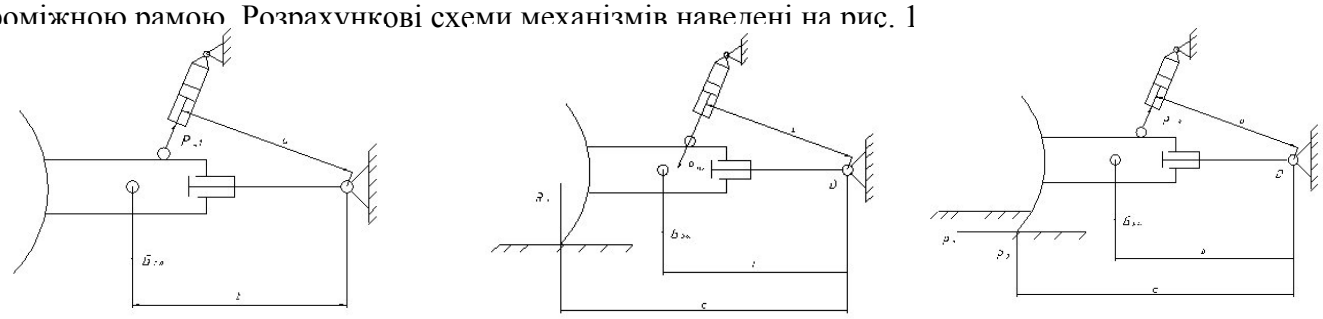
Δ - мінімальне перекриття габариту машини по ширині в один бік, Δ=0,1 м;

Δ_1 -зміщення робочого органа (відвалу) в бік за рахунок можливостей кінематики механізму повороту відвала в плані.

При відомих геометричних та вагових характеристиках робочого обладнання розрахунок системи керування робочим обладнанням МТА полягає у:

а) виборі параметрів механізму підйому (опускання) та перекосу відвалу в поперечній площині; б) виборі параметрів механізму зміни кута встановлення відвалу в плані.

Підйом (опускання) та перекіс відвалу в поперечній площині забезпечується двома гідроциліндрами, гільзи яких шарнірно з'єднані з передньою рамою трактора Т-150К, а штоки з проміжною рамою. Розрахункові схеми механізмів наведені на рис. 1



а) *б)* *в)*

Рис. 1 Схема для розрахунку зусилля на штоці гідроциліндрів керування робочим обладнанням

Виходячи з кінематичних міркувань, підйом робочого обладнання на висоту, яка забезпечує необхідний кут в'їзду МТА та заглиблення ножа на задану глибину, відповідає ходу штоку **мм**. При цьому робочий тиск гідросистеми приймаємо відповідно до ГСТ 22-1417-99: 10, 16, 25, 32 МПа. Використовуються два гідроциліндри типу 5.16.0.У-50×32×630 з відповідними технічними параметрами. [2]

Поворот відвалу в плані для забезпечення необхідного кута захвату здійснюється за схемою класичної системи повороту автогрейдерного типу. Привід є гідравлічним і передбачає використання черв'ячного одноступінчатого редуктора та відкритої зубчастої передачі на зубчастий вінець.

Згідно з рекомендаціями [4], на долю поворотної частини повноповоротного автогрейдерного робочого обладнання припадає близько 65% маси робочого обладнання. При цьому слід враховувати, що робоче обладнання МТА є неповноповоротним, що впливає на розподіл навантажень.

Список використаних джерел

1. Бондаренко, В. І. Машини для підготовки та заготівлі кормів / В. І. Бондаренко. К.: Урожай, 2010. 320 с.
2. Ковальчук, О. П. Гідравлічні системи сільськогосподарських машин / О. П. Ковальчук. Харків : ХНАУ, 2015. 256 с.
3. Литвиненко, І. М. Проєктування робочих органів землерийно-транспортних машин / І. М. Литвиненко. К. : Агроосвіта, 2012. 198 с.

4. Петренко, С. В. Автогрейдери та механізми робочого обладнання / С. В. Петренко. Львів : Новий Світ, 2016. 210 с.
5. Сухомлин, М. П. Трактори Т-150К та їх модифікації / М. П. Сухомлин. К. : Урожай, 2011. 180 с.

39. Заєць М. Л. Товкач М. П., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАЛАШТУВАНЬ НАЧІПНОГО ПЛУГА

При роботі плуга на кожен його корпус діють елементарні сили опору ґрунту. Дослідження показують, що вони не приводяться до однієї рівнодіючої сили, а приводяться до динами. Причому визначити теоретично величину і напрям головного вектора і головного моменту при сучасному стані теорії плуга не є можливим [1].

Тому сили, що діють на корпус плуга, представляють у трьох координатних площинах - площинними силовими характеристиками. При цьому визначають величину і напрямок складових головного вектора шляхом просторового динамометрування за допомогою спеціальної лабораторної установки.

Вихідною силою при визначенні складових головного вектора елементарних сил опору ґрунту, прикладених до робочої поверхні плужного корпуса, є повздовжня складова R_x.[2,3]

У горизонтальній площині проекцій *xoy* ця сила (R_x) проходить паралельно стінці борозни на відстані, рівній 0.4b. Значення її може бути визначене за формулою:

$$R_x = \frac{P - fG}{n} = kab + \varkappa abV \qquad (1)$$

де P - тяговий опір плуга;

f - коефіцієнт опору плуга проходженню в борозні;

G - вага плуга;

n - число корпусів;

k - питомий опір ґрунту;

a - глибина оранки;

b - ширина захвату корпуса;

$\varkappa$ - коефіцієнт швидкісного опору;

V - швидкість оранки.

Так як горизонтальна складова R_{xy} головного вектора відхилена від нормалі до леза лемеша на кут тертя ковзання φ ґрунту по сталі, то тоді[2]:

$$R_{xy} = \frac{R_x}{\sin(\varphi + \gamma_o)} \qquad (2)$$

де γ_0 - кут між лезом лемеша і стінкою борозни.

Сила, що притискає корпус плуга до стінки борозни, виражається залежністю:

$$R_y = R_x ctg(\varphi + \gamma_o) \qquad (3)$$

Якщо вважати, що польові дошки плуга навантажені тільки поперечними горизонтальними силами, то сила тертя польових дошок об стінки борозен може бути визначена за формулою:

$$F = f_1 R_y \qquad (4)$$

Де f_1 - коефіцієнт тертя ковзання сталі по ґрунту. Він визначається за допомогою лабораторної установки.

У повздовжньо - вертикальній площині на корпус діє сила R_{zx} , що утворить з віссю *x* кут ψ . Величина цього кута залежить від властивостей ґрунту, гостроти леза лемеша та глибини оранки.

Якщо лезо лемеша гостре і дно борозни ущільнене не сильно, то ψ має позитивний знак і знаходиться в межах до 12°, при цьому відстань r_{zx} від носка лемеша до лини дії сили R_{zx} приймають рівним половині глибини оранки.

Якщо ж лезо лемеша тупе і дно борозни сильно ущільнене, то кут γ має від'ємне значення і може досягати мінус 12°, відстань r_{zx} при цьому приймається рівною одній третій глибини оранки. Силу визначають по формулі:

$$R_{zx} = \frac{R_x}{\cos\gamma} \qquad (5)$$

Вертикальна складова R_z сили R_{zx} відноситься до направляючої наступних сил: позитивно спрямованих на робочу поверхню лемеша в полиці; ваги ґрунту, що впливає на поверхню лемеша і полиці; негативно спрямованих (знизу вверх) опорів ґрунту, прикладених до потилиці леза лемеша й ін.

$$R_z = R_x tg\gamma \qquad (6)$$

У поперечно-вертикальній площині *yoz* (вид спереду) на корпус діє сила R_{zy} , що утворює з віссю кут $\delta = \pm 45^o$.

$$R_{zy} = \sqrt{R_y^{\,2} + R_z^{\,2}} \qquad (7)$$

Відстань r_{zy} від носка лемеша до лінії дії сили R_{zy} приймають рівною половині глибини оранки при додатному значенні кута δ , а при від'ємних значеннях кута δ - приймають рівний трьом четвертим глибини оранки.

Величина, напрям і точки прикладання сил R_{xy}, R_{zx}, R_{zy}, що діють на корпус плуга у відповідних площинах проекцій, є середніми, що зв'язано з мінливістю фізико-механічних властивостей ґрунту і нерівномірністю мікрорельєфу в межах навіть одного поля.

Умови рівноваги плуга.

Плуг, відрегульований на задану глибину оранки, при роботі відрізає задані розміри шару, тобто працює стійко (знаходиться в рівновазі), якщо реакції на його поверхнях дорівнюють нулю.

З теоретичної механіки відомо, що якщо плоска система сил знаходиться в рівновазі, то сума проекцій усіх сил цієї системи на кожну координатну вісь дорівнює нулю і крім того, сума моментів усіх цих сил відносно довільно обраної точки також дорівнює нулю. Що до графічного способу вирішення даної задачі це значить, що силовий багатокутник повинен бути замкнутим, тобто геометрична сума всіх сил системи повинна дорівнювати нулю, а лінія дії рівнодіючої всіх сил повинна проходити через миттєвий центр обертання плуга, що є фіктивною точкою приєднання плуга до трактора.

При побудові силового багатокутника слід мати на увазі те що дві сили, величини яких невідомі, а відомі лише їхні напрямки, повинні складатися останніми.

У поздовжньо-вертикальній площині (рис. 1.) на плуг крім раніше відзначених сил $G, \sum R_{zx}, \sum F, R_d$ діють реакції ґрунту на опорне колесо Q, і сила тяги трактора P_{zx}, спрямована в протилежну сторону рівнодіючої всіх сил опору ґрунту руху плуга R_4. Сили Q і R_4 є невідомими. Тому складемо їх останніми. При цьому будемо мати на увазі, що реакція Q, проходить через вісь колеса під кутом $\mu(10°)$ до вертикалі, тому при визначенні сили R_{zx} по формулі 5 варто враховувати заданий кут γ .



а) **б)**

Рис. 1. Визначення миттєвого центра обертання плуга:

а) у поздовжньо-вертикальній площині π 1; б) поздовжньо – горизонтальній площині

Сили Q і R_4 визначимо наступним чином. Продовжимо на схемі плуга лінії дії сил Q і R_3 (рис. 2.) Вони перетинаються в точці 4. Точка 4 - точка прикладання рівнодіючої R_4. Плуг у поздовжньо-вертикальній площині знаходиться в рівновазі, якщо R_4 проходить не тільки через точку 4, але і через миттєвий центр обертання р 1. По лінії р 1-4 діє на плуг і сила тяги P_{zx}. Вона по величині дорівнює R_4. Проведемо у багатокутнику сил через початок вектора G лінію, паралельну лінії р -4, а з кінця вектора R_d - лінію, відхилену від вертикалі на кут m. Точка перетину цих ліній визначає кінець вектора Q і кінець вектора R_4.

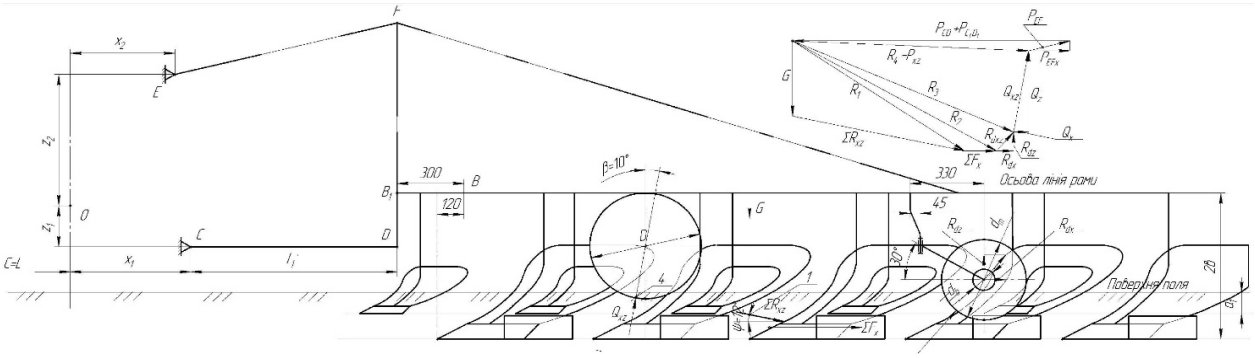


Рис. 2. Схема плуга у поздовжньо-вертикальній площині

З багатокутника сил видно, що величина сили Q залежить від нахилу сили P_4 до горизонту. Нахил сили залежить від положення точки р 1 відносно плуга. Якщо змістити точку верхньої тяги механізму навіски трактора (рис. 3.) вниз, то точка р 2 наблизиться до плуга. Нахил при цьому сили P_4 збільшиться, а реакція Q зменшиться.

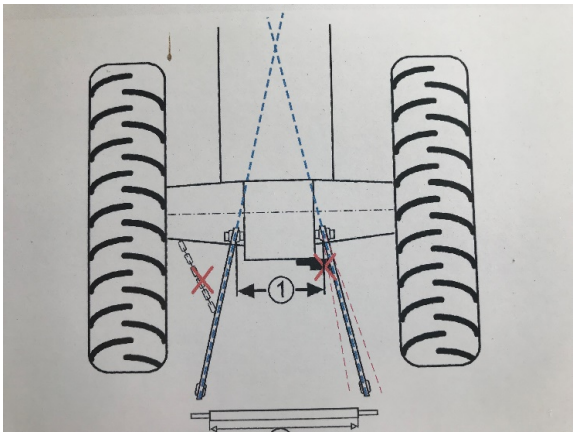


Рис. 3. Механізм навіски трактора

Перерозподілиться при цьому і вертикальне навантаження рушіїв трактора на ґрунт. Деякі колісні трактори обладнані механічними довантажувачами ведучих коліс, тобто пристроєм, що дозволяє переміщати точку верхньої тяги механізму навіски трактора у вертикальному напрямку. При переміщенні її вниз задні колеса трактора довантажуються, а передні розвантажуються, що дозволяє знизити буксування коліс.

Список використаних джерел

1. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку.: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
2. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи конструкція, проектування: Підручник для студентів вищих навчальних закладів із спеціальності «Машини та обладнання с.г. виробництва» (За ред. М.Г. Черновола). – Кн.1. К.: Урожай, 2001.-384с.

40. Заєць М. Л. Рожок М. В., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРИСТРОЮ СИСТЕМИ ПОДРІБНЕННЯ СОЛОМИ

З метою визначення якісних показників роботи подавача соломи, необхідно визначити його подачу та пропускну здатність. Теоретичне значення величини подачі соломи пристроєм барабанного типу знайдемо за формулою:[1]

$$Q = \frac{1}{60} F \lambda_p n w \tau \text{ , кг/с} \quad (1)$$

де F - площа поперечного перерізу вигину подавача, м2;

$l_р$– довжина валу ротора -подавача, м;

n – кількість виступів;

n – частота обертання вала, 1/с;

ρ– густина матеріалу,що подрібнюється, кг/м^3.

Кількість виступів подавача визначимо з умови найліпшого робочого ефекту приймемо n=4.

Тоді діаметр ротора-подавача становитиме:

$$d = \frac{V \cdot \Delta t \cdot n_1}{\pi}, \quad (2)$$

де V - теоретична колова швидкість подавача ($V = 28...32$ м/с);[7]

Δt - час між циклами двох суміжних виступів ($\Delta t = 0,0045...0,0075$ с)[3].

Визначимо довжину подавача $l_б$, у співвідношенні до секундної подачі стеблової маси q_0, кількості виступів n_1 і допустимої подачі $q_{\text{¢}}$ на 1 м довжини подавача буде становити:

$$l_б = \frac{q_{\text{¢}}}{q_0 \cdot n_1}. \quad (3)$$

Якщо вологість стеблової маси стандартна 14...18 % та коефіцієнт соломистості 0,6 то $q_{\text{¢}} = 0.25...0.35$ кг/(с·м). За зростання вологості на 5 % величина $q_{\text{¢}}$ зменшується на 10...15%.

Визначимо довжину ротора - подрібнювача за формулою:[3]

$$l_ш = \left(\frac{z}{k} - 1\right) \cdot a, \quad (4)$$

де z - кількість ножів на роторі;

$k = 2,3,4,5$ - кількість заходів основного гвинта (при зростанні пропускної здатності молотарки обирати більше значення);

a - відстань між ножами ротора-подрібнювача ($a = 28...32$ мм).[2]

Величину z встановимо взалежності від пропускної здатності подавача q_0 і допустимої подачі стеблової маси на один ніж $q_{ш\text{¢}}$

$$z = \frac{q_{ш\text{¢}}}{q_0}, \quad (5)$$

де $q_{ш\text{¢}} = 0.025...0.035$ кг за нормальних умов застосування машини;

Розраховуючи довжину деки скористаємось слідуючими міркуваннями: при збільшенні робочої довжини деки ефективність подрібнення підвищується, ступінь подрібнення зростає. Що дає можливість розвантажити подавач соломи, зменшити завантаження ротору МСС і зниження витрат механічної енергії на привод системи. Тоді приймемо стандартну довжину деки 800...900 мм , що дозволить на 25...35 % створити запас пропускної здатності подрібнюючого пристрою, з метою уникнути його забивання.

Загальна маса стеблового матеріалу, що подається до ротора подавачем соломи (рис. 1.) визначимо за формулою:[2]

$$F = r^2 \left(\frac{\pi\varphi}{180^0} - \sin\varphi\right), \quad (6)$$

де φ - кут між виступами лопать, φ = 135^0;

r - радіус ротора-подавача пристрою, м.

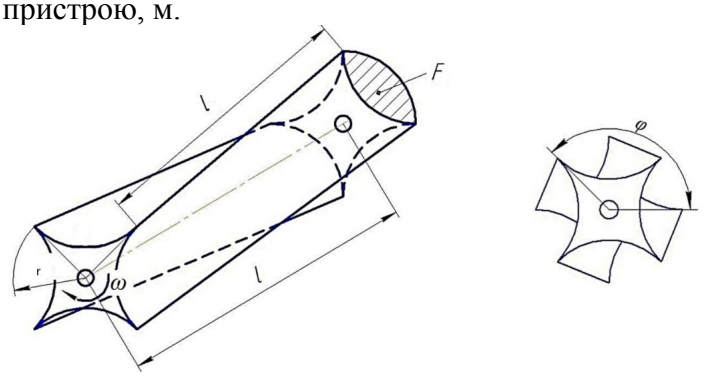


Рис. 1. Розрахункова схема визначення подачі ротора-подавача

Підставивши отриману модель формулу (1) (5), отримаємо вираз для визначення пропускної здатності ротора-подавача:

$$q_p = \frac{1}{60} l \omega^2 \left(\frac{\varphi}{180} - \sin\varphi \right) z n r k_v k_y, \qquad (7)$$

де k_V - коефіцієнт наповнення камери подавача, становить, $k_V = 0{,}99$;[9]
k_y - коефіцієнт ущільнення подрібнювального матеріалу, залежить від виду стеблового матеріалу, k_y = 1,5...2[9].

Побудуємо графічні залежності пропускної здатності пристрою q_p від частоти обертання ротора-подавача **n,** що отримано з моделі (7).(рис. 2.)

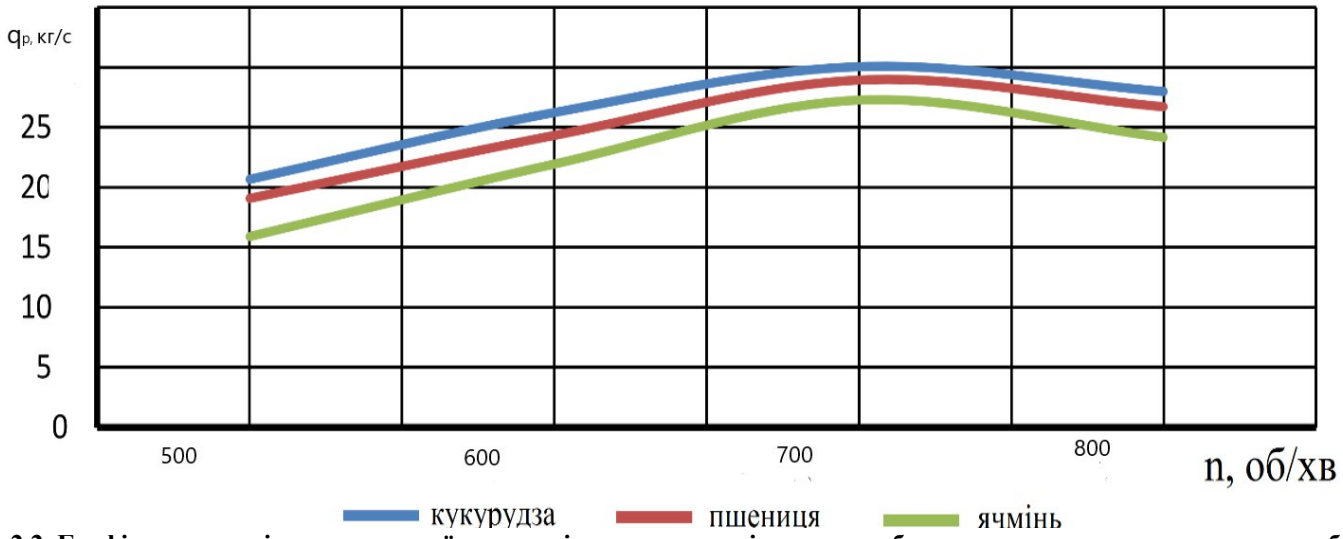


Рис. 2.2. Графічна залежність пропускної здатності пристрою q_p від частоти обертання ротора-подавача n для стебл кукурудзи, озимої пшениці та ярого ячменю

Отримана математична модель, що враховує потужність двигуна зернозбиральної машини N, момент інерції ротора J та подачу стеблової маси q_0, тобто отримане рівняння можна назвати основним рівнянням подрібнювача соломи ротаційно-ножового типу. Отримано рівняння подрібнювача соломи, яке описує режими його роботи, в залежності від пропускної здатності та витрат механічної енергії.

Встановлено графічні залежності пропускної здатності пристрою q_p від частоти обертання ротора-подавача n**,** на підставі отриманої моделі (7).

Список використаних джерел

1. Комаристов В.Ю., Дунай М.Ф. Сільськогосподарські машини. К.: Вища школа, 1987. 248с.
2. Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин. К., 2003. 203 с.
3. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. К.: Урожай, 2002. 364 с.

41. Заєць М. Л. Опанасюк І. О., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ОБГРУНТУВАННЯ БУДОВИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗРАЗКА НАВІСНОЇ 3-Х РЯДНОЇ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

З метою підвищити ефективність збирання цукрових буряків у фермерських господарствах запропонована нова конструкція навісної коренезбиральної машини (рис. 1), яка складається з рами 2, на якій закріплені опорно-копіюючі колеса 3 і лапи 9 для піднімання гички, викопуючі лемішів коренеплодів 1, а віброкопач 13 коренеплодів за допомогою важелів з сайлент-блоками 12 приєднаний до стінки леміша на рамі 2. В підшипникових опорах встановлені привідні вали 4 з ножами 7 для високого зрізання гички і очисники 10 головок коренеплодів з каркасом 11.

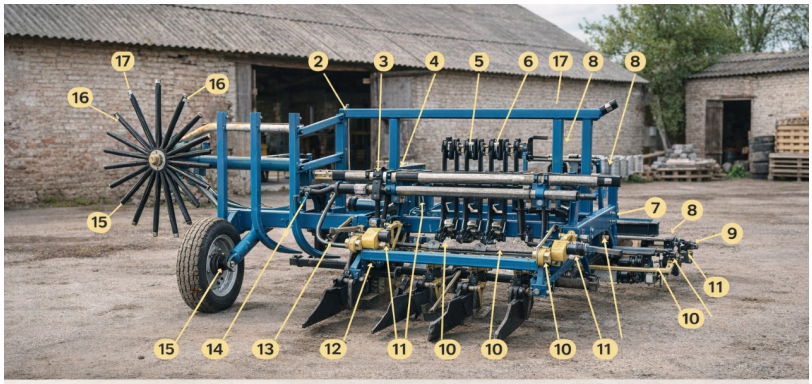


Рис. 1. Нова конструкція навісної коренезбиральної машини

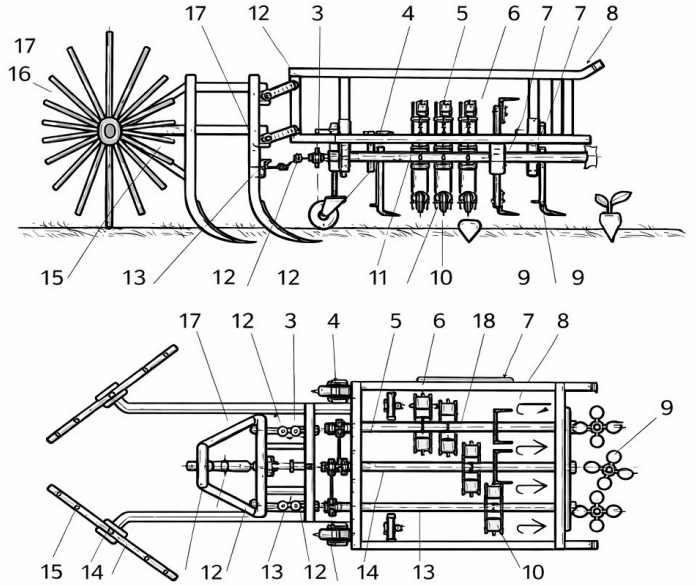


Рис. 2. Схема машини коренезбирально начіпної

Підвищення жорсткості машини досягається декількома шляхами. Перший - розміщення викопуючих лемішів 1 не на одній лінії, а у вигляді трикутника, де середній леміш в порівнянні з крайніми зміщений в кінець машини на довжину корпуса. Кріплення середнього леміша до рами 2 здійснюється системою тяг і кронштейнів.

Другий шлях (рис. 2.)- введено дві копіюючі лапи 5, які розміщені на поперечній рамі і копіюють міжряддя центрального рядка зануренням їх у землю, крім цього вони висунуті відносно викопуючих лемішів 1 на довжину 1-2 корпуса і кріпляться до поперечної рами.

Третій шлях - привід бичів 10 і ріжучих ножів 7 встановлено позаду машини за поперечною рамою.

Покращення якості роботи машини здійснюється встановленням в задній частині рами 2 машини з двох сторін згортаючих щіток 14 на осях 15 під кутом до напрямку руху машини і до горизонту. Вони забезпечують формування потоку коренеплодів з трьох рядків в один з додатковою їх доочисткою.[2,3]

Прутковий ротор 14 складаються з маточини 16 з центральним отвором. По периферії маточини рівномірно по колу кріпляться прутки 17, які виготовлені з круглого прокату 10-12 мм. Діаметр ротора 500 - 800 мм, провертання навколо осі 15 здійснюється за рахунок контакту зовнішніх діаметрів прутків 17 з землею і одночасного згортання коренеплодів в один рядок з їх доочисткою.

Технологічний процес роботи машини відбувається наступним чином. Машина вводиться у міжряддя і за допомогою гідравліки опускається на опорно-копіюючі колеса 2 з введенням в грунт лемішів 1 на відповідну глибину для викопування коренеплодів.

Лапи 9 для піднімання гички виставляють на висоту 6-10 см. над ножами 7 за умови піднімання полеглої гички і якісного її зрізання. Після виконання комплексу регулювально-налагоджувальних робіт необхідно переконатися у забезпеченні леміша коливним рухом від системи вібраційного збудження, яка функціонує від валу відбору потужності тягача.

Пересвідчившись в готовності машини до роботи приступають до копання цукрових буряків.

При поступальному русі трактора вібруючі лемішів під кутом проходять під рядками коренеплодів з глибиною викопування і піднімають підрізаний пласт ґрунту заданої ширини разом з коренеплодами на поверхню.

В процесі просування відрізаного пласту ґрунту разом з коренебульбоплодам й по вібруючій поверхні викопуючого лемішу проходить відділення ґрунту від поверхні коренебульбоплодам, що значно зменшує зусилля викопування і покращує якість очищення.

В процесі викопування коренеплодів замірялося тягове зусилля в двох випадках: перший - лемішу надавали вібраційні коливання і заміряли тягове зусилля і другий - лемішів здійснювали процес викопування без вібрацій. При цьому тягове зусилля коренезбиральної машини з вібраційними лемішами складає в 1,8 – 2.6 рази менше ніж без вібрацій. Інші технічні дані трьохрядної навісної коренезбиральної машини: продуктивність 0,5 га за год; робоча швидкість 4-5 км/год.; маса машина - 660 кг; агрегатується з тракторами класу тяги 14-20 кН.[3]

В процесі досліджень встановлено, що запропонована машина забезпечує необхідну якість і продуктивність, а пошкодження коренеплодів є в допустимих межах, згідно державного стандарту України. [4]

Список використаних джерел

1. Кондратьєв, В.І. Машини для збирання коренеплодів. Київ: Урожай, 2010. 256 с.
2. Петров, С.Г. Конструкція та експлуатація коренезбиральних машин. Львів: ЛНАУ, 2012. 198 с.
3. Шевченко, І.І., Кравченко, Ю.О. Модернізація навісних трирядних комбайнів для коренеплодів // Аграрна інженерія. 2020. Т. 15, №2. С. 34–42.
4. ДСТУ Б В.2.7-40:2008. Машини сільськогосподарські. Методи випробування ефективності та безпеки. Київ, 2008.

42. Заєць М. Л. Шамшур О. І., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОЛОТАРКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Хлібна маса з приведеним співвідношенням зерна до соломи 1:1,5 подається транспортером у молотарку з пропускною здатністю 7 кг/с. Далі вона надходить на першу деку, де відбувається виділення зерна. Наступний етап — обмолот у другій деці. Після виходу з деки на соломотряс здійснюється остаточне виділення зерна із соломи. Нижче наведено схему розподілу подачі (рис. 1.).

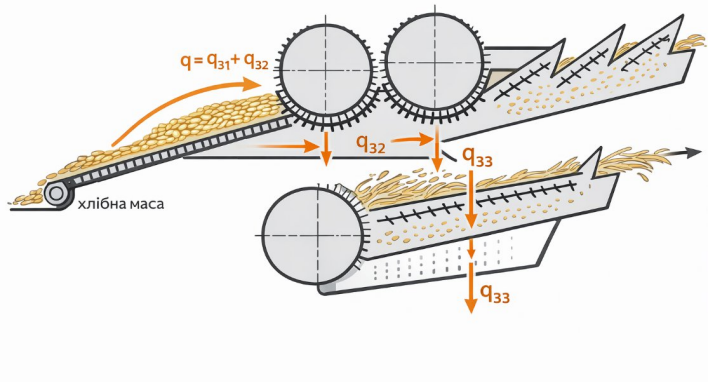


Рис. 1. Технологічна схема подачі зерна в молотарці комбайна.

Відомо, що за співвідношення зерна до соломи 1:1,5 пропускна здатність комбайна становить q = 7 кг/с.

Визначимо подачу зерна до молотильно-сепарувального пристрою [1]:

$$q_з = q \cdot \lambda \quad (1)$$

де λ - коефіцієнт вмісту зерна в соломі, λ=0,4

Отже,

$$q_з = 7 \cdot 0,4 = 2,8 \text{ кг/с}$$

Подача соломи:

$$q_c = q - q_з \quad (2)$$

$$q_c = 7 - 2,8 = 4,2 \text{ кг/с}$$

Визначимо подачу обмолочуваної маси з першої деки на другу. Для цього скористаємося даними випробувань, проведених інженером Фадєєвим В.С. [1].

Відповідно до рисунка 22, за пропускної здатності 7 кг/с ступінь сепарації становить 80 % при частоті обертання 1200 хв$^{-1}$ і 74 % при 1050 хв$^{-1}$ [1].

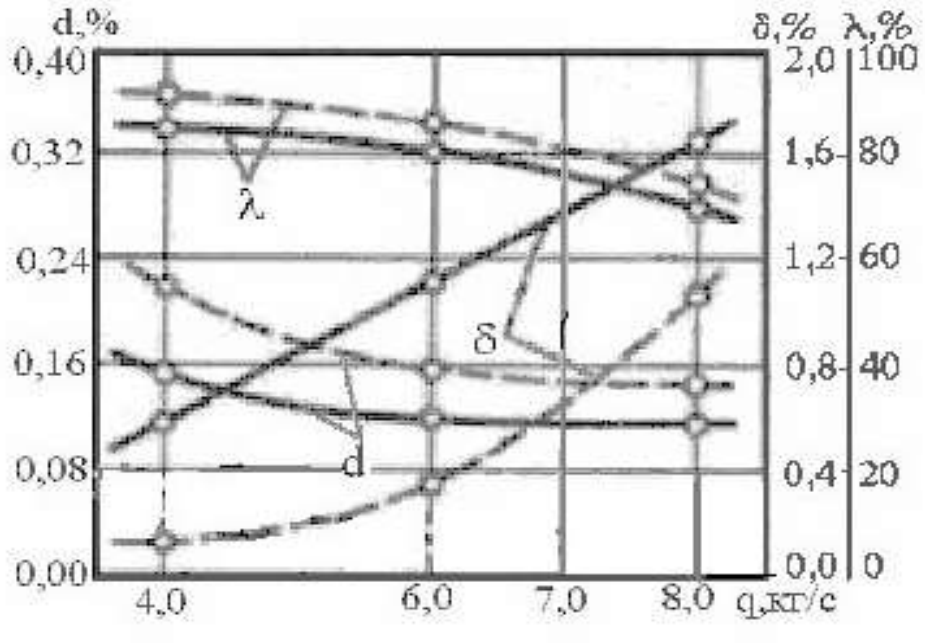


Рис. 2. Зміна якісних показників процесу обмолоту в залежності від величини порції хлібної маси в даному молотильному апараті

d – недомолот, d – дроблення, l – сепарація (штрихова лінія – 1200 хв$^{-1}$, суцільна лінія-1050 хв$^{-1}$)

Тоді вимолот зерна першої декади при фазах обмолоту 1200 хв$^{-1}$ ($q'_{з1}$) та 1050 хв$^{-1}$ ($q''_{з1}$) буде відповідно:

$$q_{31} = q_з \cdot 80 / 100 \text{ кг/с} \quad ; \quad q''_{31} = q''_з \cdot 74 / 100 \text{ кг/с} \quad (3)$$

$$q'_{31} = 2,82 \cdot 80 / 100 = 2,24 \text{ кг/с} \quad ; \quad q''_{31} = 2,82 \cdot 74 / 100 = 2,072 \text{ кг/с}$$

Основні параметри бильного молотильного апарата – діаметр, довжина, число бил і колова швидкість барабана, розмір деки.

Діаметр і довжина барабана. Відзначимо, що при виборі цих параметрів враховуються умови розміщення необхідної кількості бичів, забезпечення потрібного моменту інерції та зменшення можливості намотування стебел.

Пропускна здатність бильного молотильного апарата пропорційна загальній довжині бичів l і визначається величиною допустимої подачі на одиницю довжини бича q0q_0q0. Для характерної для кліматичної зони країни соломистості хлібної маси допустима величина q0=0,2…0,7q_0 = 0,2…0,7q0=0,2…0,7 кг/с хлібної маси. [2]

Так, для молотильного апарата з пропускною здатністю q=7q = 7q=7 кг/с хлібної маси загальна довжина бичів буде рівна:

$$l\text{max}=\frac{q}{q_{o\,min}} \tag{4}$$

$$l_{max}=\frac{7}{0.2}=35\text{ м}$$

$$l\text{min}=\frac{q}{q_{omam}} \tag{5}$$

$$l_{min}=\frac{7}{0.7}=10\text{ м}$$

$$l\text{ср}=\frac{q}{q_{occ}} \tag{6}$$

$$l_{ср}=\frac{7}{0.45}=15\text{ м}$$

Тоді кількість бил визначимо по формулі:

$$i \bullet l\text{min}/L \tag{7}$$

$$i=10/1,2=8,33\text{ шт.}$$

Число бил встановлюється з умов створення найкращого робочого ефекту обмолочування і приймається парним (i = 6…10). Ураховуючи цю умову та розрахунок, приймаємо i = 8 шт.

Отже, знайдемо діаметр барабана:

$$D=\text{[illegible]}\cdot t\cdot i/\text{[illegible]} \tag{8}$$

де [illegible] - розрахункова колова швидкість барабана, 28-32 м/с

[illegible]t- проміжок часу між ударами двох суміжних бил ([illegible]t=0,0045-0,0075 с)

$$D=31\bullet 0,007\text{-}8/3,14=0,552,\text{ м} =552\text{ мм}$$

Приймемо D =550 мм. Оскільки молотарка двобарабанна тоді D1=D2=550мм

Знаючи колова швидкість і діаметр барабана знайдемо його частоту обертання:

$$n=60\text{[illegible]}D \tag{9}$$

$$n=60\cdot 31/3,14\cdot 0,55=1076\text{ хв}^{-1}$$

Підбарабання. Розглянемо параметри першої деки: Плоска секція довжиною 120 мм підведена уступом до криволінійної секції з кутом охоплення 75°. Загальний кут охоплення секціями серійного підбарабання становить αD = 90°.[1]

Розглянемо параметри другої деки: Кут охоплення деки барабана αD = 105°…150° і залежить не тільки від необхідної довжини деки, але й від того, під яким напрямком повинен виходити грубий ворох із молотильного апарата (зазвичай він піддається впливу відбійного битера).

Приймаємо $\alpha_D = 127°$.[3]

Список використаних джерел

1. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. Підручник. 2-е вид. – К: Каравела, 2008.- 552с.
2. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку.: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
3. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи конструкція, проектування: Підручник для студентів вищих навчальних закладів із спеціальності «Машини та обладнання с.г. виробництва» (За ред. М.Г. Черновола). – Кн.1. К.: Урожай, 2001.-384с.

43. Заєць М. Л. Шевчук Д. С., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ КОРЧУВАЧА ТА РОЗРАХУНОК ЙОГО ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ

Мета роботи: Визначити оптимальну конструктивну схему корчувача для обробки конкретного виду сільськогосподарських культур та виконати розрахунок його основних параметрів для забезпечення ефективної роботи.

Вибір конструктивної схеми:

- Визначають тип корчувача: роторний, дисковий, пневматичний тощо.
- Беруть до уваги умови роботи: тип ґрунту, щільність рослинної маси, розмір кореневої системи.
- Оцінюють матеріали та форми робочих органів для мінімізації поломок і підвищення продуктивності.
- Вибір схеми визначає положення робочих органів, напрямок переміщення рослинної маси та взаємодію з трактором або іншим тяговим агрегатом.

Основні параметри для розрахунку:

Продуктивність (Q, кг/с або т/год) – залежить від швидкості руху агрегату та ширини захвату:[1]

$$Q = B \cdot v \cdot \rho, \quad (1)$$

де B – ширина захвату,

v – швидкість руху,

ρ – щільність рослинної маси.

Потужність робочого органа (P, кВт) – для подолання опору ґрунту та рослин:

$$P = F \cdot vP, \quad (2)$$

де F – сила опору,

v – швидкість руху.

Геометричні параметри робочих органів: довжина, діаметр, кут нахилу, відстань між елементами. Оцінка ефективності: Мінімізація втрат рослинної маси. Зменшення забивання та зношування робочих органів. Забезпечення стабільної роботи на різних типах ґрунту.

Нами пропонується розробити навісне корчувальне обладнання на серійний трактор ХТЗ-150К-09 з реверсним постом керування (рис. 1.).

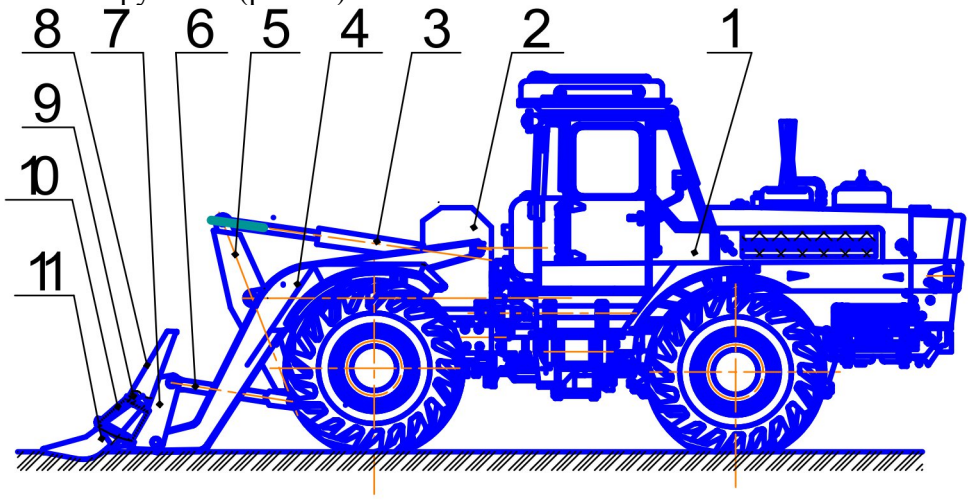


Рис. 1. Конструкція пропонованого корчувача

Запропонована конструкція корчувача складається з таких основних елементів:

1. Колісний трактор ХТЗ-150К-09-1**;**

2. Портал;
3. Гідроциліндр повороту корчувача;
4. Стріла;
5. Коромисло;
6. Тяга;
7. Бічні пластини кріплення корчувача до тяг і стріли;
8. Відбійний лист;
9. Клини для кріплення зуба;
10. Коробчаста балка;
11. Зуб корчувача.

Примітка: гідроциліндр підйому стріли на схемі не позначений.

Корчування деревини здійснювали з одночасним прикладанням вертикального зусилля гідроциліндрів і горизонтального напірного зусилля трактора. Якщо пень не викорчовувався відразу, то поперемінно виключали і включали муфту зчеплення. Одночасно піднімали робочий орган гідроциліндрами. Операцію повторювали (1-8 разів) до повного корчування пнів. В окремих випадках число вмикань-вимикань муфти і гідроциліндрів доходило до 16. У важких випадках підхід до пнів здійснювався з іншої сторони. Іноді додатково підрізали корінь.

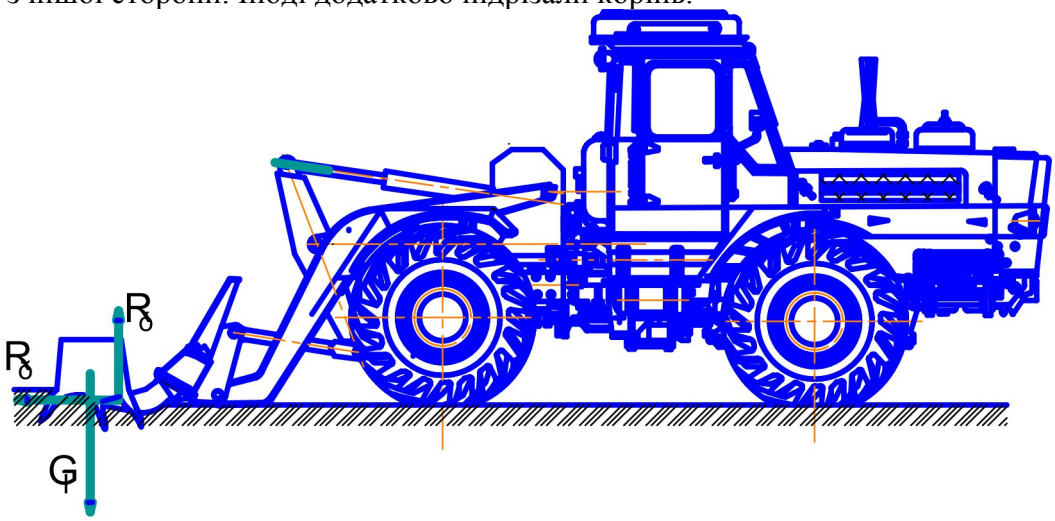


Рис. 2 Розрахункова схема при визначенні зусилля екстракції

Було встановлено, що тривалість роботи муфти зчеплення і гідроциліндрів при такій технології корчування становить 0,7 - 1,5 с, а час між включеннями 0,8 - 1,5 с. У такий спосіб машина працює імпульсами, розгойдуючи пеньок до повного його викорчовування.

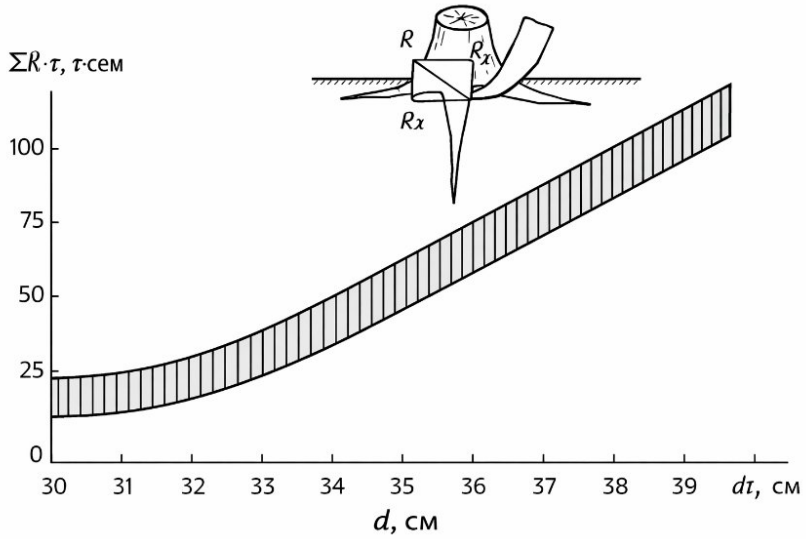


Рис. 3. Залежність сумарного імпульсу сили корчування $\sum Rt$ від діаметра d соснового пня річної давнини рубання

За результатами досліджень установлена графічна залежність сумарного імпульсу сили корчувача від діаметра пня (рис. 3.) [2].

$$\sum R_x = \sum \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (3)$$

По цій залежності можна визначити енергетичні витрати, необхідні для корчування пня корчувачем звичайної конструкції (з неповоротними зубами).

Приймаючи максимальне число включень муфти n = 16, тривалість роботи муфти зчеплення і гідроциліндрів $t_{м.сц.}$ = 0,7 - 1,5 с, а час між включеннями $t_{вк.}$ = 0,8 - 1,5 с. маємо тривалість корчування пня діаметром 400 мм.

Висновок: Правильний вибір конструктивної схеми та точний розрахунок параметрів забезпечують максимальну продуктивність корчувача, економію енергії та зменшення втрат при обробці культур.

Список використаних джерел

1. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві В.Ю. Ільченко, І. П. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. - К.: Урожай, 1993.-288 с.

2. Булигін С.Ю., Бураков В.І. Проектування ґрунтозахисних та меліоративних заходів в агроландшафтах. - К.: Національний аграрний університет, 2004.-114 с.

44. Сімаков О.О. Вінницький національний аграрний університет м. Вінниця, Україна.

ФРАКЦІОНУВАННЯ СУХОЇ ЛЮЦЕРНИ ЯК НАПРЯМ УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИН ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОПОЖИВНИХ КОРМІВ

Вступ. У структурі собівартості продукції тваринництва витрати на корми становлять до 70–80 %, що зумовлює необхідність підвищення їх поживної цінності та зменшення питомих витрат на одиницю продукції. Дефіцит протеїну в раціонах сільськогосподарських тварин призводить до перевитрат кормових ресурсів і зниження ефективності виробництва. Одним із перспективних резервів підвищення білкової забезпеченості є раціональне використання листостеблової маси багаторічних трав, зокрема люцерни [1].

Біохімічна неоднорідність люцерни обумовлює суттєві відмінності між листям і стеблами: за масою рослина містить близько 50 % листя та 50 % стебел, при цьому вміст сирого протеїну в листі становить 24–32 %, тоді як у стеблах — 10–16 %. Листова фракція характеризується підвищеним умістом каротину та мінеральних речовин і зниженим умістом клітковини [1]. За традиційних технологій виробництва трав'яного або сінного борошна висушується і подрібнюється вся маса без урахування цієї диференціації, що знижує загальну ефективність процесу та потребує значних енерговитрат [2].

У зв'язку з цим фракціонування сухої люцерни на листову та стеблову складові розглядається як технологічний напрям удосконалення машин для виробництва високопоживних кормів [1].

Метою дослідження є обґрунтування доцільності фракціонування сухої люцерни як технологічної основи створення та вдосконалення машин для виробництва високопоживних кормових компонентів.

Основні результати дослідження. Аналіз морфологічної та біохімічної структури сухої люцерни свідчить про принципову неоднорідність її вегетативної маси. За масовою часткою нативна рослина містить близько 50 % листя і 50 % стебел, однак ці частини суттєво різняться за вмістом протеїну, мінеральних речовин та каротину, що визначає різну кормову цінність фракцій [1].

За узагальненими даними (табл. 1), уміст сирого протеїну в листі люцерни становить 24–32 %, тоді як у стеблах – лише 10–16 %. Подібна тенденція характерна і для конюшини (25–30 % у листі, 9-15 % у стеблах). Вміст каротину в листі люцерни сягає 400-700 мг/кг, що у 8-10 разів перевищує його концентрацію у стеблах (40-70 мг/кг). Крім того, листова фракція характеризується підвищеним умістом мінеральних речовин (10-16 %, стебла – 5–8 %) [1].

Таблиця 1 – Уміст сирого протеїну, мінеральних речовин і каротину у листі і стеблах рослин (у сухій речовині)

Рослини	Листя			Стебла		
	Сирий протеїн, %	Мінеральні речовини, %	Каротин, мг/кг	Сирий протеїн, %	Мінеральні речовини, %	Каротин, мг/кг
Конюшина	25–30	13–15	400–600	9–15	5–7	30–50
Люцерна	24–32	10–16	400–700	10–16	5–8	40–70

З наведених даних випливає, що листова фракція є концентрованим джерелом протеїну та біологічно активних речовин, тоді як стеблова частина має підвищений уміст клітковини та меншу кормову цінність для моногастричних тварин і молодняку ВРХ. При традиційному згодовуванні сіна або виробництві трав'яного борошна обидві складові використовуються сумарно, що знижує питому концентрацію поживних компонентів у кінцевому продукті.

Додатковим фактором, що обґрунтовує доцільність фракціонування, є різна кінетика висихання листя і стебел. Листя, маючи меншу товщину та більшу питому поверхню, висихає швидше, тоді як стебла потребують тривалішого теплового впливу. За умов високотемпературного сушіння це призводить до пересушування листової частини, часткової деструкції каротиноїдів та втрат протеїну. Таким чином, традиційні технології не враховують фізико-механічні та теплофізичні відмінності структурних елементів рослини.

Механічне фракціонування сухої люцерни дозволяє реалізувати селективне відокремлення листя від стебел після сушіння при помірних температурах [1, 3]. Отримана листова фракція може бути використана як високобілкова добавка при формуванні збалансованих комбікормів, білково-вітамінних концентратів або гранульованих кормів. Стеблова фракція, завдяки високому вмісту клітковини, доцільна для годівлі жуйних тварин або як сировина для біоенергетичних і технічних потреб.

З інженерної точки зору фракціонування формує нові вимоги до машин і технологічних ліній виробництва кормів. Робочі органи обладнання повинні забезпечувати:

- селективне руйнування механічних зв'язків між листям і стеблами;
- мінімізацію подрібнення листової фракції до пилоподібного стану;
- регульований режим впливу (ударний, тертєвий або відцентровий);
- можливість керування ступенем розділення залежно від вологості та фізико-механічних властивостей сировини.

Таким чином, фракціонування сухої люцерни слід розглядати не лише як технологічну операцію, а як основу для розроблення спеціалізованих машин із керованим енергетичним впливом на рослинну масу. Це відкриває можливість створення ресурсозберігаючих технологій виробництва високопоживних кормів із підвищеною концентрацією протеїну та біологічно активних речовин [1, 4].

Висновки. Фракціонування сухої люцерни є науково та технологічно обґрунтованим напрямом підвищення ефективності виробництва високопоживних кормів, оскільки дозволяє цілеспрямовано виділяти листову фракцію з підвищеним умістом протеїну, каротину та мінеральних речовин і зниженим рівнем клітковини. Використання селективного механічного розділення після помірного сушіння забезпечує збереження поживних компонентів, зменшення енергетичних витрат і формування кормових продуктів із керованими характеристиками. Це створює інженерні передумови для розроблення спеціалізованих машин фракціонування, здатних підвищити рентабельність кормовиробництва та ефективність використання рослинної сировини.

Список використаних джерел

1. Сімаков О.О. Сучасний стан та перспективи розвитку технологічних підходів фракціонування листостеблової маси в кормовиробництві. Вібрації в техніці та технологіях. 2025. № 3 (118). С. 146-153. DOI: https://doi.org/10.37128/2306-8744-2025-3-17

2. Спірін А.В., Твердохліб І.В., Купчук І.М., Побережець Ю.М. Обґрунтування енергоефективних режимів процесу досушування продуктів фракційної переробки люцерни. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2021. № 2 (113). С. 142–151. DOI: https://doi.org/10.37128/2520-6168-2021-2-15

3. Domokos-Szabolcsy E., Elhawat N., Domingos G. J., Kovacs Z., Koroknai J., Bodo E., Fari M. G. Comparison of wet fractionation methods for processing green biomass. Foods. 2022. Vol. 11, No. 16. Art. 2418. DOI: https://doi.org/10.3390/foods11162418.

45. Лемзяков В.С., Кохан І.Р. Харківський автомобільно-дорожній фаховий коледж м. Харків, Україна.

ПРОГНОЗНИЙ ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС І ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ЯК ОСНОВА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Надійність транспортних засобів визначає безпеку руху, економічність перевезень і ефективність експлуатації рухомого складу. Сучасні транспортні системи переходять до обслуговування за технічним станом із використанням телеметрії та аналітики великих даних [1].

Практичну ефективність прогнозного технічного сервісу демонструють рішення від Volvo Group, де системи віддаленої діагностики дозволяють прогнозувати відмови вузлів до їх критичного прояву [2].

Інженерний менеджмент забезпечує системну інтеграцію технічного обслуговування, управління ризиками відмов і оптимізацію життєвого циклу транспортних машин. Методологічною основою виступає управління активами відповідно до стандартів International Organization for Standardization, що передбачає оцінювання ризиків і повної вартості життєвого циклу технічних систем [3].

Цифрові двійники дозволяють моделювати технічний стан агрегатів транспорту в режимі реального часу та прогнозувати їх деградацію [4].

Практичне застосування таких технологій реалізовано у транспортних рішеннях Siemens Mobility, де телеметричні дані використовуються для прогнозування ресурсу тягових систем та електрообладнання [5].

Для транспортних систем доцільно застосовувати інтегровані показники, а саме: середній пробіг до відмови, коефіцієнт технічної готовності, залишковий ресурс вузлів, індекс ризику безпеки експлуатації. Застосування прогнозних моделей надійності дозволяє підвищити точність планування сервісу та зменшити експлуатаційні витрати [1, 4].

Системи інтелектуальної діагностики забезпечують раннє виявлення дефектів і прогноз відмов агрегатів транспортних машин [4].

У практиці залізничного транспорту рішення Alstom із моніторингу технічного стану рухомого складу дозволяють зменшити кількість непланових відмов тягового обладнання [6].

Запропоновано інтегровану модель управління надійністю транспортних машин, що включає: телеметричний моніторинг технічного стану, прогнозну аналітику деградації вузлів, ризик-орієнтоване планування сервісу, цифровий паспорт транспортного засобу.

Очікувані результати впровадження: підвищення технічної готовності рухомого складу на 15–25%, зменшення витрат на експлуатацію до 30%, підвищення безпеки перевезень.

Розвиток електротранспорту зміщує акцент на надійність тягових батарей, які визначають до 40% вартості транспортного засобу. Основними механізмами деградації є: циклічне старіння електродів, температурна нерівномірність модулів, перевантаження під час швидкого заряджання.

Сучасні системи управління батареями (BMS) застосовують моделі прогнозування залишкового ресурсу на основі аналізу робочих профілів.

Практичним прикладом є алгоритми керування батареями електромобілів Tesla дозволяють дистанційно оцінювати деградацію акумуляторів і оптимізувати режими експлуатації на основі телеметричних даних. Запропонований напрям дослідження – створення адаптивної моделі прогнозування ресурсу батарей міського електротранспорту з урахуванням кліматичних умов і режимів маршруту.

Інтелектуальні транспортні системи та надійність рухомого складу. Інтеграція транспортних засобів у цифрову інфраструктуру міста формує новий рівень управління технічним станом: передавання діагностичних даних у хмарні центри, взаємодія транспорт–інфраструктура (V2I), автоматизоване планування технічного сервісу.

Практичним впровадженням є цифрові платформи управління транспортними системами, що використовуються у проєктах електробусів BYD, забезпечують централізований моніторинг технічного стану парку транспорту.

Ризик-орієнтована стратегія технічного обслуговування. Перспективним напрямом є перехід від планових регламентів до ризик-орієнтованого сервісу, що базується на ймовірності відмов і критичності вузлів. Запропоновано багаторівневу модель оцінювання ризику:

- технічний рівень — імовірність деградації вузла,
- експлуатаційний рівень — вплив відмови на безпеку руху,
- економічний рівень — витрати життєвого циклу.

Очікуваний ефект – оптимізація міжремонтних інтервалів без зниження безпеки.

Використання периферійних обчислень у діагностиці транспорту. Сучасні транспортні машини оснащуються вбудованими обчислювальними модулями, що виконують обробку діагностичних сигналів безпосередньо на борту. Переваги підходу: зменшення затримок у виявленні дефектів, автономність роботи системи діагностики, підвищення надійності в умовах нестабільного зв’язку. Запропоновано використання нейронних моделей класифікації вібраційних сигналів для оперативної оцінки стану підшипників і редукторів[4].

Сучасний технічний сервіс транспортних машин трансформується з регламентної системи обслуговування у інтелектуальну систему управління надійністю, що базується на цифрових технологіях, аналітиці даних і ризик-орієнтованому інженерному менеджменті.

Проведений аналіз підтверджує, що поєднання телеметричного моніторингу, цифрових двійників, інтелектуальної діагностики та управління життєвим циклом забезпечує принципово новий рівень експлуатації транспортних систем [4]. У транспортній галузі це проявляється у:

- переході до прогнозного технічного сервісу за фактичним станом агрегатів;
- підвищенні технічної готовності рухомого складу та безпеки перевезень;
- зменшенні експлуатаційних витрат завдяки оптимізації міжремонтних інтервалів;
- інтеграції транспортних засобів у цифрову інфраструктуру управління.

Особливу роль відіграє цифровізація технічного сервісу електротранспорту, де ключовими об’єктами управління стають тягові батареї, електроприводи та системи енергоменеджменту. Прогнозування деградації цих систем дозволяє не лише підвищити надійність, а й оптимізувати енергоспоживання транспортних засобів.

У перспективі розвиток інженерного менеджменту транспорту пов’язаний із впровадженням автономних систем діагностики, використанням штучного інтелекту для управління ресурсом машин і створенням єдиних цифрових платформ управління життєвим циклом рухомого складу.

Таким чином, інтеграція прогнозного технічного сервісу, цифрових технологій і системного інженерного менеджменту формує науково обґрунтовану модель забезпечення надійності транспортних машин, орієнтовану на безпечну, економічно ефективну та стійку експлуатацію транспортних систем у сучасних умовах розвитку інтелектуальної мобільності.

Список використаних джерел

1. Mobley R. K. An Introduction to Predictive Maintenance. 2nd ed. Burlington : Elsevier, 2020. 432 p.
2. Volvo Group. Remote Diagnostics and Predictive Maintenance Solutions : офіц. сайт. URL: https://www.volvogroup.com
3. International Organization for Standardization. ISO 55000:2014 Asset management — Overview, principles and terminology. Geneva : ISO, 2024.
4. Lee J., Bagheri B., Jin C. Introduction to Cyber Manufacturing // Manufacturing Letters. 2021. Vol. 8. P. 11–15.
5. Siemens Mobility. Digital Services for Rolling Stock : офіц. сайт. URL: https://www.mobility.siemens.com
6. Alstom. HealthHub Predictive Maintenance Platform : офіц. сайт. URL: https://www.alstom.com

46. Дацюк Д.А. Вінницький національний аграрний університет м. Вінниця, Україна.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ЧОТИРЬОХКОМПОНЕНТНОЇ ДВОФАЗНОЇ ПАЛИВНОЇ СУМІШІ В ДВИГУНІ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Теоретичні дослідження процесу горіння чотирьохкомпонентної двофазної паливної суміші є важливим етапом підвищення ефективності та екологічності сучасних двигунів внутрішнього згоряння. Використання багатокомпонентних палив дозволяє цілеспрямовано впливати на швидкість тепловиділення, характер поширення фронту полум’я, максимальні температури в камері згоряння та, відповідно, на індикаторні й ефективні показники двигуна. У випадку двофазної системи рідка фаза представлена трьома компонентами (наприклад, базовим вуглеводневим паливом, оксигеновмісною добавкою та функціональною присадкою), а газова фаза містить окисник та продукти часткового випаровування. Така структура зумовлює необхідність побудови узагальненої математичної моделі, що враховує масообмін, теплоперенос, кінетику хімічних реакцій та турбулентні ефекти[1, 2].

Математичний опис процесу базується на системі рівнянь збереження. Для кожного і-го компонента суміші рівняння неперервності записується у вигляді.

$$\frac{dp_i}{dt} + \nabla * \left(p_i v_i\right) = - R_i, \quad (1)$$

де:

p_i— густина компоненту;

v_i— швидкість руху;
R_i— швидкість хімічної реакції.

Дифузійний потік визначається законом Фіка:

$$J_i = -\rho D_i \nabla Y_i, \quad (2)$$

де D_i — коефіцієнт молекулярної дифузії.

Рівняння імпульсу для двофазної суміші може бути подане у формі Нав'є–Стокса:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \nabla\cdot(\rho v * v) = -\nabla p + \nabla\cdot\tau + \rho g, \quad (3)$$

де:

p — тиск;

τ — тензор в'язких напружень;

g — прискорення сили тяжіння.

Енергетичний баланс системи описується рівнянням

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \nabla\cdot(\rho h v) = \frac{\partial p}{\partial t} + \nabla\cdot(\lambda\nabla T) + \Sigma(\omega_i h_i), \quad (4)$$

де:

h — ентальпія суміші,

λ — коефіцієнт теплопровідності,

T — температура,

h_i — питомі ентальпії компонентів.

Доданок $\Sigma(\omega_i h_i)$ характеризує тепловиділення внаслідок хімічних реакцій.

Кінетика горіння описується узагальненим законом Арреніуса:

$$\omega = A \cdot T^n \cdot \exp(-E_a / RT) \cdot ПС_j\hat{}\nu_j, \quad (5)$$

де:

A — передекспоненційний множник,

E_a — енергія активації,

R — універсальна газова стала,

C_j — концентрація j-го реагенту,

ν_j — стехіометричний коефіцієнт.

Швидкість поширення полум'я S_l для ламінарного режиму може бути визначена як

$$S_l = \sqrt{\frac{2\alpha\omega}{\rho}}, \quad (6)$$

де α — коефіцієнт температуропровідності.
використовується співвідношення

$$St = Sl\left(\frac{1+u'}{Sl}\right), \quad (7)$$

де u' — середньоквадратична пульсаційна швидкість [3].

Розрахункове моделювання дозволило визначити вплив співвідношення компонентів на швидкість згоряння та максимальну температуру в камері згоряння.

Таблиця 1 – Розрахункові параметри процесу горіння

Співвідношення компонентів (%)	Швидкість згоряння S_t, м/с	Tmax,K	Середній індикаторний тиск, МПа
70/15/10/5	0,33	780	0,82
60/20/15/5	0,38	825	0,87
50/25/20/5	0,44	865	0,92
45/30/20/5	0,48	895	0,96

Отримані дані свідчать, що підвищення частки оксигеновмісного компонента та газової фази забезпечує інтенсифікацію процесу горіння та зростання середнього індикаторного тиску. Водночас перевищення оптимального температурного рівня призводить до зростання теплових втрат через стінки камери згоряння, що враховується у моделі через коефіцієнт тепловіддачі α_t та рівняння Ньютона–Ріхмана:

$$q = \alpha t\ (Tg - Tw), \quad (8)$$

де:

q — густина теплового потоку,

Tg — температура газів,

Tw — температура стінки [4].

Динаміка температури в процесі згоряння має характер швидкого зростання до максимуму у фазі активного тепловиділення з подальшим спадом у процесі розширення, що визначає тепловий баланс двигуна та його ефективний ККД. Як видно з рис. 1, максимальна температура досягається на 4–5 мс після початку горіння, що відповідає фазі інтенсивного тепловиділення та формування пікового тиску в циліндрі [5].

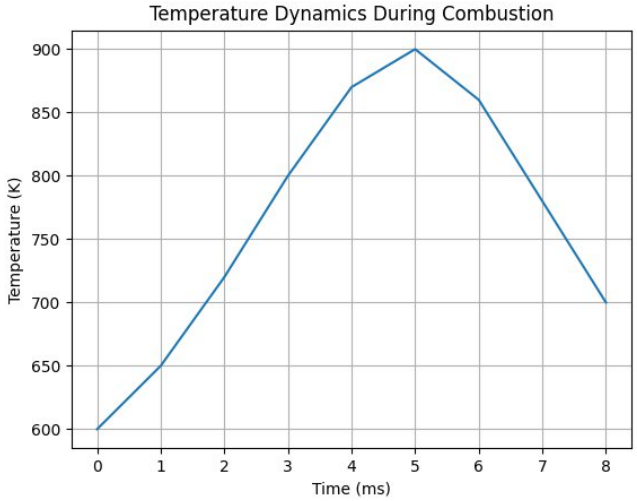


Рисунок 1 – Динаміка температури в камері згоряння чотирьохкомпонентної двофазної паливної суміші

Оптимізація складу чотирьохкомпонентної суміші дозволяє підвищити ефективну потужність двигуна на 5–7 % та знизити питому витрату палива на 4–6 % за збереження допустимих температурних меж [1,3].

Список використаних джерел

1. Гейвуд Дж. Б. Основи двигунів внутрішнього згоряння / Дж. Б. Гейвуд ; пер. з англ. Київ : Основи, 2018. – 912 с.

2. Тернс С. Р. Вступ до теорії горіння: концепції та застосування / С. Р. Тернс. Київ : Техніка, 2016. – 704 с.

3. Глассман І., Єттер Р., Глумак Н. Теорія горіння / І. Глассман, Р. Єттер, Н. Глумак. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 768 с.

4. Лав Ч. К. Фізика горіння / Ч. К. Лав. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 512 с.

5. Стоун Р. Двигуни внутрішнього згоряння: теорія та практика / Р. Стоун. – Київ : Політехніка, 2015. – 640 с.

6. Лефевр А. Горіння в газотурбінних установках / А. Лефевр, Д. Баллал. – Київ : Наукова думка, 2020. – 856 с.

47. Борецька Т.Ю. Вінницький національний аграрний університет м. Вінниця, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ У ЧОТИРЬОХКОМПОНЕНТНИХ ДВОФАЗНИХ СУМІШАХ ПІД ВИСОКИМ ТИСКОМ У БАГАТОКАНАЛЬНІЙ ФОРСУНЦІ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

У сучасних дизельних двигунах з безпосереднім впорскуванням, де робочий тиск у форсунці сягає 1800–2500 бар, чотирьохкомпонентна двофазна суміш зазнає складних і швидкоплинних фазових перетворень. Рідка фаза такої суміші складається з модельного дизельного палива (представленого n-додеканом $C_{12}H_{26}$), води, емульгатора (етанолу) та функціональної присадки (метанолу), тоді як газова фаза представлена повітрям або рециркуляційними вихлопними газами. Саме інтенсивні фазові переходи — випаровування, кипіння, кавітація та мікровибух крапель — визначають ефективність первинної атомізації, вторинного аеродинамічного роздроблення, просторової гомогенізації суміші та подальшого згоряння. Точне термодинамічне прогнозування цих процесів набуває критичного значення для цілеспрямованої оптимізації конструкції багатканальної форсунки, зокрема геометрії каналів, кутів завихрення та профілів сопел, що в кінцевому підсумку підвищує індикаторний ККД двигуна та знижує емісію токсичних компонентів [1,2].

Метою проведеного теоретичного дослідження є кількісна оцінка та порівняльний аналіз моделей пароріднної рівноваги (VLE — vapor-liquid equilibrium) для чотирьохкомпонентної системи в

умовах надвисокого тиску та динамічно змінної температури всередині об’єму форсунки. За базову розрахункову схему обрано модифіковане рівняння Антуана для тиску насичення чистих компонентів, доповнене поправкою Пойнтінга (Poynting correction), яка враховує стисливість рідкої фази та відхилення від ідеальної поведінки при P > 1000 бар. Такий підхід дозволяє уникнути суттєвих похибок, притаманних класичним ідеально-розчинним моделям, і забезпечує адекватний опис реальної термодинамічної поведінки системи в умовах, близьких до робочих параметрів сучасних common-rail систем.

Модель охоплює чотири реальні компоненти з достовірними термодинамічними константами: n-додекан як репрезентативну сполуку середньодистилятного дизельного палива, воду як дисперсну фазу емульсії, етанол як поверхнево-активний стабілізатор та метанол як функціональну присадку, що покращує згоряння та знижує сажоутворення. Для кожного компонента використано апробовані константи рівняння Антуана у формі ln(Psat, мм рт. ст.) = a − b / (T[°C] + 273,15 + c), а також табличні значення молярних об’ємів рідкої фази Vliq. Загальний тиск пари суміші обчислюється за рівнянням

$$Pcalc = \Sigma\,[xi \cdot Psati(T) \cdot exp(Vliq,i \cdot (\frac{P - Psati}{R \cdot T})], \qquad (1)$$

де xi — молярна частка, R = 83,14 бар·см³/(моль·К).

Параметричний аналіз виявив низку важливих закономірностей. При масовому вмісті води 15–25 % і тиску впорскування 2200 бар температура початку інтенсивного фазового переходу (умовна «точка мікровибуху») знижується на 80–140 К порівняно з чистим паливом. Додаткове зростання молярної частки емульгатора (етанолу) на 2–5 % призводить до подальшого зменшення тиску насичення системи на 12–18 %, що сприяє прискоренню вторинного розпилення та покращенню об’ємної рівномірності суміші в камері згоряння. Поправка Пойнтінга при P = 2000 бар забезпечує зростання розрахункового тиску пари на 8–22 % (залежно від температури), що є вирішальним для коректного визначення меж термодинамічної стабільності емульсії та прогнозування моменту початку кавітаційно-мікровибухових явищ у каналах форсунки [3].

Запропонована модель реалізована в середовищі Microsoft Excel з використанням VBA-макросів, що забезпечують автоматизований параметричний сканування, розв’язання зворотних задач (знаходження T при заданому P) та побудову фазових діаграм. Отримані залежності безпосередньо придатні для інженерного проектування геометричних параметрів багатканальної форсунки — кутів нахилу каналів, діаметрів сопел, ступеня завихрення та профілювання внутрішніх поверхонь, — з метою досягнення контрольованого, поетапного фазового переходу та максимальної гомогенності суміші безпосередньо перед запалюванням.

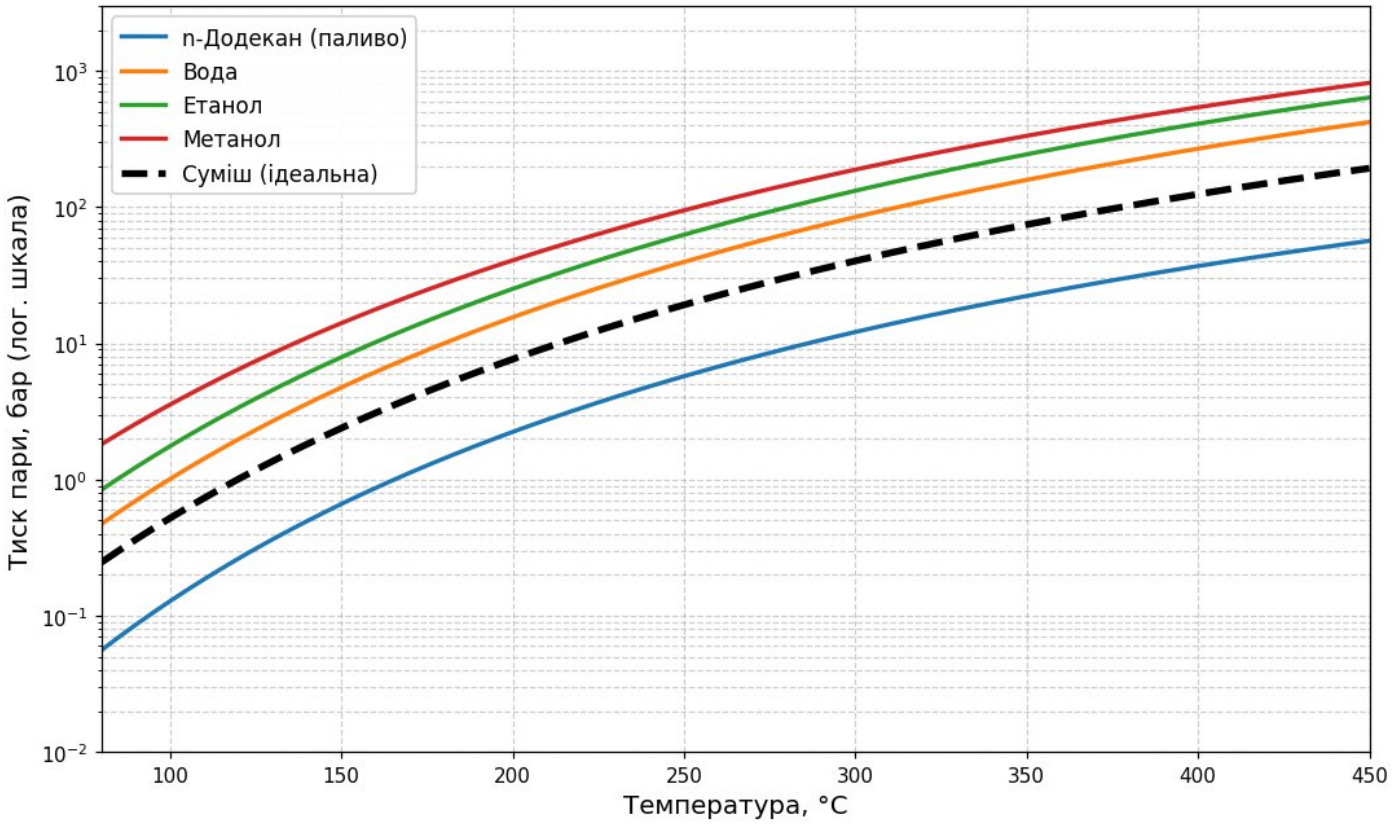


Рис. 1. P–T діаграма (криві тиску пари для суміші та окремих компонентів)

Особливе місце в аналізі посідає P–T діаграма, яка є фундаментальним інструментом для розуміння термодинамічної поведінки багатокомпонентної системи під високим тиском. На цій діаграмі температура відкладена по горизонтальній осі в градусах Цельсія, а тиск насиченої пари — по вертикальній осі в логарифмічній шкалі, що дозволяє однаково чітко візуалізувати як область низьких тисків, так і зону надкритичних значень [4]. Представлено п’ять кривих: чотири індивідуальні залежності для чистих компонентів (n-додекан, вода, етанол, метанол) та одна інтегральна крива суміші з молярним складом 70 % палива, 20 % води, 7 % етанолу та 3 % метанолу. Положення кривої суміші суттєво нижче кривої чистого n-додекану свідчить про виражене зниження температури початку активного випаровування та кипіння завдяки внеску низькокиплячих компонентів. Саме ця температурна різниця — від десятків до сотень градусів — лежить в основі механізму мікровибуху: швидке пароутворення води всередині краплі палива створює внутрішній тиск, що призводить до її фрагментації на субмікронні частинки, інтенсифікує змішування з окиснювачем і локально знижує пікову температуру згоряння, сприяючи зменшенню утворення оксидів азоту та сажі. Таким чином, P–T діаграма не лише ілюструє якісний ефект багатокомпонентності, а й слугує кількісною основою для подальшої оптимізації складу суміші та конструкції форсунки.

Список використаних джерел

1. Гунько І.В., Бурлака С.А. Багатокомпонентні біосумішеві системи живлення двигунів внутрішнього згорання : монографія. Вінниця: Твори, 2024. 213 с. URL: http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/38945.pdf
2. Бурлака С.А., Галущак О.О., Гуменюк Ю.В. Дослідження течії палива в розпилювачі форсунок при використанні спиртових добавок в емульгованих паливах. Вісник машинобудування та транспорту. 2020. № 1 (11). С. 18–27. DOI: https://doi.org/10.31649/2413-4503-2020-11-1-18-27
3. Burlaka S., Kupchuk I., Boretska T., Gontaruk Ya., Melnyk M. Optimizing the process of mixing diesel fuel and biofuel in a blade mixer to improve mixture quality. Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal. 2024. Vol. 27, № 3. P. 31–52. DOI: 10.33223/epj/189437
4. Galushchak O., Burlaka S., Kupchuk I., Bondarenko V., Gontaruk Y. Environmental indicators of the operation of a diesel generator on a mixture of biofuels. Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal. 2023. Vol. 26, № 4. P. 195–208. DOI: 10.33223/epj/170759

48. Бурлака С.А. Вінницький національний аграрний університет м. Вінниця, Україна.

ВПЛИВ СКЛАДУ ЧОТИРЬОХКОМПОНЕНТНОЇ ДВОФАЗНОЇ ПАЛИВНОЇ СУМІШІ НА ІНДИКАТОРНІ, ЕФЕКТИВНІ, ЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДВИГУНА

Сучасні вимоги до двигунів внутрішнього згоряння диктують необхідність одночасного покращення паливної економічності, зниження токсичних викидів і збереження прийнятних індикаторних характеристик при переході на альтернативні та гібридні паливні композиції. У зв’язку з цим проведено комплексне експериментальне дослідження впливу складу чотирьохкомпонентної двофазної паливної суміші (дизельне паливо + біодизель/біоетанол/стабілізована водно-паливна емульсія/функціональна присадка) на основні експлуатаційні показники газодизельного двигуна типу Д-243/Д-245 (або аналогічного) при роботі в широкому діапазоні навантажень.

Встановлено, що збільшення частки двофазного компонента (емульсії або біокомпонента) від 0 до 25–30 % призводить до нелінійної зміни ефективних і економічних характеристик. Показник індикаторного ККД (ηі) та ефективного ККД (ηе) спочатку знижується на 2–5 % через погіршення процесу згоряння в режимах низької та середньої навантаження (через вищу латентну теплоту випаровування та знижену цетанову кількість суміші). Однак при оптимальному складі (15–22 %) спостерігається часткове відновлення або навіть незначне перевищення базового рівня ККД за рахунок інтенсифікації змішування, мікровибухового характеру згоряння водяних крапель та зниження теплових втрат у стінки циліндра [1].

Питома ефективна витрата палива (be) зростає в середньому на 4–12 % залежно від режиму та складу суміші, що пояснюється зниженням нижчої теплоти згоряння композиції. Водночас перехід на газодизельний цикл з одночасним використанням чотирьохкомпонентної суміші дозволяє компенсувати частину цього зростання за рахунок заміщення до 40–55 % дизельного палива газовим компонентом (метан/пропан-бутан).

Найвиразніший позитивний ефект виявлено в екологічних показниках. Концентрація оксидів азоту (NOx) знижується на 28–52 % (залежно від навантаження та частки емульсії), що зумовлено

зниженням максимальної температури циклу та ефектом внутрішнього охолодження суміші. Вміст сажі (PM) зменшується на 45–78 %, завдяки дрібнодисперсному характеру згоряння та зменшенню утворення сажових прекурсорів у дифузійній фазі полум'я. Викиди монооксиду вуглецю (CO) та вуглеводнів (HC) демонструють помірне зростання (до 15–35 %) на часткових режимах, однак залишаються в межах норм Euro Stage V при правильному налаштуванні газової фази.

Наведений графік ілюструє типову залежність відносних змін ключових показників від частки другого (двофазного) компонента в суміші при номінальному режимі роботи двигуна.

Для ілюстрації впливу частки двофазного компонента (водно-паливної емульсії з біодизелем та присадкою) на основні характеристики двигуна побудовано залежності відносних змін (по відношенню до базового режиму на чистому дизельному паливі) ефективного ККД ($\eta e/\eta e_0$), питомої ефективної витрати палива (be/be_0), концентрації оксидів азоту (NOx / NOx_0) та сажі (PM/PM_0) у відсотках другого компонента в суміші від 0 до 30 % (рис.1).

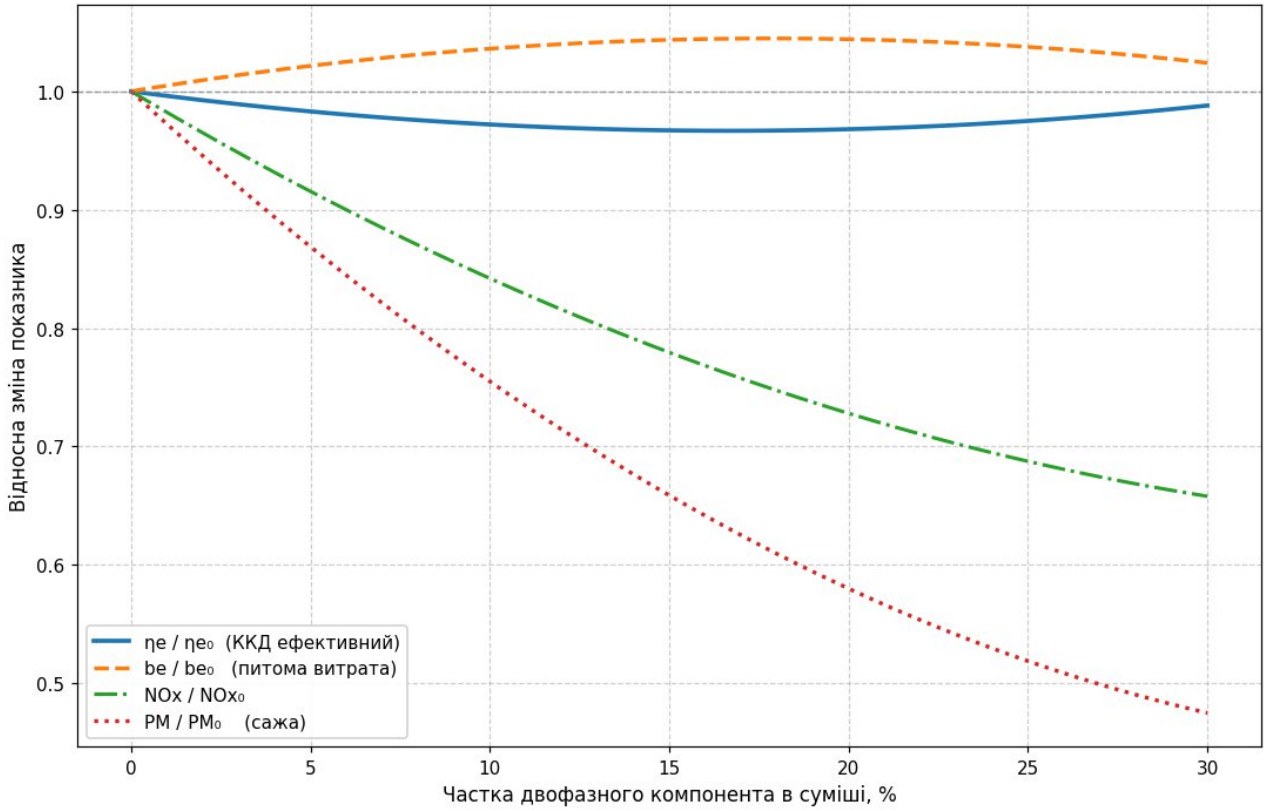


Рис. 1. Вплив складу чотирьохкомпонентної двофазної суміші на ключові показники двигуна

Аналіз кривих показує наявність мінімуму ефективного ККД в районі 12–18 % двофазного компонента, після чого спостерігається поступове відновлення завдяки посиленню ефекту мікровибуху водяних крапель, що покращує повноту згоряння та зменшує теплові втрати. Питома витрата палива досягає максимуму близько 18–22 % (приріст до +4,4 %), після чого знижується за рахунок кращої термічної ефективності циклу [2].

Найвиразніший ефект - у зниженні токсичних викидів: криві NOx та PM мають монотонний спадний характер з прискоренням на ділянці 10–25 %. Сажа (PM) знижується більш інтенсивно (до –52,5 % при 30 %), що пояснюється зменшенням локальних зон багатого паливом згоряння та інтенсифікацією окислення сажових частинок за рахунок додаткового кисню з водяної пари. NOx зменшується переважно за рахунок зниження піку температури згоряння (внутрішнє охолодження суміші) та скорочення часу перебування в зоні високих температур.

Отримані залежності підтверджують, що оптимальний діапазон частки двофазного компонента для газодизельного двигуна становить 18–25 %, де досягається компроміс між прийнятним погіршенням економічності (не більше +4 %) та суттєвим покращенням екологічних показників (зниження NOx на 27–34 %, PM на 42–52 %). Подальша оптимізація можлива шляхом точного регулювання газової фази та корекції кута випередження запалювання/впорскування..

Список використаних джерел

1. Burlaka S., Kupchuk I.,Boretska T., Gontaruk Ya., Melnyk M. Optimizing the process of mixing diesel fuel and biofuel in a blade mixer to improve mixture quality. Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal. 2024. Vol. 27, № 3. P. 31–52. DOI: 10.33223/epj/189437

2. Galushchak O., Burlaka S., Kupchuk I., Bondarenko V., Gontaruk Y. Environmental indicators of the operation of a diesel generator on a mixture of biofuels. Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal. 2023. Vol. 26, № 4. P. 195–208. DOI: 10.33223/epj/170759

49. Борак К.В., Шевчук О.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна. Білецький В.Р., Словінський А.Й., Ткачук Б.Р. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

ОПТИМІЗАЦІЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В УМОВАХ МІНЛИВОГО ЗВОЛОЖЕННЯ

Посилення кліматичних змін в Україні супроводжується наростанням контрастності зволоження: чергуються періоди тривалої посухи та інтенсивних опадів, частіше виникають зливові дощі, а строки настання оптимальної вологості ґрунту для основного обробітку зміщуються та скорочуються. У цих умовах традиційні підходи до комплектування та експлуатації машинно-тракторних агрегатів (МТА) для оранки, глибокого рихлення чи комбінованого обробітку не забезпечують ні стабільної якості, ні енергоощадності технологічних процесів. Високий рівень буксування, зростання питомих витрат палива, ризик переущільнення ґрунту та погіршення його структури вимагають переходу від «статичного» до адаптивного, науково обґрунтованого налаштування МТА з урахуванням поточної вологості та фізико-механічних властивостей ґрунту.

Сучасні дослідження розвитку систем обробітку ґрунту в Україні та світі підкреслюють тенденцію до енергозбереження, зменшення інтенсивності механічного впливу на ґрунт, розширення спектра мінімального та нульового обробітку, використання мульчування та покривних культур. Паралельно розвиваються комбіновані агрегати, які за один прохід поєднують кілька операцій (розпушування, вирівнювання поверхні, часткове ущільнення), що особливо важливо при обмеженій кількості днів з оптимальною вологістю. Оптимальність обробітку значною мірою визначається вологістю: роботи з фізично стиглим ґрунтом забезпечують мінімальні енерговитрати та найкращі агрономічні показники, тоді як обробіток надто вологого чи пересушеного ґрунту призводить до руйнування структури, утворення брил або плужної підошви. Для кількісної оцінки «вікна робочих вологостей» запропоновано підходи до визначення меж вологості за показниками міцності агрегатів ґрунту, повітряної ємності та консистенції, що дозволяє встановлювати оптимальні значення вологості для різних типів ґрунтів та їхніх станів.

Важливим напрямом є дослідження тягових і енергетичних показників тракторів як енергозасобів у складі ґрунтообробних агрегатів, включно з визначенням раціональних співвідношень маси трактора, глибини обробітку, швидкості руху та ширини захвату знарядь. У роботах українських і зарубіжних авторів сформовано підходи до оцінки коефіцієнта тягової ефективності, впливу буксування ходових систем на паливну економічність та методик оптимізації режимів роботи трактора в складі агрегату. Окремі роботи присвячені розрахунку економічної ефективності посівних та орних МТА з урахуванням витрат палива, продуктивності та якості виконання операцій, що підтверджує суттєвий резерв підвищення ефективності саме через оптимізацію режимів та складу агрегатів.

Упродовж останніх років активно розвиваються математичні моделі роботи ґрунтообробних агрегатів у системі «ґрунт – агрегат – енергетичний засіб», які описують залежності тягового опору, буксування, питомих витрат палива від глибини, швидкості, вологості та інших факторів. Паралельно формується підхід до розв’язання задачі оптимізації режиму роботи трактора-агрегату як задачі обмеженої оптимізації з використанням багатокритеріальних функцій мети (мінімізація витрат палива та буксування при забезпеченні необхідної глибини й якості обробітку). Водночас залишається недостатньо опрацьованим питання інтегрованої оптимізації МТА саме для умов різко мінливого зволоження, коли в межах одного поля можливі значні просторові та часові градієнти вологості.

Сучасні трактори провідних світових виробників, зокрема John Deere, а також вітчизняні агрегати з електронними системами керування, дозволяють реалізувати адаптивну зміну швидкості руху, глибини обробітку, тиску в шинах, ступеня баластування та використання комбінованих знарядь у залежності від поточного навантаження та параметрів ґрунту. Це відкриває можливості переходу від постфактум-аналізу до оперативної оптимізації в полі на основі сенсорних даних.

Як базову розглядають систему основного обробітку чорноземів типових та темно-сірих лісових ґрунтів північного та центрального Лісостепу, де коливання зволоження в осінньо-весняний період можуть досягати 10–15 % масової вологості впродовж кількох днів. У складі МТА приймають трактори класу 1,4–3,0 із колісною ходовою системою та навішені або причіпні чизельні й плужні агрегати, а також комбіновані знаряддя типу плуг-культиватор. Для опису робочого процесу використано класичні

співвідношення тягового опору ґрунтообробних знарядь, доповнені емпіричними коефіцієнтами, які враховують вплив вологості та стану ґрунтової структури.

План експерименту формується як повнофакторний другого порядку з незалежними змінними: глибиною обробітку h (20–30 см), швидкістю руху v (4–9 км/год), масовою вологістю ґрунту W (18–30 %), а також, за потреби, шириною захвату B комбінованого агрегату. Вихідними параметрами є питомий тяговий опір, коефіцієнт буксування, питомі витрати палива, змінна продуктивність, показники якості (стабільність глибини, гребенистість, ступінь кришення). На основі результатів плану експерименту будуються регресійні моделі, що описують залежності вихідних показників від керованих факторів.

Для формування інтегральної оцінки застосовується багатокритеріальна оптимізація: мінімізується функція мети, яка включає питомі витрати палива та коефіцієнт буксування з ваговими коефіцієнтами, а також штрафні функції за порушення агротехнічних вимог (відхилення глибини від заданої, погіршення кришення). Як обмеження розглядають максимально допустиме буксування (15–18 % для колісних тракторів), допустимі навантаження на ходову систему з точки зору ущільнення ґрунту, діапазон робочих швидкостей, що забезпечує стійкість руху й належну якість розпушування. Для оцінки екологічного ефекту додатково аналізують показники потенційного ущільнення ґрунту та викиди CO_2, розраховані за витратами палива.

Аналіз отриманих регресійних залежностей підтверджує нелінійний характер впливу вологості на тяговий опір та буксування МТА. У діапазоні агротехнічно оптимальної вологості (орієнтовно 0,6–0,8 від повної польової вологоємності для структурованих чорноземів) питомий опір та буксування мають мінімальні значення за умови раціонально підібраних глибини і швидкості. При зростанні вологості понад верхню межу фізичної стиглості спостерігається суттєве збільшення буксування колісної ходової системи (до 20–22 % і більше), зростає ризик замазування робочих органів та формування плужної підошви, що різко погіршує агрофізичний стан ґрунту.

За умов пересушеного ґрунту тяговий опір зростає через збільшення його зсувної міцності; енерговитрати на руйнування брил стають економічно необґрунтованими, а якість кришення часто залишається незадовільною. У результаті визначено інтервали вологості, в межах яких доцільно виконувати основний обробіток для кожного типу ґрунту, та показано, що при виході за ці інтервали жодна оптимізація режимів МТА не здатна компенсувати агрономічно небажаний стан ґрунту без істотних втрат енергоефективності.

Оптимізаційний розрахунок для типових умов Лісостепу показує, що за середньої вологості 20–24 % масових оптимальний режим роботи колісного трактора з чизельним агрегатом досягається за швидкості 6–7 км/год і глибини 23–25 см за буксування не більше 13–15 %. Порівняно з традиційно прийнятими режимами (глибина 27–30 см, швидкість 8–9 км/год без урахування вологості) це дозволяє знизити питомі витрати палива на 10–18 %, коефіцієнт буксування – на 3–5 процентних пунктів та збільшити змінну продуктивність на 5–7 % за рахунок стабільності руху і скорочення непродуктивних витрат часу. Отримані значення добре узгоджуються з результатами досліджень тягової ефективності тракторів, де максимальний коефіцієнт тягової ефективності досягається за оптимального співвідношення тягового навантаження, швидкості та маси агрегату.

Одним із ключових резервів оптимізації є адаптивна зміна швидкості руху та глибини обробітку залежно від локальної вологості ґрунту і фактичного тягового навантаження. Використання систем моніторингу буксування, тиску в гідросистемі навіски, датчиків вологості та жорсткості ґрунту дозволяє реалізувати замкнені контури керування, в яких бортовий контролер автоматично коригує швидкість, глибину занурення робочих органів, а за потреби – й ширину захвату комбінованого агрегату. Такі системи добре поєднуються з уже наявними рішеннями точного землеробства (GPS-навігація, змінна норма внесення), що створює передумови для комплексної оптимізації МТА на рівні поля.

Додатковим чинником є раціональне баластування трактора та регулювання тиску в шинах залежно від вологості. За високої вологості доцільно зменшувати тиск у шинах у межах допустимих значень для збільшення плями контакту та зниження питомого тиску на ґрунт, що зменшує буксування та ризик переущільнення. За зниженої вологості та підвищеної міцності ґрунту рекомендовано збільшувати тягове навантаження до оптимального рівня, уникаючи як недовантаження (втрата продуктивності), так і перевантаження (надмірне буксування, перевитрати палива).

Економічні розрахунки, виконані із застосуванням чинних методик оцінки ефективності сільськогосподарської техніки, свідчать, що впровадження оптимізованих режимів роботи МТА дозволяє зменшити прямі паливно-мастильні витрати на основний обробіток на 8–15 %, скоротити

витрати часу на 5–10 % та підвищити ресурс ходової частини трактора й робочих органів ґрунтообробних машин через зменшення динамічних навантажень і ударних режимів. У поєднанні з кращою збереженістю структури ґрунту це створює передумови для стабілізації або підвищення врожайності культур, особливо в багаторічній перспективі.

Оптимізація машинно-тракторних агрегатів для основного обробітку ґрунту в умовах мінливого зволоження є необхідною умовою енергоощадного та екологічно орієнтованого землеробства. Узагальнення результатів досліджень показує, що вологість ґрунту є одним із найвпливовіших факторів, які визначають тяговий опір, буксування та якість обробітку; вихід за межі інтервалу фізичної стиглості призводить до непропорційного зростання енергетичних витрат і погіршення агрофізичних властивостей. Встановлено, що оптимізація складу та режимів роботи МТА має базуватися на поєднанні математичного моделювання та польових експериментів із багатофакторним плануванням, що дозволяє побудувати регресійні моделі та визначити раціональні діапазони глибини, швидкості, ширини захвату та буксування для різних інтервалів вологості. Запропонований підхід до багатокритеріальної оптимізації, який враховує енергетичні, агротехнічні й екологічні критерії, забезпечує зниження питомих витрат палива, скорочення буксування та підвищення якості обробітку. Використання адаптивних систем керування режимами роботи МТА на основі сенсорної інформації про вологість і стан ґрунту дозволяє реалізувати оптимальні режими в реальному часі та підвищити стійкість технологій обробітку до кліматичних коливань.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення алгоритмів автоматизованого керування МТА, які поєднують дані сенсорів вологості, твердості та рельєфу з супутниковою й метеорологічною інформацією для прогнозу «вікна робочих вологостей» на полі. Перспективним є створення цифрових двійників машинно-тракторних агрегатів для моделювання їх роботи за різних сценаріїв зволоження та систем обробітку (традиційний, мінімальний, смуговий), а також розроблення комбінованих ґрунтообробних машин модульного типу, здатних оперативно змінювати конфігурацію робочих органів залежно від стану ґрунту. Важливим напрямом є інтеграція оптимізації роботи МТА з системами точного землеробства, що дозволить узгодити параметри обробітку з просторовою мінливістю властивостей ґрунту та потреб культур, забезпечуючи одночасно економічну вигоду для господарства й збереження родючості ґрунтів.

50. Борак К.В., Веремій Т.Б. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна. Грудовий Р.С., Маліновський О.А., Кравченко А.Ю. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ЕНЕРГОЩАДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ПІДБІР МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ ҐРУНТІВ

Зростання вартості палива, електроенергії та мастильних матеріалів суттєво підвищує частку енергетичної складової в собівартості продукції рослинництва. Передпосівний обробіток ґрунту належить до найбільш енергоємних ланок технології вирощування культур, оскільки традиційно включає кілька послідовних операцій: лущення, оранку або глибоке розпушування, культивацію, боронування, передпосівне вирівнювання тощо. За даними досліджень, перехід від традиційної полицевої системи до мінімальних і нульових систем обробітку дозволяє змістити структуру енергетичних витрат у бік істотного скорочення частки механізованих операцій, зберігаючи при цьому або навіть підвищуючи урожайність культур.

В умовах кліматичних змін, нерівномірного зволоження та зростання частоти посух особливого значення набуває збереження вологи в орному шарі, захист ґрунтів від ерозії, а також зниження ущільнення, спричиненого багаторазовими проходами техніки. Це особливо актуально для аграрного сектору Україна, де значна частина угідь представлена чорноземами й важкими суглинками, чутливими до деградаційних процесів за інтенсивного обробітку. Розвиток енергоощадних технологій передпосівного обробітку ґрунту та науково обґрунтований підбір машинно-тракторних агрегатів (МТА) під конкретні типи ґрунтів є ключовою умовою підвищення енергоефективності, екологічної стійкості та конкурентоспроможності рослинницького виробництва.

У численних зарубіжних та вітчизняних дослідженнях показано, що вибір системи обробітку ґрунту (традиційна, мінімальна, нульова) прямо впливає як на енерговитрати, так і на фізико-механічні властивості ґрунту, водно-повітряний режим та урожайність культур. Порівняльні експерименти свідчать, що в системах мінімального та нульового обробітку енергетичні витрати на вирощування

кукурудзи, сої та пшениці становлять 91–98 % від рівня традиційної оранки для мінімального та близько 91–93 % для нульового обробітку, при цьому продуктивність культур залишається на рівні або перевищує показники класичної системи.

Ряд досліджень визначає, що відмова від енергоємних операцій основного та передпосівного обробітку при переході до прямої сівби (no-till) дає змогу скоротити сумарні енерговитрати на технологію вирощування колосових культур на 25–41 %, а за окремими культурами – до 75–83 % порівняно з традиційним обробітком, завдяки вилученню з технології декількох проходів агрегатів і глибокого рихлення.

В умовах Степу та Лісостепу України активно впроваджуються технології no-till, strip-till і mini-till, які розглядаються як складові ощадливого землеробства. Відзначається, що це не просто сівба в необроблений ґрунт, а цілісні системи, що передбачають раціональне управління залишками, диференційоване внесення добрив, застосування стійких до бур’янів сортів і продуману систему захисту рослин.

Сучасні дослідження також приділяють значну увагу смуговому обробітку (strip-till) та вертикальному обробітку як інструментам зниження енерговитрат, збереження вологи та протидії ерозійним процесам. Українські та зарубіжні роботи демонструють, що strip-till забезпечує високу енергоефективність при вирощуванні просапних культур, зокрема цукрових буряків, у поєднанні з достатнім рівнем урожайності й економічною доцільністю.

Окремі автори підкреслюють роль типу ґрунту (легкі піщані, супіщані, легкі та важкі суглинки, глинисті ґрунти) у формуванні тягового опору робочих органів та, відповідно, енерговитрат агрегату. Установлено, що важкі глинисті ґрунти потребують значно більшої енергії для руйнування структурних агрегатів, ніж супіщані та піщані, тоді як в піщаних ґрунтах енерговитрати на обробіток менші, але необхідна більша кратність операцій для контролю бур’янів і вирівнювання поверхні.

Попри значну кількість публікацій, узагальнення питань взаємозв’язку між енергоощадними технологіями саме передпосівного обробітку та науково обґрунтованим підбором МТА під конкретні типи ґрунтів в умовах змінного зволоження залишається актуальним науковим завданням.

Дослідження ґрунтується на аналізі літературних джерел, результатів польових експериментів інших авторів, узагальненні даних з енерговитрат на різні види передпосівного обробітку, а також на елементному розгляді структури тягових і енергетичних витрат МТА. Застосовано методи порівняльного аналізу технологічних схем, нормування енерговитрат, розрахунку питомої енергії обробітку (MJ·ha^{-1}, кВт·год·ha^{-1}), аналіз впливу швидкості руху, глибини, типу робочих органів та стану ґрунту.

Умовно виділено три групи ґрунтів: легкі (піщані, супіщані), середні (легкі та середні суглинки) та важкі (важкі суглинки та глинисті). Для кожної групи розглянуто різні системи передпосівного обробітку:

– традиційний багатоопераційний (лущення, оранка або глибоке рихлення, культивація, боронування);

– мінімальний (один-два проходи комбінованих або чизельних агрегатів на зменшену глибину);

– смуговий (strip-till) з локальним рихленням і внесенням добрив;

– нульовий передпосівний обробіток з прямою сівбою (no-till).

Для оцінки енергоефективності використовували такі критерії: питома енергія обробітку ($E_р$), л·ha^{-1} або MJ·ha^{-1}; ефективна продуктивність агрегату, ha·год$^{-1}$; рівень ущільнення ґрунту та збереження вологи у верхньому шарі до сівби.

Класична полицева система з багаторазовим передпосівним обробітком створює добре вирівняне, дрібногрудочкувате насіннєве ложе, однак потребує значних енерговитрат, особливо на глибоке рихлення й повторні культивації. Застосування чизельних, параплужних та комбінованих агрегатів, що поєднують рихлення, вирівнювання й ущільнення в одному проході, дозволяє істотно скоротити кількість робочих проходів, а отже, і витрати палива. За результатами експериментів, використання комбінованих знарядь (наприклад, культиватор + ротаційна борона + коток) зменшує сумарну потребу в потужності на 33–44 % порівняно з окремим виконанням операцій.

Перехід до мінімального обробітку передбачає заміну глибокої оранки на чизелювання чи безполицеве рихлення з подальшим одним передпосівним проходом для вирівнювання поля. Такі системи забезпечують зменшення енерговитрат на 10–20 % порівняно з традиційними, при цьому зберігаючи задовільні умови для проростання насіння й контролю бур’янів.

Ще більший потенціал енергоощадності має нульовий передпосівний обробіток із прямою сівбою. Вилучення з технології глибокого розпушування, передпосівних культивацій та боронувань дає змогу знизити сукупні енерговитрати на 25–41 %, а при впровадженні прямої сівби в поєднанні з оптимізованими нормами добрив і засобів захисту – до 75–83 % порівняно з традиційною системою. Окрім енергетичного ефекту, зменшується ущільнення ґрунту, зберігається більше вологи в орному шарі, знижується ризик водної й вітрової ерозії.

Strip-till та інші форми смугового обробітку займають проміжне положення між мінімальною та нульовою системами. Обробляється лише вузька смуга в зоні майбутнього рядка (15–25 см шириною), де проводиться розпушування, часткове вирівнювання і часто локальне внесення добрив, тоді як міжряддя залишаються покритими рослинними рештками. Українські дослідження при вирощуванні цукрових буряків у західному Лісостепу показали, що strip-till забезпечує урожайність і якість коренеплодів на рівні або вище традиційної оранки, при цьому істотно скорочуючи енерговитрати і витрати палива.

Енергоємність передпосівного обробітку визначається не тільки технологічною схемою, а й властивостями ґрунту. Важкі глинисті ґрунти мають більшу міцність структурних агрегатів і вищий опір руйнуванню, ніж супіщані й піщані, що обумовлює зростання тягового опору робочих органів. Експериментальні дані свідчать, що питомі енерговитрати на глибоке рихлення глин можуть бути на десятки відсотків вищими, ніж для супіщаних ґрунтів за однакової глибини й швидкості.

Важливу роль відіграє вологість: для суглинкових і глинистих ґрунтів існує оптимальний діапазон вмісту води, в якому зусилля різання та розпушування мінімальні. При надлишковому зволоженні ґрунт стає в’язким, погіршується кришення, зростають налипання та опір. При перезволоженні обробіток взагалі недоцільний через ризик грубого структурного руйнування й утворення плужної підошви. Для легких піщаних ґрунтів вплив вологості на тяговий опір менш виражений, але на надто сухих пісках спостерігається збільшення ковзання коліс і погіршення якості формування насіннєвого ложа.

У суглинкових і глинистих ґрунтах зростання швидкості руху агрегату понад оптимальний діапазон (як правило, 6–9 км·год⁻¹ для культиваторів і чизелів) призводить до непропорційного зростання тягового опору та, відповідно, енерговитрат, тоді як позитивний вплив на розпушення та подрібнення грудок обмежений. Це вимагає підбору швидкісних режимів з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Раціональний підбір МТА для передпосівного обробітку базується на погодженні потужності трактора, ширини захвату, типу та кількості робочих органів, а також глибини й швидкості обробітку з фізико-механічними властивостями ґрунту.

Для легких ґрунтів (піщані й супіщані) доцільно застосовувати малоглибинний обробіток із використанням легких культиваторів, дискових борін, комбінованих агрегатів із невеликою масою на метр ширини захвату. Висока інтенсивність подрібнення в таких ґрунтах досягається за відносно малих тягових зусиль, тому можливе застосування більш високих швидкостей (8–10 км·год⁻¹) без різкого зростання енерговитрат. Ефективним є поєднання однієї проходки чизельного або лапового культиватора з наступною сівбою комбінованою сівалкою, що готує насіннєве ложе без додаткових окремих операцій.

Для середніх суглинкових ґрунтів оптимальним є використання чизельних культиваторів, комбінованих агрегатів із лаповими робочими органами, ротаційними боронами та котками, що забезпечують одночасне розпушування, вирівнювання й часткове ущільнення ґрунту в зоні сівби. Глибина передпосівного обробітку в більшості випадків не повинна перевищувати 8–12 см, що дозволяє уникнути зайвих енерговитрат на глибоке рихлення та не порушувати структуру підорного шару. В таких умовах ефективна продуктивність агрегату може бути підвищена за рахунок збільшення ширини захвату при стабілізації швидкості в межах 7–9 км·год⁻¹.

На важких суглинкових і глинистих ґрунтах доцільно диференціювати обробіток. Замість суцільної оранки під усі культури перспективним є смуговий обробіток під просапні культури (кукурудза, соняшник, цукрові буряки) з глибоким розпушуванням лише в зоні рядка та підтриманням міжрядь під мульчею. Для колосових культур доцільне чизелювання або глибоке рихлення через 2–3 роки з мінімальним передпосівним обробітком у проміжні роки. Застосування strip-till для важких ґрунтів дає змогу зменшити загальну енергоємність технології завдяки скороченню площі інтенсивного обробітку, зберігаючи при цьому достатню глибину розпушення в зоні кореневої системи культур.

Важливим аспектом є узгодження типу робочих органів із властивостями ґрунту. Для важких глин краще підходять чизельні робочі органи зі стійками, які забезпечують вертикальне розпушування без інтенсивного інверсійного перемішування, тоді як на піщаних і супіщаних ґрунтах ефективні простіші лапові культиватори й дискові борони. Дослідження показують, що правильний вибір типу плуга чи культиватора (полицевий, чизельний, ротаційний тощо) під конкретний тип ґрунту дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії агрегату й знизити паливну витрату на 10–20 %.

Окрім конструктивно-технологічного вибору агрегатів, значний потенціал економії енергії закладений у оптимізації режимів роботи. Основними параметрами є глибина обробітку, швидкість руху, ширина захвату, ступінь баластування трактора, тиск у шинах та припустимий рівень буксування.

Численні експерименти підтверджують, що зменшення глибини обробітку до агрономічно необхідної (як правило, 6–8 см для передпосівного обробітку більшості культур) дозволяє отримати енергозбереження до 30–50 % без погіршення польової схожості, якщо водно-повітряний режим ґрунту й агрофон дотримані. При цьому надмірне збільшення швидкості понад оптимальний діапазон призводить до непропорційного зростання тягового опору, ударних навантажень на робочі органи та агрегат загалом.

Оптимальний діапазон буксування колісного трактора, як правило, становить 10–15 %. Перевищення цього рівня означає перевитрату палива на ковзання, тоді як надто малий відсоток буксування свідчить про надмірне баластування і зайве ущільнення ґрунту. Регулювання тиску в шинах, вибір правильного передаточного числа трансмісії та використання навісної/причіпної техніки з раціональним розподілом маси дозволяє знизити питомі енерговитрати без додаткових капіталовкладень у нову техніку.

Сучасні інформаційні технології – системи GPS-моніторингу, датчики тягового опору, контролери витрати палива – відкривають можливість для впровадження змінної за глибиною та інтенсивністю обробки (variable-rate tillage). У дослідах із диференційованим обробітком на основі карт щільності та механічного складу ґрунту досягнуто зниження енерговитрат на 30–50 % та зменшення витрат палива на 30 % у порівнянні з суцільною обробкою на постійній глибині, при збереженні або покращенні агрофізичного стану ґрунту.

Результати узагальнення досліджень свідчать, що найбільший енергозберігаючий ефект забезпечують системи мінімального, смугового й нульового обробітку ґрунту, однак їх застосування потребує адаптації до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. На легких ґрунтах надмірне зменшення кількості механічних обробітків може призвести до посиленого розвитку бур’янів і нерівномірного розподілу вологи, що потребує вдосконалення системи хімічного захисту та підвищеної уваги до норм висіву й глибини загортання насіння. На важких глинистих ґрунтах надто радикальний перехід до no-till без етапу адаптації може спричинити накопичення ущільнених шарів, погіршення аерації й зниження польової схожості.

У цьому контексті strip-till та інші варіанти смугового й диференційованого обробітку можуть розглядатися як компромісні технології, що поєднують елементи класичного та нульового обробітку. Вони дають змогу зосередити енерговитрати в зоні рядка культур, забезпечуючи потрібну глибину розпушення та якість насіннєвого ложа, і водночас зберігати міжряддя під мульчею, мінімізуючи непродуктивні витрати енергії на обробіток усієї площі.

Важливо враховувати, що економія енергії за рахунок відмови від механічних обробітків частково компенсується додатковими витратами енергії, пов’язаними із виробництвом і внесенням гербіцидів та мінеральних добрив. Однак інтегральні оцінки, що враховують повний енергетичний баланс (первинна енергія в добривах, ЗЗР, паливі, техніці), зазвичай підтверджують перевагу мінімального й нульового обробітку над традиційними системами, особливо в довгостроковій перспективі з урахуванням збереження ґрунтової родючості.

Передпосівний обробіток ґрунту є однією з найбільш енергоємних ланок технології вирощування сільськогосподарських культур. Перехід від традиційної полицевої системи до мінімальних, смугових і нульових технологій дозволяє скоротити прямі енерговитрати на 25–40 %, а при впровадженні прямої сівби – до 70–80 % залежно від культури та умов зволоження.

Властивості ґрунту – гранулометричний склад, щільність, вологість – суттєво впливають на тяговий опір і питомі енерговитрати передпосівного обробітку. Важкі глинисті ґрунти потребують значно більших енерговкладень, тоді як на легких піщаних і супіщаних ґрунтах головною проблемою стає не величина опору, а забезпечення стабільності структури й вологості.

Раціональний підбір машинно-тракторних агрегатів повинен здійснюватися з урахуванням типу ґрунту: для легких ґрунтів – легкі культиватори й комбіновані агрегати з невеликою глибиною обробітку; для середніх суглинків – чизельні та комбіновані агрегати з поєднанням розпушування й вирівнювання; для важких глин – системи смугового обробітку й періодичне глибоке рихлення з використанням безполицевих робочих органів.

Енергоефективність МТА значною мірою залежить від правильного вибору режимів роботи: глибини обробітку, швидкості руху, баластування й допустимого буксування. Оптимізація цих параметрів здатна забезпечити додаткове зниження питомих енерговитрат на 20–30 % без зміни парку машин.

Перспективним напрямом є впровадження диференційованого (variable-rate) передпосівного обробітку на основі карт неоднорідності ґрунтових властивостей, що дозволяє направлено використовувати енергію лише там, де це агрономічно виправдано, та уникати надмірної інтенсивності обробітку на стійкіших ділянках.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення математичних моделей і програмних засобів для оперативної оптимізації параметрів передпосівного обробітку в режимі реального часу з використанням даних сенсорів тягового опору, вологості, щільності та супутникового моніторингу. Актуальним є також створення та випробування адаптивних комбінованих агрегатів, що автоматично змінюють глибину й інтенсивність обробітку в залежності від типу ґрунту й його поточного стану.

51. Борак К.В., Кащенко Є.Д. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна. Савченко В.М., Коноплич А.В., Мельничук М.М. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ No-Till, Mini-Till ТА ТРАДИЦІЙНОЇ ОРАНКИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЕНЕРГОВИТРАТ І ПРОДУКТИВНОСТІ

Підвищення вартості енергоресурсів, зміна клімату та необхідність зниження антропогенного навантаження на агроландшафти зумовили активний розвиток енергозбережних технологій обробітку ґрунту. У сільському господарстві однією з найбільш енергоємних операцій залишається основний обробіток, тому вибір технології обробітку безпосередньо визначає рівень витрат пального, продуктивність машинно-тракторного парку та конкурентоспроможність продукції. За цих умов особливого значення набуває порівняння технологій традиційної оранки, Mini-Till та No-Till на єдиній енергетичній основі.

У країнах, де активно впроваджуються консерваційні технології, показано істотне скорочення витрат пального і сукупних енерговитрат при переході від полицевої оранки до систем зменшеного та нульового обробітку. Так, у ряді досліджень у зерновиробництві встановлено зниження тягової енергії на 54 % для Mini-Till і до 84 % для No-Till порівняно з традиційною оранкою, без істотної втрати врожайності в стабільних агроекологічних умовах.

Водночас у умовах країни, зокрема для території держави Україна, трансформація систем обробітку ґрунту відбувається нерівномірно. Дослідження українських учених свідчать, що перехід до енергозбережних технологій пов’язаний не лише з економією пального й зменшенням витрат, а й із довгостроковим впливом на вміст гумусу, структуру ґрунту та біологічну активність, причому наявні результати є неоднозначними. Це обумовлює необхідність узагальненої порівняльної оцінки технологій No-Till, Mini-Till і традиційної оранки за показниками енерговитрат і продуктивності саме як бази для інженерного обґрунтування вибору системи обробітку.

Аналіз численних польових досліджень у різних ґрунтово-кліматичних зонах світу показує, що зменшення інтенсивності обробітку ґрунту практично завжди супроводжується значним скороченням витрат пального, часу роботи агрегатів та обсягу викидів CO_2. Наприклад, при вирощуванні силосної кукурудзи для основного обробітку й підготовки ґрунту під сівбу було зафіксовано витрату дизельного пального близько 68–82 л/га за традиційної оранки, 35–39 л/га за Mini-Till і 15–16 л/га за No-Till, що відповідає економії до 50 % для Mini-Till і понад 75 % для No-Till.

Подібні співвідношення отримано й в інших дослідженнях: витрата пального на конвенційний обробіток становила близько 59–61 л/га, на зменшений – 29–30 л/га, а на нульовий – 14–15 л/га, при цьому урожайність зерна зменшувалася незначною мірою, що забезпечувало істотне зниження енерговитрат на одиницю продукції. Дані європейських аграрних консультативних служб також

свідчать, що при вирощуванні пшениці й кукурудзи витрата пального при Mini-Till приблизно вдвічі менша, ніж при оранці, а при No-Till може знижуватися в 3–5 разів залежно від типу ґрунту і глибини обробітку.

Разом із тим результати щодо урожайності різних культур при застосуванні No-Till є менш однозначними. Метаналіз багаторічних досліджень показав, що нульовий обробіток сприяє підвищенню запасів вологи в метровому шарі ґрунту та покращує водний режим посівів, однак вплив на урожайність коливається від невеликого зниження до зростання, залежно від культури, клімату та системи удобрення. В українських умовах низка робіт засвідчує переваги No-Till у зонах з дефіцитом вологи, де завдяки зменшенню випаровування й збереженню мульчувального шару стерні урожайність зернових і бобових культур може перевищувати показники традиційної оранки на 10–15 %.

Окремі дослідження акцентують на тому, що національна доказова база щодо повної відмови від оранки поки що недостатня, зокрема через коротку тривалість польових дослідів, різнорідність ґрунтів та необхідність адаптації системи удобрення й захисту рослин до умов No-Till. Отже, постає проблема побудови уніфікованої системи показників і критеріїв, яка дозволить на основі наявних даних обґрунтувати вибір технології з погляду енергоефективності та продуктивності машинно-тракторних агрегатів, не ігноруючи агрономічні та екологічні аспекти.

Для порівняння технологій No-Till, Mini-Till та традиційної оранки доцільно використовувати групу взаємопов’язаних показників, що характеризують як прямі енерговитрати, так і результуючу продуктивність системи землеробства. До основних показників належать:

Сукупні енерговитрати на механізований обробіток, МДж/га, які визначають множенням витрати пального на гектар на нижчу теплотворну здатність дизельного пального (орієнтовно 36 МДж/л) з урахуванням додаткових енерговитрат на мастильні матеріали та технічне обслуговування.

Енергоємність продукції, МДж/т, що розраховується як відношення сукупних енерговитрат на обробіток до урожайності культури.

Змінна продуктивність машинно-тракторного агрегату, га/год, яка залежить від робочої ширини захвату, швидкості руху, коефіцієнта використання часу зміни та кількості проходів по полю.

Частка витрат на механізацію в структурі собівартості продукції, яка опосередковано відображає енергоефективність технології.

Оцінювання проводиться за еталонними даними досліджень, у яких одночасно порівнюються системи полицевої оранки (conventional tillage), зменшеного обробітку (reduced або minimum tillage, Mini-Till) і нульового обробітку (No-Till). Для забезпечення коректності порівняння до уваги беруться тільки досліди, де всі інші елементи технології максимально уніфіковані: однаковий сорт або гібрид, схеми удобрення, рівень захисту від бур’янів і шкідників, строки сівби тощо.

Щодо машинно-тракторних агрегатів основними об’єктами порівняння є: плуг з передплужниками і бороною для традиційної оранки; комбіновані агрегати з дисковими, лаповими або чизельними робочими органами для Mini-Till; сівалки прямої сівби та обприскувачі для технологій No-Till. Для кожної технології визначається сумарна кількість проходів техніки по полю від збирання попередника до сівби наступної культури, що безпосередньо впливає на витрату пального й продуктивність.

У дослідженнях, де аналізували паливну економічність трьох систем обробітку, для традиційної оранки на важких ґрунтах витрати дизельного пального на основний обробіток і передпосівну підготовку силосної кукурудзи становили в середньому 68–82 л/га. Для Mini-Till (чизельний обробіток і сівба) цей показник перебував у діапазоні 35–39 л/га, а для No-Till (пряма сівба після хімічного знищення бур’янів) – 15–16 л/га. Таким чином, економія пального відносно традиційної системи досягала приблизно 50 % для Mini-Till і 75–80 % для No-Till.

Інші автори, аналізуючи витрати пального в зернових сівозмінах, отримали близькі результати: 59–60 л/га для полицевої оранки, 29–30 л/га для зменшеного обробітку та 14–15 л/га для No-Till. При цьому середня врожайність зерна за традиційної оранки становила близько 8,1 т/га, за Mini-Till – 7,9 т/га, за No-Till – 6,3 т/га, тобто зниження енергоємності одиниці продукції відбувалося навіть з урахуванням деякого падіння урожайності.

Експертні оцінки європейських машинобудівних компаній та аграрних служб демонструють, що при вирощуванні зернових на плужному фоні на гектар витрачається близько 30–40 л дизельного пального, при Mini-Till – 20–22 л, а при No-Till – 5–10 л/га, залежно від технологічної схеми та глибини обробітку. В перерахунку на енергію це відповідає скороченню сукупних енерговитрат на 40–60 % при Mini-Till і до 70–80 % при No-Till.

Узагальнення цих даних дозволяє сформулювати типові співвідношення енерговитрат на основний обробіток і сівбу: традиційна оранка – 1,0; Mini-Till – 0,4–0,6; No-Till – 0,2–0,3. Навіть за умов певної варіабельності показників з огляду на тип ґрунту та вологість, зменшення глибини обробітку та кількості проходів техніки стабільно забезпечує значну паливну економію.

Змінна продуктивність агрегатів при традиційній оранці обмежується необхідністю виконання кількох проходів (оранка, передпосівна культивація, боронування), що спричиняє значні втрати часу на холості переїзди й маневрування. При цьому робочі швидкості для плуга та культиваторів порівняно невеликі, а глибина обробітку достатньо велика.

Системи Mini-Till дозволяють істотно підвищити продуктивність машинно-тракторних агрегатів завдяки використанню комбінованих агрегатів, які за один прохід виконують кілька операцій (розпушування, вирівнювання поверхні, часткове перемішування пожнивних решток). Це скорочує кількість проходів, підвищує змінну продуктивність у 1,3–1,7 раза і забезпечує краще використання енергетичних засобів.

При No-Till основними операціями є обприскування гербіцидами та пряма сівба спеціалізованими сівалками. Кількість проходів по полю мінімізується, а робоча ширина сівалок та обприскувачів, як правило, більша, ніж у ґрунтообробних агрегатів. Тому змінна продуктивність агрегатів при No-Till може перевищувати показники традиційної системи в 2–3 рази, що особливо важливо в умовах стиснених строків сівби та нестабільних погодних умов.

Оцінюючи технології лише за витратами пального, можна зробити висновок про безумовну перевагу No-Till над Mini-Till і традиційною оранкою. Однак з позицій агрономічної ефективності ситуація є складнішою.

Дослідження в різних країнах показали, що в перші роки переходу до No-Till урожайність окремих культур може дещо знижуватися через зміну мікроклімату ґрунту, повільніші мінералізаційні процеси та ускладнення боротьби з бур’янами. Згодом, за умови адаптації системи удобрення та захисту, урожайність стабілізується й може дорівнювати або перевищувати показники традиційної системи, особливо в регіонах з дефіцитом вологи.

Для умов посушливих регіонів показано, що завдяки збереженню мульчі на поверхні поля та зменшенню розпушення ґрунту технологія No-Till дозволяє знизити втрати вологи та забезпечити приріст урожайності зернових і бобових культур на 10–17 % порівняно з оранкою, що особливо проявляється в роки з обмеженим зволоженням. Водночас у більш вологих регіонах, на важких ґрунтах і без належної системи гербіцидного захисту No-Till може призводити до зменшення урожайності через надмірне ущільнення верхнього шару та посилений розвиток бур’янів.

Mini-Till займає проміжне положення: зазвичай урожайність культур або майже не відрізняється від традиційної оранки, або знижується в межах 2–5 %, що компенсується істотною економією пального та зменшенням витрат на механізацію. У результаті енергоємність одиниці продукції при Mini-Till зменшується, як правило, на 15–30 %, а при No-Till – на 25–40 % порівняно з полицевою оранкою, хоча конкретні величини залежать від культури, урожайності та прийнятої системи удобрення.

Окрім безпосередніх енергетичних показників, технології обробітку ґрунту впливають на довгострокову продуктивність агроекосистем. Системи No-Till і Mini-Till сприяють зменшенню ерозійних процесів, покращенню водного режиму, збільшенню вмісту органічної речовини та активізації ґрунтової біоти завдяки постійному мульчувальному шару рослинних решток.

Разом з тим окремі узагальнення українських досліджень свідчать, що доказової бази щодо стабільного приросту гумусу при повній відмові від оранки недостатньо, а в окремих випадках результати різко відрізняються залежно від тривалості експерименту, типу ґрунту та структури сівозміни. Це означає, що при виборі системи обробітку необхідно враховувати не лише миттєву економію пального, а й можливі зміни родючості ґрунту та стійкості агроценозів у довгостроковій перспективі.

Важливим екологічним аспектом є зменшення викидів CO_2 за рахунок скорочення витрат пального. За даними випробувань, перехід від традиційної оранки до Mini-Till дозволяє зменшити пов’язані з обробітком викиди CO_2 майже вдвічі, а до No-Till – у 3–4 рази. З урахуванням великих площ ріллі це має суттєве значення для формування кліматично орієнтованої політики в аграрному секторі.

Узагальнення наукових даних свідчить, що за енергетичними показниками No-Till має очевидну перевагу над Mini-Till і тим більше над традиційною оранкою. Однак остаточний вибір технології не може ґрунтуватися лише на мінімізації витрат пального. Необхідно враховувати рівень підготовленості господарства, наявність спеціалізованого технічного забезпечення (сівалки прямої сівби, обприскувачі з

точним дозуванням), можливість забезпечити ефективний хімічний захист посівів, а також агрономічні особливості сівозмін.

У зонах із нестабільним і недостатнім зволоженням, де величина урожаю значною мірою обмежується запасами вологи в ґрунті, No-Till часто забезпечує не лише економію енергії, а й приріст урожайності за рахунок кращого збереження вологи, що робить його доцільним з енергетичного й агрономічного погляду. У зонах із достатнім зволоженням та важкими ґрунтами доцільним є диференційований підхід, коли Mini-Till застосовується як основна система, а No-Till – переважно для окремих культур і полів із відповідними умовами.

Традиційна оранка зберігає значення як елемент системи обробітку в окремих ланках сівозміни, наприклад, при необхідності глибокого заробляння органічних добрив, пригнічення багаторічних бур'янів або руйнування глибокозалягаючих ущільнених горизонтів. У таких випадках її використання може бути виправданим як періодичний технологічний прийом, хоча системне застосування призводить до зростання енерговитрат і посилення ерозійних процесів.

З інженерної точки зору оптимальним є поєднання енергетичних і продуктивних критеріїв у вигляді узагальненого показника – енергоємності одиниці продукції, який враховує як витрати пального, так і урожайність. Такий підхід дозволяє уникнути однобоких рішень і забезпечує обґрунтований вибір технології для конкретних культур і умов господарства.

Аналіз сучасних досліджень показав, що перехід від традиційної оранки до Mini-Till дозволяє знизити витрати дизельного пального на основний обробіток і сівбу в середньому на 40–60 %, а при впровадженні No-Till – на 70–80 %, що забезпечує суттєве скорочення сукупних енерговитрат та пов'язаних із ними викидів CO_2.

Продуктивність машинно-тракторних агрегатів при Mini-Till і особливо при No-Till істотно вища завдяки зменшенню кількості проходів техніки, можливості використання широкозахватних агрегатів і підвищення робочих швидкостей, що особливо важливо в умовах стиснених агротехнічних строків та мінливого зволоження.

Вплив Mini-Till і No-Till на урожайність культур є залежним від ґрунтово-кліматичних умов, структури сівозміни та рівня агротехніки. У посушливих регіонах No-Till за рахунок кращого збереження вологи часто забезпечує приріст урожайності, тоді як у більш вологих зонах і на важких ґрунтах потрібна ретельна адаптація технології, щоб уникнути зниження продуктивності.

З позицій довгострокової продуктивності агроекосистем Mini-Till і No-Till сприяють зменшенню ерозії, покращенню структури й водного режиму ґрунту, однак наявна вітчизняна доказова база щодо стабільного зростання вмісту гумусу при повній відмові від оранки поки що є обмеженою, що вимагає продовження моніторингових досліджень.

Оптимальним напрямом є диференційований підхід до вибору технології обробітку ґрунту, який поєднує використання Mini-Till як базової енергозбережної системи, обмежене застосування традиційної оранки як періодичного прийому для вирішення специфічних агротехнічних завдань та цільове впровадження No-Till на культурах і полях, де його переваги за енергоефективністю й продуктивністю є найбільш відчутними.

52. Куликівський В.Л., Дем'янчук В.П. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна. Руденко В.Г. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИКИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ПРОСТОЇВ КОМБАЙНІВ

Своєчасне та якісне збирання зернових культур є критичним фактором стабільності виробництва в аграрному секторі, особливо для таких країн, як Україна, де зернове господарство формує значну частку експортного потенціалу. Зростання одиничної продуктивності сучасних комбайнів (до 40–50 т/год і більше) призводить до того, що їхня робота дедалі частіше обмежується не технічними можливостями машини, а організацією вивезення зерна з поля.

Неритмічність подачі транспортних засобів до комбайнів зумовлює значні простої: машина вимушено зупиняється з повним бункером і чекає на автомобіль або трактор з причепом. У пікові періоди навантаження це призводить до недобору врожаю через вимушене подовження строків збирання, збільшення втрат зерна на полі та зниження економічної ефективності виробництва. Тому оптимізація логістики транспортування зерна, орієнтована на мінімізацію простоїв комбайнів, є одним з ключових резервів підвищення ефективності збиральної кампанії.

Проблематика організації транспортного забезпечення під час збирання зернових культур розглядається в низці робіт українських та зарубіжних дослідників. У вітчизняних дослідженнях значну увагу приділено визначенню раціонального складу збирально-транспортних ланок для різних умов господарств, типів ґрунтів, віддаленості полів і структури посівних площ.

Окрема група досліджень присвячена оптимізації взаємодії комбайнів, транспортних засобів і проміжних ланок – перевантажувачів зерна, бункерів-накопичувачів, польових зернових складів. Показано, що використання бункера-накопичувача або причепа-перевантажувача як проміжної ланки між комбайном і автомобільним транспортом дозволяє істотно скоротити простої комбайна та збільшити його змінну продуктивність.

Сучасні зарубіжні роботи розглядають логістику збирання як задачу динамічного маршрутизаційного планування (vehicle routing problem with time windows), де транспортні засоби повинні вчасно прибути до комбайнів, щоб уникнути переповнення бункера, при цьому мінімізуючи холості пробіги й загальні витрати. Розробляються моделі спільного планування роботи кількох комбайнів і транспортних засобів з урахуванням просторової конфігурації поля, рельєфу, пропускної спроможності польових доріг і приймальних пунктів.

Інша група робіт фокусується на визначенні оптимальної кількості транспортних засобів у ланці залежно від продуктивності комбайнів, відстані транспортування та тривалості циклу руху. Показано, що зі зростанням числа машин у ланці сумарні простої комбайнів і транспорту спочатку зменшуються, але після досягнення певної межі додаткові одиниці транспорту вже не дають виграшу, а лише підвищують витрати.

Разом з тим, для багатьох господарств, особливо середніх і малих, питання адаптації цих моделей до реальних умов (обмежений парк техніки, нерівномірність урожайності, нестабільний стан польових доріг, воєнний стан тощо) залишається актуальним. Це обумовлює необхідність розроблення простих у застосуванні аналітичних та імітаційних моделей, які б дозволяли оперативно розраховувати потребу в транспорті й обирати раціональну організацію руху.

Дослідження спирається на поєднання аналітичних методів (побудова спрощеної моделі збирально-транспортного комплексу), елементів теорії масового обслуговування та логістики, а також на узагальнення результатів попередніх експериментальних і виробничих досліджень, наведених у наукових публікаціях і матеріалах виробників техніки.

Розглядається ланка, що складається з одного або декількох комбайнів і групи транспортних засобів (тракторів з причепами, автопоїздів тощо), які забезпечують безперервне вивезення зерна.

Результати округлюються до більшого цілого значення, оскільки кількість машин є дискретною величиною. Аналогічний підхід застосовується для кількох комбайнів, коли в розрахунки вводиться сумарна продуктивність.

Розрахунки за поданою моделлю дозволяють підібрати такі поєднання параметрів (кількість машин, їх вантажопідйомність, відстань і маршрут руху), за яких простої комбайнів мінімальні. При цьому слід враховувати, що надмірне збільшення кількості транспортних засобів знижує їх коефіцієнт використання та підвищує витрати на транспортування.

Для типових умов господарств можуть бути побудовані номограми та спрощені таблиці підбору складу ланки залежно від урожайності культури, відстані вивезення, типу комбайна й транспорту. Такі рекомендації наводяться в ряді методичних матеріалів і можуть бути адаптовані до конкретного машинно-тракторного парку господарства.

Ефективним засобом зменшення простоїв комбайнів є запровадження проміжних ланок у ланцюгу «комбайн – транспорт – склад»: причепів-перевантажувачів, бункерів-накопичувачів, невеликих польових складів. Комбайн вивантажує зерно в рухомий бункер-перевантажувач без зупинки або з мінімальною паузою, тоді як автомобільний транспорт під’їжджає до перевантажувача в зручний момент, не прив’язуючи свою роботу до траєкторії комбайна.

Досвід господарств показує, що застосування бункера-накопичувача дає можливість підвищити коефіцієнт використання змінного часу комбайна, особливо за великої віддаленості пунктів приймання зерна та складних дорожніх умов. У багатьох випадках це дозволяє зменшити необхідну кількість автомобілів у ланці без втрати загальної пропускної спроможності.

Новітні дослідження в галузі агрологістики демонструють перспективність використання GPS/GNSS-моніторингу, телематики машин, систем диспетчеризації та елементів штучного інтелекту для планування маршрутів і синхронізації роботи комбайнів та транспорту. Створюються математичні

моделі й програмні комплекси, що розв'язують задачі планування взаємодії техніки як модифіковані задачі маршрутизації транспортних засобів з часовими вікнами та обмеженнями по місткості.

У низці робіт запропоновано алгоритми планування траєкторій руху комбайнів і супутніх транспортних засобів на основі евристичних та метаевристичних методів (наприклад, удосконалених алгоритмів рою частинок, Harris Hawks Optimization тощо), що дозволяє скоротити довжину об'їздів, зменшити витрати пального та час простою при спільному збиранні культур у складних умовах рельєфу.

Результати аналізу показують, що логістика транспортування зерна під час збирання повинна розглядатися як цілісна система, де параметри техніки, організація руху й цифрові технології управління взаємопов'язані. Для господарств із різним рівнем матеріально-технічного забезпечення оптимізаційні рішення можуть відрізнятися, але їхня загальна спрямованість однакова: забезпечити безперервність роботи комбайнів за рахунок раціональної роботи транспорту та мінімізації холостих і очікувальних пробігів.

Запропонована спрощена модель визначення необхідної кількості транспортних засобів може бути використана як базовий інструмент для оперативних розрахунків у господарстві. Вона не враховує всіх можливих факторів (нерівномірність урожайності по полю, простої через технічні несправності, погодні ризики тощо), але дозволяє на першому етапі оцінити мінімально потрібний парк для заданих умов. Подальше уточнення може здійснюватися за допомогою деталізованих імітаційних моделей, польових вимірювань та цифрових систем моніторингу.

Особливої актуальності оптимізація логістики набуває в сучасних умовах, коли господарства змушені працювати за обмежених ресурсів, змінних умов ринку та логістичної інфраструктури. У таких умовах навіть відносно прості організаційні заходи – чітке планування завантаження автомобілів, узгодження графіків роботи елеваторів, грамотний вибір тимчасових польових складів – здатні забезпечити відчутний ефект у вигляді скорочення простоїв комбайнів і зростання обсягів зібраного врожаю.

Простої зернозбиральних комбайнів через несвоєчасне підведення транспорту є одним із ключових факторів зниження ефективності збиральної кампанії, особливо при використанні високопродуктивних машин. Аналіз досліджень показує, що проблема може бути формалізована як задача оптимізації структури збирально-транспортного комплексу та маршрутизації транспортних засобів, зокрема у вигляді задачі маршрутизації з часовими вікнами. Запропонована спрощена аналітична модель дозволяє визначати мінімальну необхідну кількість транспортних засобів у ланці з урахуванням продуктивності комбайнів, місткості кузова та тривалості транспортного циклу, що створює основу для практичних розрахунків у господарствах різного типу. Використання проміжних ланок – бункерів-накопичувачів і причепів-перевантажувачів – є ефективним засобом зменшення простоїв комбайнів та оптимізації роботи автомобільного транспорту, особливо при значних відстанях до місць приймання зерна. Впровадження цифрових технологій моніторингу й диспетчеризації, а також алгоритмів інтелектуальної маршрутизації руху техніки відкриває додаткові можливості для підвищення ефективності логістики збирання, зниження витрат пального і часу. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення адаптивних моделей логістики, що враховують варіативність польових умов, обмеженість ресурсів і специфіку організації виробництва в конкретних регіонах.

53. Борак К.В., Зелінський А.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

Куликівський В.Л., Белявський Р.С., Вендер С.А. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І ДІАГНОСТИКИ МАШИН ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА В УМОВАХ ДЕФІЦИТУ РЕСУРСІВ

Сучасне рослинництво характеризується високою залежністю від машинно-тракторних агрегатів, складних посівних і збиральних комплексів, обприскувачів, техніки для внесення добрив та засобів захисту рослин. Будь-які збої у роботі цих машин у пікові періоди польових робіт неминуче призводять до втрат урожаю, зриву агротехнічних строків і, відповідно, до прямих економічних збитків для аграрних підприємств. За оцінками досліджень, присвячених воєнним втратам агросектору, найбільшу частку пошкоджених активів становлять саме сільськогосподарські машини, вартість яких оцінюється у мільярди доларів США. У таких умовах забезпечення надійної та безвідмовної роботи машин для

рослинництва стає не просто важливим елементом виробничого процесу, а стратегічним чинником стійкості аграрної галузі.

Обмеження доступу до пального, мастильних матеріалів, шин, запасних частин і сервісних послуг, а також істотне подорожчання енергоресурсів формують нову реальність для аграріїв. Господарства змушені експлуатувати наявну техніку довше від нормативних строків, часто в складніших умовах, підвищуючи її завантаження і скорочуючи час простою. У результаті росте інтенсивність відмов, збільшуються витрати на ремонт, погіршується структура машинного парку, зростає частка морально й фізично застарілої техніки. У цій ситуації значення набуває не стільки закупівля нових машин, скільки раціональна організація технічного обслуговування (ТО) та діагностики, здатна максимально реалізувати ресурс наявних засобів механізації.

Традиційно система ТО сільськогосподарських машин будувалася за планово-попереджувальним принципом, коли періодичність і обсяг обслуговування встановлювалися регламентом виробника та нормативно-технічною документацією. Такий підхід був прийнятним за умов відносної доступності ресурсів і розгалуженої мережі сервісних підприємств. Однак у ситуації хронічного дефіциту ресурсів, підвищених воєнних ризиків, обмеженого доступу до сервісних центрів та високої вартості всеохопного обслуговування він призводить або до перевитрати матеріалів і трудових ресурсів, або до несвоєчасного усунення дефектів, що переростають у дорогі аварійні ремонти. Сучасні дослідження у сфері технічної експлуатації підтверджують, що підвищення надійності машин досягається насамперед через розвиток системи технічного сервісу та діагностики, а не лише через удосконалення конструкції.

Отже, виникає потреба в трансформації існуючої системи ТО в напрямі діагностично орієнтованого, ресурсозберігального та цифрово підтримуваного підходу. В основі цього підходу має бути гнучке поєднання планово-попереджувальних заходів з обслуговуванням за фактичним технічним станом, широке застосування засобів технічної діагностики, заснованої на реальних параметрах роботи машин, а також використання телематики, віддаленої діагностики й елементів предиктивного обслуговування. Метою статті є теоретичне обґрунтування та концептуальний опис такої системи в умовах дефіциту ресурсів.

Машинний парк рослинницьких підприємств в Україна характеризується поєднанням кількох суттєвих тенденцій. З одного боку, зростає частка імпортних високопродуктивних машин провідних світових виробників, оснащених складними електронними системами управління, навігації, автоматизованими системами контролю режимів роботи. З іншого боку, велика частина техніки, особливо тракторів та ґрунтообробних агрегатів, має високий ступінь фізичного зносу, експлуатується понад нормативний ресурс і часто не відповідає сучасним вимогам до енергоефективності й екологічності. Аналітичні огляди ринку машин для рослинництва підкреслюють, що бойові дії призвели до значного скорочення операційного парку через знищення, пошкодження та мінування полів.

Згідно з оцінками Київська школа економіки, загальна кількість частково чи повністю пошкоджених сільськогосподарських машин і обладнання внаслідок повномасштабного вторгнення становить сотні тисяч одиниць, а їхня вартість є найбільшою категорією втрат аграрного сектору. Додатково ускладнюють ситуацію порушення логістичних ланцюгів постачання пального, мастильних матеріалів і запасних частин, обмеження доступу до окремих територій, руйнування складів і сервісних центрів. Це призводить до хронічного дефіциту ресурсів, коли навіть базові операції з технічного обслуговування (заміна оливи, фільтрів, ременів, шин) виконуються із затримками або частково.

В умовах воєнного часу та нестабільності валютного курсу істотно зростає собівартість імпортних мастильних матеріалів, шин і комплектуючих для сучасних тракторів, сівалок, обприскувачів та комбайнів. Вітчизняні ж виробники агрегатів і запасних частин через руйнування, окупацію або релокацію підприємств не завжди здатні оперативно компенсувати цей дефіцит. У результаті аграрії змушені комбінувати вузли й деталі різних виробників, застосовувати ремонт із відновленням деталей, продовжувати ресурс зношених машин, що додатково підвищує вимоги до якості технічної діагностики та сервісу. Таким чином, дефіцит ресурсів проявляється не лише в обмежених фінансових можливостях підприємств, а й у фізичній недоступності необхідних матеріалів і послуг, що фундаментально змінює завдання системи ТО і діагностики.

Класична планово-попереджувальна система технічного обслуговування (ППС ТО) сільськогосподарських машин базується на чітко регламентованих інтервалах виконання робіт, які задаються календарним часом або напрацюванням (мотогодинами, гектарними нормами тощо). У межах цієї системи передбачаються щозмінне, періодичне, сезонне та передзберігальне обслуговування машин, а також планові ремонти різних рівнів складності. Метою ППС є підтримання працездатності

вузлів і агрегатів у межах встановлених показників надійності через профілактичні заходи, що реалізуються відповідно до нормативно-технічної документації виробників.

Важливим елементом сучасної системи ТО є технічна діагностика, яка розглядається як інформаційна основа управління процесами технічного обслуговування і ремонту. Діагностика дає змогу об'єктивно оцінювати технічний стан агрегатів, прогнозувати залишковий ресурс, виявляти приховані дефекти й ухвалювати рішення щодо доцільності виконання тих чи інших операцій обслуговування. Дослідження показують, що впровадження діагностичних процедур у структуру системи ТО дозволяє істотно зменшити експлуатаційні витрати за рахунок скорочення випадкових відмов і аварійних ремонтів, а також оптимізації періодичності планових робіт.

У сучасних умовах ППС дедалі частіше доповнюється або трансформується в систему обслуговування за станом, де ключовим критерієм є не нормативний інтервал, а фактичні параметри роботи та зношування. Теоретичною основою такого підходу виступає концепція управління надійністю, у межах якої формуються програми надійності машинних комплексів. Ці програми включають збір статистики відмов, аналіз режимів експлуатації, вибір критеріїв граничного стану, моделювання процесів зношування та оптимізацію моментів втручання в технічний стан машин. Для машин рослинництва, які працюють в умовах циклічних навантажень, змінного зволоження ґрунту, різних агрофонів, такий підхід є особливо актуальним, оскільки дозволяє враховувати специфіку конкретних полів і технологій.

Сучасні трактори, посівні комплекси, обприскувачі та зернозбиральні комбайни все частіше оснащуються бортовою електронікою, системами збору й передавання даних, навігаційними комплексами та численними датчиками тиску, температури, вібрацій, частоти обертання, навантаження на робочі органи. Такі системи створюють технічну базу для постійного моніторингу технічного стану машин у реальному часі. Провідні виробники сільськогосподарської техніки, зокрема John Deere, впроваджують телематичні платформи JDLink, системи навігації StarFire та інші цифрові рішення, що забезпечують віддалений контроль параметрів роботи тракторів і комбайнів, діагностику віддалено та інтеграцію з системами точного землеробства.

Аналогічні можливості реалізуються й у телематичних платформах AFS Connect, PLM Connect, Trimble Ag тощо, які дозволяють отримувати на центральному сервері інформацію про місцезнаходження машин, витрати пального, навантаження двигуна і трансмісії, режими роботи робочих органів, а також діагностичні коди несправностей. На основі цих даних можливо не лише оперативно реагувати на відмови, а й реалізовувати стратегію предиктивного обслуговування, коли алгоритми аналізу часових рядів, вібраційних сигналів і трендів зміни параметрів дозволяють прогнозувати імовірний момент відмови вузла та планувати втручання заздалегідь.

З огляду на дефіцит ресурсів, предиктивне обслуговування набуває особливої цінності. По-перше, воно дозволяє мінімізувати непланові простої техніки в критичні періоди посівної та збиральної кампаній, коли вартість години простою комбайна чи посівного комплексу є максимальною. По-друге, прогнозування відмов дає можливість завчасно формувати замовлення на дефіцитні запасні частини, планувати їх доставку з урахуванням логістичних ризиків, об'єднувати закупівлі кількох господарств або сервісних кластерів. По-третє, аналіз причин і механізмів відмов за телематичними даними дозволяє уточнювати режими експлуатації машин, коригувати налаштування агрегатів, змінювати технологічні схеми роботи, щоб уникати перевантажень і прискореного зношування.

Важливу роль у реалізації діагностично орієнтованої системи ТО відіграють віддалені сервісні технології. Досвід розроблення відкритих платформ для дистанційного обслуговування сільськогосподарських машин показує, що використання мобільних мереж для передачі діагностичної інформації дозволяє проводити первинний аналіз несправностей, коригувати параметри систем керування двигуном і трансмісією, оновлювати програмне забезпечення без фізичної присутності сервісного спеціаліста в полі. Це особливо важливо для віддалених аграрних підприємств, де доступ до повноцінних сервісних центрів обмежений, а виїзд бригади пов'язаний із значними часовими та фінансовими витратами.

Запровадження діагностично орієнтованого підходу до ТО потребує переосмислення організації сервісу на рівні окремого господарства чи агрохолдингу. Доцільно говорити про формування адаптивної системи ТО і діагностики, структура якої включає: підсистему моніторингу технічного стану машин (збір і обробка даних від датчиків, телематики, результатів візуальних та інструментальних оглядів); підсистему планування та управління обслуговуванням (формування графіків робіт, пріоритизація завдань з урахуванням технологічних строків); підсистему забезпечення ресурсами

(запаси запчастин, матеріалів, інструмент, персонал); підсистему аналітики (аналіз відмов, ефективності ремонтів, витрат).

В умовах дефіциту ресурсів така система має працювати на основі пріоритетів, де кожному агрегату чи вузлу присвоюється певний рівень критичності. Критичність визначається впливом потенційної відмови на виконання ключових технологічних операцій, можливістю резервування технікою аналогічного призначення, тривалістю ремонту та доступністю необхідних ресурсів. Для агрегатів високої критичності (основні трактори, посівні комплекси, збиральні комбайни) доцільно максимально впроваджувати обслуговування за станом і предиктивні моделі, використовуючи розширені діагностичні процедури та телематику. Для машин меншої значущості (частина причіпних знарядь, допоміжна техніка) можуть застосовуватися комбіновані схеми, де базові регламентні операції доповнюються спрощеною діагностикою.

Адаптивність системи полягає й у прив'язці обслуговування до технологічного циклу рослинництва. Планування ТО має враховувати календарний графік основних польових робіт: передпосівний обробіток ґрунту, сівбу, догляд за посівами, внесення добрив і засобів захисту, збирання врожаю, післязбиральну обробку. У міжсезоння повинні виконуватися найбільш трудомісткі ремонтні й діагностичні операції, у період пікових навантажень — переважно швидкі регламентні й контрольні роботи. Дослідження з оцінки операційної надійності технологічних комплексів показують, що оптимізація графіка ТО з урахуванням режимів експлуатації дозволяє підвищити загальну надійність і зменшити ризики відмов у критичні моменти.

Порушення територіальної цілісності, руйнування інфраструктури, ускладнення транспортних маршрутів істотно вплинули на можливості традиційних дилерсько-сервісних мереж. Частина сервісних центрів опинилася в зоні бойових дій чи окупації, інші працюють із перевантаженням, виконуючи замовлення з розширених територій. У таких умовах особливої актуальності набувають децентралізовані моделі сервісу: мобільні ремонтно-діагностичні бригади, міжгосподарські сервісні кластери, кооперативні ремонтні бази, де ресурси кількох підприємств об'єднуються для спільного використання діагностичного обладнання, спецінструменту та запасів найбільш дефіцитних вузлів.

Перспективним напрямом є формування регіональних сервісних кластерів за принципом «ядро-сателіти», де в ролі ядра виступають найбільш оснащені підприємства або сервісні центри, а сателітами — навколишні фермерські господарства та кооперативи. Така модель дозволяє забезпечити раціональне завантаження діагностичного обладнання, формувати консолідовані замовлення на запасні частини, оптимізувати використання транспортних ресурсів і кадрового потенціалу. У поєднанні з телематикою кластери дають змогу здійснювати попередній аналіз несправностей на відстані, готувати необхідні вузли й агрегати ще до виїзду бригади та скорочувати тривалість простою машин.

Ефективність будь-якої, навіть найсучаснішої, системи ТО і діагностики значною мірою залежить від рівня підготовки персоналу. Дослідження, проведені в різних країнах, свідчать, що значна частина операторів і власників господарств потребує додаткових знань щодо правильних процедур обслуговування, допустимих режимів експлуатації, використання діагностичних засобів. Для машин, оснащених складною електронікою, необхідні компетенції в галузі роботи з бортовими комп'ютерами, інтерпретації кодів несправностей, використання сервісного програмного забезпечення.

У цих умовах особливого значення набуває модернізація освітніх програм аграрних університетів і коледжів, розвиток програм підвищення кваліфікації для механіків, інженерів з експлуатації техніки, сервісних спеціалістів. Навчальні курси мають включати тематику технічної діагностики, телематики, основ предиктивного обслуговування, аналізу телематичних даних і прийняття рішень на їх основі. Не менш важливою є розбудова систем дистанційних консультацій: онлайн-діагностика, відео-супровід ремонту, використання експертних систем підтримки рішень, що дозволяє частково компенсувати дефіцит кваліфікованих кадрів у віддалених регіонах і скоротити потребу у фізичному виїзді сервісних бригад.

Умови дефіциту ресурсів, спричинені як об'єктивними економічними факторами, так і наслідками повномасштабної війни, радикально змінюють вимоги до системи технічного обслуговування і діагностики машин для рослинництва. Підтримання надійності машинно-тракторного парку стає можливим лише за переходу від суто планово-попереджувального обслуговування до діагностично орієнтованих, адаптивних моделей, що базуються на постійному моніторингу технічного стану, застосуванні телематики, віддаленої діагностики й предиктивного технічного сервісу. Такий підхід дозволяє зменшити число раптових відмов, оптимізувати використання дефіцитних матеріально-технічних ресурсів, подовжити життєвий цикл дорогих вузлів і агрегатів.

Адаптивна система ТО і діагностики має включати: чітко організовану підсистему моніторингу та аналітики; гнучке планування робіт з урахуванням критичності машин і фаз технологічного циклу; розвиток сервісно-логістичних моделей на основі мобільних бригад і регіональних кластерів; розширення використання телематики та віддаленого сервісу; системну підготовку й перепідготовку кадрів. Реалізація цих напрямів створює передумови для збереження працездатності машинного парку, підвищення ефективності рослинницьких технологій та посилення продовольчої безпеки країни за умов хронічного дефіциту ресурсів.

54. Савченко В.М.,Гайбу В.В., Загородній Д.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Хоменко С.М., Сторожинський І.І. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТЕХНІКИ В АПК: ПІДХОДИ, ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ

Ефективність функціонування аграрного виробництва безпосередньо залежить від технічного стану машинно-тракторного парку, рівня організації технічного обслуговування (ТО) та ремонту, а також від здатності системи технічного сервісу адаптуватися до динамічних викликів ринку й воєнного часу. В Україні технічний сервіс в АПК розглядається як самостійний вид інженерно-технічної діяльності, спрямований на забезпечення працездатності й надійності сільськогосподарської техніки на всіх етапах її життєвого циклу – від придбання до утилізації. Сучасні тенденції – зростання частки високотехнологічних імпортних машин, цифровізація агробізнесу, руйнування інфраструктури внаслідок війни – зумовлюють потребу переосмислити існуючі підходи до організації ТО і ремонту та сформувати нову модель системи технічного сервісу в АПК.

Система ТО і ремонту техніки в агропромисловому комплексі являє собою сукупність організаційних структур, технологічних процесів, матеріально-технічних ресурсів та нормативно-правових регламентів, що забезпечують підтримання працездатності машин на заданому рівні. У класичному розумінні вона включає планово-попереджувальне обслуговування за напрацюванням, періодичні та сезонні види ТО, поточні та капітальні ремонти з використанням вузлового чи агрегатного методу відновлення. Важливим є також інформаційний та діагностичний компоненти, що дають змогу здійснювати контроль технічного стану, прогнозувати відмови та оптимізувати ресурси на ремонтно-обслуговуючі роботи. У сучасних умовах система повинна розглядатися як відкрита організаційно-технічна система, інтегрована з виробничими, логістичними та фінансовими процесами аграрних підприємств і здатна забезпечити гнучке реагування на зміни зовнішнього середовища.

Розвиток ринку сільськогосподарської техніки в Україні зумовив появу кількох базових моделей організації технічного сервісу: фірмовий (дилерський) сервіс, незалежні сервісні підприємства, внутрішньогосподарські ремонтні підрозділи та сервісні кооперативи. Фірмовий сервіс, який забезпечують офіційні дилери провідних брендів (наприклад, мережі, що обслуговують техніку John Deere, Claas, Case IH тощо), характеризується високою якістю робіт, доступом до оригінальних запчастин, сучасною діагностикою й телеметрією, але часто має високу вартість послуг і обмежене територіальне покриття для малих та середніх господарств. Незалежні сервісні підприємства й внутрішньогосподарські майстерні забезпечують більшу гнучкість, проте часто поступаються рівнем оснащення, доступом до технічної документації, стандартами якості та можливостями дистанційної підтримки. Перспективним напрямом є розвиток регіональних сервісних кластерів і кооперативних формувань, які б поєднували переваги фірмового сервісу з доступністю для різних категорій товаровиробників.

Повномасштабна агресія РФ спричинила значні прямі та опосередковані втрати в агросекторі: знищення і пошкодження машинно-тракторного парку, мінування полів, руйнування ремонтно-обслуговуючої інфраструктури, логістичних та енергетичних об’єктів. Частина сервісних центрів опинилася на окупованих територіях або в зоні бойових дій, що призвело до розриву ланцюгів постачання запчастин, втрати кваліфікованих кадрів, релокації підприємств та зміни структури попиту на сервісні послуги. Для багатьох господарств критичною стала проблема фізичного доступу до сервісу через небезпеку пересування техніки, пошкодження доріг та мостів, дефіцит пального й перебої в енергопостачанні. Додатковим викликом є високий ступінь зношеності наявної техніки, особливо в

малих і середніх господарствах, де часто експлуатуються машини з відпрацьованим ресурсом і недостатнім рівнем профілактичного обслуговування.

Незважаючи на наявність галузевих стандартів, методичних рекомендацій і освітніх програм з технічного сервісу, нормативно-правова база часто відстає від реальних потреб ринку та вимог інтеграції з європейським простором. Однією з ключових проблем є недостатня регламентація обов'язків виробників і дилерів щодо забезпечення користувачів ремонтно-експлуатаційною документацією, діагностичними засобами та технологічним оснащенням, особливо у післягарантійний період. Обмеження доступу до технічної інформації й програмного забезпечення для сучасної електронізованої техніки ускладнює діяльність незалежних сервісних структур, підвищує залежність аграріїв від вузького кола офіційних постачальників і стримує конкуренцію на ринку сервісних послуг. Водночас відсутність єдиних електронних реєстрів машин, історій обслуговування та ремонтів знижує можливості для застосування аналітики даних і побудови прогнозних моделей зносу та відмов.

Світові та українські тенденції розвитку «розумного» землеробства засвідчують стрімке зростання ролі цифрових технологій, телематики, систем моніторингу та штучного інтелекту в організації технічного сервісу. Для сучасних тракторів, комбайнів і самохідних машин використання автопілотів, RTK-сигналів, бортових терміналів і хмарних платформ уже стало стандартом для середніх і великих господарств. Накопичення великих масивів телеметричних даних, інформації про режими роботи, навантаження, умови ґрунту та погоди відкриває можливості впровадження предиктивного обслуговування (predictive maintenance) на основі моделей прогнозування залишкового ресурсу (RUL) вузлів і агрегатів. Дослідження показують, що використання алгоритмів глибокого навчання (наприклад, LSTM-мереж) для аналізу поєднаних телеметричних, сервісних і геопросторових даних дає змогу суттєво знизити витрати на ТО, скоротити кількість відмов у пікові періоди робіт і підвищити ефективність використання техніки.

Надійність і ефективність системи ТО і ремонту неможливо забезпечити без достатньої кількості кваліфікованих інженерів-механіків, сервіс-менеджерів, діагностів і операторів сучасних сервісних засобів. В Україні сформовано мережу освітніх програм за спеціальністю «Технічний сервіс в АПК», які орієнтовані на підготовку фахівців, здатних вирішувати завдання технічної експлуатації, діагностики та ремонту сільськогосподарської техніки. Проте війна посилила кадровий дефіцит через мобілізацію, міграцію молоді та скорочення наборів у деяких регіонах. Відбувається старіння кадрового ядра, а практичні навички роботи з новітньою іноземною технікою та цифровими платформами нерідко відстають від вимог виробництва. Це обумовлює потребу в оновленні освітніх програм, розширенні дуальної освіти, поглибленні співпраці ЗВО й коледжів із дилерськими структурами та сервісними компаніями, а також в активному використанні цифрових тренажерів, віртуальних лабораторій і дистанційних курсів підвищення кваліфікації.

Підвищення стійкості й ефективності системи технічного сервісу вимагає формування комплексу інституційних та економічних механізмів підтримки. Серед пріоритетів – створення умов для розвитку сервісних кооперативів та регіональних кластерів технічного сервісу, здатних обслуговувати парк техніки різної відомчої належності та походження; стимулювання локалізації виробництва запасних частин і витратних матеріалів; розроблення програм часткової компенсації вартості сервісних послуг і модернізації ремонтної бази для малих і середніх господарств. Важливим напрямом є підтримка цифрової інфраструктури: державне сприяння створенню єдиного електронного реєстру машин та історій їх обслуговування, розвиток національних платформ технічного моніторингу, а також інтеграція з європейськими інформаційними системами в контексті майбутнього членства України в ЄС.

Оцінки міжнародних організацій засвідчують, що відновлення зруйнованих фондів, включно з технічною інфраструктурою АПК, потребуватиме значних інвестицій і буде одним із ключових напрямів післявоєнної реконструкції. Для системи ТО і ремонту це означає можливість не просто повернутися до довоєнного стану, а побудувати якісно нову архітектуру сервісу на основі принципів стійкості, цифрової інтеграції та кліматичної нейтральності. Перспективним є створення сучасних сервісно-логістичних хабів із поєднанням функцій ремонту, діагностики, зберігання техніки, навчання персоналу, енергозабезпечення з використанням відновлюваних джерел енергії та інтелектуальних систем управління. Важливо, щоб програми міжнародної допомоги та інвестиційні проєкти в агросекторі обов'язково включали компонент розвитку технічного сервісу як критичного елемента продовольчої безпеки та експортного потенціалу України.

Система ТО і ремонту техніки в АПК України перебуває у стадії глибокої трансформації під впливом технологічних, організаційно-економічних та воєнних чинників. Класична модель планово-

попереджувального обслуговування має поступово доповнюватися та заміщуватися підходами, що ґрунтуються на даних, цифрових технологіях моніторингу, предиктивній аналітиці та інтеграції сервісних бізнес-процесів з виробничими й логістичними. Ключовими проблемами залишаються високий ступінь зношеності техніки, руйнування сервісної інфраструктури, нормативно-інформаційні бар'єри, дефіцит кадрів і нерівномірність доступу до якісних сервісних послуг між різними категоріями товаровиробників. Водночас наявні виклики створюють вікно можливостей для побудови більш стійкої та ефективної системи технічного сервісу – через розвиток сервісних кластерів і кооперативів, цифровізацію та предиктивне обслуговування, оновлення нормативної бази, модернізацію освітніх програм і залучення інвестицій у відновлення інфраструктури. Реалізація цих напрямів стане важливим чинником підвищення конкурентоспроможності українського АПК і посилення його ролі в глобальній продовольчій безпеці.

55. Куликівський В.Л., Гарманчук Р.С., Стеблецький Н.Ю. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Хоменко С.М., Сторожинський І.І. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ОПТИМІЗАЦІЯ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АГРОТЕХНІКИ З УРАХУВАННЯМ СЕЗОННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Сервісне обслуговування агротехніки є ключовою складовою забезпечення стабільної роботи аграрного виробництва, особливо в умовах високої залежності від сезонних циклів, характерних для польових робіт. У періоди інтенсивного навантаження, коли від ефективності роботи тракторів, ґрунтообробних знарядь, зернозбиральних комбайнів та спеціалізованих агрегатів залежить своєчасність виконання технологічних операцій, зростає ризик відмов техніки, що безпосередньо впливає на продуктивність і економічні показники господарств. Сезонність створює нерівномірний розподіл ремонтних потреб, а отже потребує оптимізації сервісного забезпечення з використанням сучасних управлінських, логістичних та цифрових технологій.

Проблематика оптимізації сервісного обслуговування полягає у забезпеченні високого рівня технічної готовності машин і мінімізації простоїв, які в пікові періоди можуть призвести до суттєвих виробничих втрат. Сільськогосподарські машини в Україні працюють у складних умовах, що включають значні добові та сезонні коливання навантажень, високу інтенсивність експлуатації в короткі проміжки часу, вплив абразивного середовища та ґрунтових домішок, а також додаткові проблеми, пов'язані з логістичними обмеженнями, викликаними воєнними діями. Унаслідок цього традиційні підходи до технічного обслуговування, які базуються на регламентному ремонті без урахування реального технічного стану агрегатів, уже не здатні забезпечити необхідну ефективність у сучасних умовах. Виникає потреба у розробленні системи, яка враховує сезонне навантаження, інтенсивність експлуатації та прогностичні параметри технічного стану.

Особливості сезонного навантаження впливають не лише на ймовірність відмов, але й на структуру сервісної інфраструктури. У період посівної та жнивної кампаній кількість заявок на сервісне обслуговування зростає у декілька разів, що створює високе навантаження на сервісні центри та мобільні бригади. У таких умовах навіть невелика відмова може спричинити суттєві перебої у виробничому циклі, оскільки втрата робочого дня під час збирання збіжжя часто призводить до недобору урожаю або зниження його якості. Сезонність також впливає на логістику постачання запасних частин, адже у пікові періоди виникає їх дефіцит, а терміни доставлення збільшуються через підвищене навантаження на транспортні компанії та складську інфраструктуру. Таким чином, сезонні чинники формують потребу не лише в оперативному реагуванні на відмови, а й у попередньому стратегічному плануванні ресурсів сервісних підприємств.

З огляду на це оптимізація сервісного обслуговування потребує комплексного підходу, що включає прогнозування технічного стану машин, аналіз статистики відмов, оцінку сезонної динаміки навантаження, моделювання роботи сервісних постів та управління запасами. Важливим елементом цього процесу є впровадження телематичних систем, які надають можливість відстежувати робочі параметри агрегатів у режимі реального часу та визначати відхилення від норми. Отримані дані дозволяють прогнозувати потенційні відмови, формувати індивідуальні графіки технічного обслуговування та оптимізувати використання сервісного персоналу. Умови експлуатації сучасної техніки вимагають переходу до превентивних та предиктивних моделей технічного сервісу, оскільки

вони забезпечують зниження частки аварійних ремонтів та покращення загальної надійності машинного парку.

Суттєве значення має також питання логістики постачання запасних частин. У високосезонні періоди відсутність необхідного підшипника, ременя чи датчика може спричинити багатоденний простій. Тому сервісні компанії та агропідприємства дедалі частіше формують страхові запаси критично важливих компонентів або використовують автоматизовані системи управління складськими ресурсами, які прогнозують потребу в деталях на основі аналізу попередніх сезонів та прогнозованих навантажень. Такі системи дозволяють зменшити ризик дефіциту та забезпечують більш рівномірне поповнення складів протягом року. В умовах воєнного часу, коли логістика ускладнена, а строки постачання з-за кордону можуть бути непередбачуваними, роль таких інструментів значно зростає.

Важливою складовою оптимізації сервісного обслуговування є кадрове забезпечення. Оскільки сезонні піки створюють нерівномірне навантаження, сервісні компанії стикаються з нестачею кваліфікованих інженерів саме тоді, коли вони найбільше потрібні. Це зумовлює необхідність формування гнучких моделей організації праці, включно із тимчасовим залученням інженерів на сезонних контрактах, створенням мобільних сервісних підрозділів та використанням систем дистанційної діагностики, що дозволяють скоротити кількість виїздів на місце експлуатації техніки. Одним із перспективних напрямів залишається створення навчальних центрів при дилерських підприємствах, де техніки можуть швидко підвищити кваліфікацію, опанувати сучасні діагностичні засоби та відпрацювати навички ремонту складних електронних систем, якими оснащено нове покоління агротехніки.

Оптимізована система сервісного обслуговування повинна враховувати потребу в розробленні сезонної матриці навантажень, яка дає змогу прогнозувати кількість звернень до сервісних центрів залежно від типу техніки, інтенсивності її експлуатації та статистики попередніх років. Така матриця допомагає ефективніше планувати завантаження постів, регламентувати рух мобільних бригад і визначати оптимальні маршрути їх переміщення. Важливим елементом аналітичної моделі є оцінювання коефіцієнта технічної готовності, який показує рівень ефективності сервісного забезпечення в різні періоди року. Завдяки цьому підприємство може визначити вузькі місця в системі технічного сервісу та розробити шляхи їх усунення.

Цифровізація сервісних процесів створює нові можливості для оптимізації технічного обслуговування з урахуванням сезонного навантаження. Використання електронних баз даних, автоматизованих систем управління заявками, програм для відстеження переміщення сервісних інженерів та мобільних груп дозволяє значно підвищити оперативність реагування та скоротити час простою техніки. Особливо ефективними є інтелектуальні системи, які на основі машинного навчання аналізують поведінку технічних параметрів і пропонують точні прогнози щодо можливих відмов. Такі системи формують рекомендації щодо планування сервісних робіт, розраховують економічну доцільність ремонтів і допомагають агропідприємствам ухвалювати стратегічні рішення.

Економічний ефект від оптимізації сервісного обслуговування проявляється у суттєвому зниженні простоїв, збільшенні продуктивності машин, зменшенні витрат на аварійні ремонти та продовженні строку служби техніки. Для великих аграрних компаній ефективно організоване сервісне обслуговування може забезпечити економію сотень тисяч гривень за сезон, що робить його одним із ключових чинників конкурентоспроможності. Превентивні стратегії обслуговування дозволяють змістити акцент з ремонту "за фактом" на ремонт "за прогнозом", що є більш ефективним як з економічної, так і з технологічної точки зору.

Узагальнюючи викладене, можна стверджувати, що оптимізація сервісного обслуговування агротехніки з урахуванням сезонного навантаження є багатофакторним процесом, що охоплює технічні, організаційні, логістичні та цифрові аспекти. Комплексна система управління сервісом, побудована на основі аналізу сезонних циклів та прогнозування технічного стану машин, забезпечує зниження ризиків відмов, підвищує ефективність аграрного виробництва та сприяє раціональному використанню ресурсів сервісних підприємств. У сучасних умовах, коли аграрний сектор працює під впливом високих технологічних вимог та нестабільних зовнішніх чинників, створення такої системи є не лише бажаним, а й обов’язковим кроком для забезпечення стійкого розвитку та технічної надійності машинно-тракторного парку.

56. Борак К.В., Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.
Грудовий Р.С., Олійник А.В., Мельник Р.П. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН МЕТОДАМИ ЗМІЦНЕННЯ ТА НАПЛАВЛЕННЯ

Робочі органи плугів, культиваторів, глибокорозпушувачів, дискових борін і комбінованих агрегатів працюють у надзвичайно жорстких умовах: вони безперервно контактують із ґрунтовою масою, що містить тверді абразивні частинки різної крупності, каміння та рослинні рештки. У результаті інтенсивного абразивного зношування відбувається втрата маси, зміна профілю та геометрії деталей, погіршується якість технологічного процесу обробітку ґрунту, зростає витрата палива та енергетичні витрати агрегату.

Традиційне рішення проблеми — часта заміна зношених робочих органів — призводить до значних прямих витрат на запасні частини й непрямих витрат через простої техніки. Тому актуальним є комплексне підвищення надійності робочих органів шляхом оптимізації конструкцій, застосування зносостійких матеріалів і широкого використання технологій поверхневого зміцнення та наплавлення. Сучасні дослідження підтверджують, що раціональне формування властивостей поверхневого шару дозволяє істотно зменшити інтенсивність зношування, зберегти працездатну форму та забезпечити ефект самозагострення робочих кромок.

Аналіз літератури свідчить, що в останні десятиріччя проблеми трибології ґрунтообробних робочих органів та підвищення їх зносостійкості є предметом активних досліджень. Окремі оглядові роботи систематизують види зношування, властивості ґрунтів, що впливають на інтенсивність абразивного руйнування, а також методи покриття та зміцнення робочих органів.

Вказується, що застосування поверхневого зміцнення (термічного, хіміко-термічного, механічного) дозволяє суттєво підвищити твердість поверхневого шару та зменшити чутливість до абразивного зносу. У низці праць розглядаються борвмісні сталі та високо-борисні чавуни як матеріали для виготовлення робочих органів, що поєднують високу твердість із достатньою в'язкістю, необхідною для сприйняття ударних навантажень у ґрунті.

Особливе місце займають роботи, присвячені наплавленню та нанесенню зносостійких покриттів на базові маловуглецеві та низьколеговані сталі робочих органів. Показано, що наплавлення високолегованими хромистими і борвмісними сплавами, карбідовмісними композиціями, а також використання порошкових дротів дозволяє підвищити зносостійкість у 1,5–4 рази залежно від умов випробувань і складу шару.

У сучасних роботах також розглядаються питання рівностійкості робочих поверхонь ґрунтообробних органів, коли локальна зносостійкість відповідає локальній інтенсивності абразивного впливу, що дозволяє забезпечити самозагострення лез та стабільну якість обробітку. Досліджуються комбіновані технології: поєднання термічного зміцнення, наплавлення й плазмового напилення, що особливо актуально для дорогих багаторазових робочих органів.

Водночас залишаються актуальними питання вибору оптимальної схеми зміцнення та наплавлення з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов, типу ґрунтообробного агрегату, режимів роботи й економічної доцільності.

Робочі органи ґрунтообробних машин піддаються переважно абразивному зносу, який формується в результаті ковзання та перекочування частинок ґрунту по поверхні металу. Розрізняють мікрорізання, мікроплуження та мікроламінацію, що залежать від твердості ґрунтових частинок і металу, кута атаки та швидкості руху робочого органа.

Основні фактори, що визначають інтенсивність зношування:

- гранулометричний склад і вологість ґрунту;
- наявність у ґрунті кварцових та інших твердих мінералів;
- швидкість руху агрегату та глибина обробітку;
- форма, кут атаки та шорсткість поверхні робочого органа;
- механічні властивості матеріалу та стан поверхневого шару.

На практиці спостерігається нерівномірне зношування: найбільше руйнуються носові частини лемешів, доліт, стояків, а також зовнішні ділянки дисків. Така нерівномірність призводить до порушення геометрії, збільшення тягового опору, неоднорідної глибини обробітку ґрунту. Для

подовження ресурсу важливим є забезпечення рівностійкості поверхонь — такого розподілу твердості й товщини зміцнених шарів, за якого всі зони зношуються приблизно однаково й зберігають необхідну форму протягом заданого ресурсу.

Термічна обробка (гартування з відпуском, нормалізація) традиційно застосовується для робочих органів, виготовлених зі сталей підвищеної твердості. Вибір режимів гартування забезпечує утворення на поверхні мартенситної структури з твердістю 45–60 HRC при достатній в'язкості серцевини.

Хіміко-термічні процеси (цементація, борування, нітроцементація) формують зміцнений поверхневий шар із підвищеним вмістом вуглецю, бору чи азоту. Зокрема, борування дозволяє отримати шар боридів заліза з дуже високою твердістю (до 1800–2000 HV), що істотно підвищує стійкість до абразивного зношування в ґрунтовому середовищі.

Для борвмісних сталей, які широко застосовуються у сучасних ґрунтообробних знаряддях, рекомендовано поєднувати гартування та відпуск із попередньою або супутньою термомеханічною обробкою (прокат, кування), що додатково підвищує зносостійкість і опір втомі.

Механічне поверхневе зміцнення включає кульову обробку (дробоструминне наклепування), накочування, роликове ущільнення. Удари дробу або тиск ролика спричиняють локальну пластичну деформацію поверхневого шару, що підвищує його твердість, вводить залишкові стискуючі напруження та зменшує схильність до утворення й поширення тріщин.

Такі методи доцільно застосовувати як попередню операцію перед наплавленням або як самостійне зміцнення для недорогих деталей, де потрібне помірне зростання ресурсу за мінімальних витрат.

Поєднання термічного, хіміко-термічного й механічного зміцнення дозволяє сформувати багатошарову структуру, у якій поверхневий шар має максимальну твердість, перехідна зона – підвищену в'язкість, а серцевина – достатню міцність і пластичність. Для деяких типів робочих органів таке комбіноване зміцнення є підготовчим етапом перед наплавленням, що оптимізує розподіл напружень і знижує ризик відшарування наплавленого металу.

Наплавлення (hardfacing, hardsurfacing) — це нанесення на поверхню робочої деталі шару металу або композиційного матеріалу з підвищеною зносостійкістю за допомогою плавлення та металургійного з'єднання з основою.

Найпоширеніші процеси:

- ручне дугове наплавлення покритими електродами;
- напівавтоматичне наплавлення в середовищі захисних газів суцільним чи порошковим дротом;
- автоматичне наплавлення під шаром флюсу;
- плазмове наплавлення та напилення;
- високошвидкісне газополуменеве напилення (HVOF) з подальшим спіканням/оплавленням.

Вибір способу визначається масштабом робіт, доступним обладнанням, геометрією деталі та вимогами до структури й властивостей наплавленого шару. Для сільськогосподарських підприємств найтиповішими є ручне й напівавтоматичне дугове наплавлення.

Матеріали для наплавлення можна класифікувати за групами:

Високомарганцеві та високо-хромисті сталі (типу Hadfield, Cr–Mn–C системи), які поєднують робоче наклепування та підвищену зносостійкість.

Високо-хромисті чавуни і сталі з евтектичними карбідами (M_7C_3, $M_{23}C_6$), які забезпечують високу стійкість до абразивного зносу, але мають відносно низьку ударну в'язкість.

Карбідовмісні композиційні покриття (WC, Cr_3C_2, NbC тощо), що формуються у вигляді наплавлених чи напилених шарів з надзвичайно високою твердістю — для найважчих умов роботи.

Спеціальні порошкові дроти й електроди для наплавлення ґрунтообробних робочих органів, що забезпечують оптимальний баланс між твердістю, тріщиностійкістю й технологічністю.

Сучасні дослідження показують, що найкращі результати досягаються при використанні багатошарових систем: базовий шар — м'якіший, з хорошою адгезією до основи, робочий шар — високохромистий або карбідовмісний, інколи з додатковим тонким «жертвовим» прошарком для стабілізації мікротріщин.

Результати польових і лабораторних випробувань свідчать, що наплавлення дозволяє суттєво зменшити масову втрату металу та зміну лінійних розмірів робочих органів. Для лемешів і доліт плугів

зносостійкість наплавлених зразків у різних дослідженнях зростала від 1,5 до 4 разів у порівнянні з ненаплавленими сталями, залежно від вибору наплавлювального матеріалу й режимів.

У деяких працях наведені дані, що при роботі в польових умовах масова швидкість зносу необроблених лез становила умовно близько 7 г/га, тоді як при використанні різних хромистих наплавлювальних матеріалів вона зменшувалася майже вдвічі й більше, що підтверджує високу ефективність поверхневого легування хромом та утворення твердих карбідних фаз у наплавленому шарі.

Важливо, що при раціональному доборі матеріалу й технології наплавлення не спостерігається істотного погіршення тягових показників ґрунтообробних агрегатів, а у ряді випадків — навіть знижується тяговий опір завдяки збереженню оптимальної геометрії робочої поверхні та зменшенню її шорсткості в процесі експлуатації.

Під надійністю робочих органів розуміють здатність зберігати працездатність та технологічні параметри обробітку ґрунту протягом заданого ресурсу без відмов. Параметрами, що найбільше залежать від стану поверхні, є: глибина й рівномірність обробітку, кут різання, шорсткість сліду, тяговий опір, витрата палива.

Методи поверхневого зміцнення й наплавлення впливають на надійність у кількох аспектах:

Зменшення швидкості зносу. Завдяки підвищенню твердості й утворенню твердих фаз (карбідів, боридів) інтенсивність абразивного руйнування суттєво знижується.

Покращення геометричної стабільності. Збереження профілю робочого органа дозволяє підтримувати сталу глибину обробітку й ефект самозагострення.

Зниження ризику втомного руйнування. Правильно підібрані режими зміцнення й наплавлення підвищують опір втомі та знижують концентрацію напружень, що зменшує вірогідність відколів і тріщин.

Оптимізація рівностійкості. Диференційоване зміцнення окремих зон робочої поверхні дає можливість досягти рівномірного зносу й максимально використати ресурс деталі до граничного стану.

У сукупності це дозволяє збільшити міжремонтний ресурс робочих органів у 1,5–3 рази та зменшити кількість відмов, пов’язаних з руйнуванням елементів при зіткненні з камінням чи іншими перешкодами.

Багато досліджень демонструють, що навіть при відносно високій вартості наплавлювальних матеріалів і робіт, загальна вартість обробітку одиниці площі поля зменшується, оскільки збільшується ресурс робочих органів та знижується кількість ремонтних операцій у сезон.

Для аграрних підприємств особливу цінність мають технології, які можуть бути реалізовані в умовах власних ремонтних майстерень – ручне й напівавтоматичне наплавлення, прості методи термічної обробки, механічне зміцнення. Вони не потребують дорогого спеціалізованого обладнання, але дають відчутний приріст ресурсу.

Для лемешів і доліт плугів, що працюють у важких та середніх ґрунтах із високим вмістом абразивних частинок, доцільно застосовувати комбіноване рішення: виготовлення з борвмісної сталі з наступним гартуванням і наплавленням носової частини високо-хромистим або карбідовмісним матеріалом.

Для стояків і лап культиваторів, що зазнають значних ударних навантажень, рекомендується використання трохи м’якших наплавлювальних сплавів з підвищеною в’язкістю та робочим наклепуванням, щоб уникнути відколів і крихкого руйнування.

Для дискових робочих органів, де важливі одночасно зносостійкість і балансування, доцільні тонкі наплавлені або напилені шари з високою твердістю, нанесені симетрично з обох боків диска для збереження масового центру.

У піщаних і супіщаних ґрунтах, що викликають особливо інтенсивний абразивний знос, рекомендовано використовувати карбідовмісні покриття або боровані поверхні, а також розглядати можливість застосування змінних накладок (жертвових елементів), які простіше й дешевше замінювати.

У кам’янистих ґрунтах доцільно обирати матеріали з підвищеною ударною в’язкістю та застосовувати схеми диференційованого зміцнення, де найбільш навантажені зони мають більш товстий, але не надмірно крихкий наплавлений шар.

З технологічної точки зору важливо дотримуватися рекомендацій виробників наплавлювальних матеріалів щодо попереднього підігріву, міжшарної температури, режимів охолодження, щоб мінімізувати ризик утворення холодних тріщин і відшарувань.

Робочі органи ґрунтообробних машин працюють у складних абразивних умовах, що зумовлює інтенсивне зношування, зміну геометрії та зниження технологічної ефективності обробітку ґрунту. Використання сучасних матеріалів (борвмісні сталі, високо-хромисті сталі й чавуни, карбідовмісні композиції) у поєднанні з термічним, хіміко-термічним і механічним зміцненням дозволяє суттєво підвищити зносостійкість робочих органів. Наплавлення є одним із найефективніших методів відновлення та зміцнення робочих органів, оскільки дає змогу сформувати на поверхні шар з оптимальними триботехнічними властивостями та підвищеною твердістю, що забезпечує зниження інтенсивності зносу у 1,5–4 рази порівняно з необробленими сталями. Комплексне застосування зміцнення та наплавлення дозволяє реалізувати концепцію рівностійкості робочих поверхонь, забезпечити самозагострення, стабільну якість обробітку й підвищити надійність ґрунтообробних машин загалом. Економічна оцінка показує, що додаткові витрати на зміцнювальні операції компенсуються за рахунок збільшення ресурсу робочих органів, зменшення простоїв техніки та зниження питомих витрат на обробіток ґрунту. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку адаптивних систем вибору технології зміцнення та наплавлення з урахуванням конкретних ґрунтових умов, типу машини, режимів експлуатації та економічних обмежень, а також на моделювання трибологічної поведінки зміцнених і наплавлених шарів із використанням сучасних комп’ютерних методів.

57. Боровський В.М., Чехов В.І., Мішута В.Д. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Хоменко С.М., Яриновський С.Т. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ДІАГНОСТИКА ЯК КЛЮЧОВИЙ ЕЛЕМЕНТ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

У сучасних умовах інтенсивного розвитку аграрного виробництва та зростання технічної оснащеності підприємств сільськогосподарські машини перетворюються на складні технічні системи з великою кількістю взаємопов’язаних вузлів, електронних компонентів та програмного забезпечення. У таких умовах значно підвищуються вимоги до організації технічного сервісу, центральне місце в якому посідає технічна діагностика. Саме діагностика дозволяє не лише вчасно виявляти відмови й несправності, а й прогнозувати технічний стан машин, забезпечуючи перехід від реактивного ремонту до превентивного та прогнозованого обслуговування. Тому дослідження ролі діагностики як ключового елемента системи технічного сервісу сільськогосподарських машин є актуальним завданням теорії й практики технічної експлуатації.

Сутність технічної діагностики полягає у встановленні технічного стану об’єкта за результатами контролю низки діагностичних параметрів, які опосередковано або безпосередньо відображають працездатність його вузлів та агрегатів. На відміну від традиційного підходу «ремонт за фактом відмови», діагностування орієнтоване на раннє виявлення ознак зародження дефектів, оцінку залишкового ресурсу та прийняття обґрунтованих рішень щодо обсягів і строків технічного обслуговування. Для сільськогосподарських машин, що працюють в умовах значних змін навантаження, агресивного пилового середовища, підвищеної вологості та сезонності експлуатації, така інформація є критично важливою. Вона дозволяє зменшити ризик раптових відмов у пікові періоди польових робіт, коли навіть короткочасний простій призводить до суттєвих економічних втрат.

Особливістю сільськогосподарської техніки є поєднання механічних, гідравлічних, електричних та електронних систем у межах одного агрегату. Трактори, зернозбиральні та кормозбиральні комбайни, ґрунтообробні й посівні агрегати, машини для внесення добрив і засобів захисту рослин включають двигун внутрішнього згоряння, трансмісію, ходову частину, робочі органи, гідросистему, системи керування та контролю. Кожен із цих елементів має власні діагностичні ознаки, характерні режими зношування та типові відмови. Тому ефективна діагностика вимагає комплексного підходу, що охоплює механічні, енергетичні, гідравлічні, електричні та інформаційні параметри, а також враховує реальні умови експлуатації машин у полі.

Важливим аспектом є класифікація діагностики, яка дозволяє систематизувати методи й засоби контролю технічного стану. За часом проведення розрізняють періодичну, оперативну та безперервну діагностику. Періодична здійснюється під час планових регламентних робіт і дає можливість комплексно оцінити стан агрегатів. Оперативна проводиться безпосередньо перед виходом машини на

лінію або після завершення зміни для прийняття рішення щодо її подальшої експлуатації. Безперервна діагностика пов’язана з використанням бортових систем моніторингу та телематики, які в режимі реального часу контролюють основні параметри й передають інформацію сервісним службам. Для сучасних високовартісних машин саме поєднання цих видів діагностики забезпечує максимальний ефект.

Методичні підходи до діагностування сільськогосподарських машин включають візуально-органолептичні методи, інструментальні вимірювання, стендові випробування, аналіз робочих рідин та використання спеціалізованого програмно-апаратного забезпечення. Візуальний огляд, прослуховування роботи агрегатів, контроль нагрівання на дотик, оцінка наявності підтікання робочих рідин залишаються важливими базовими методами, однак не можуть забезпечити необхідної точності та об’єктивності. Тому дедалі ширше застосовуються інструментальні методи: вимірювання тиску в гідросистемах, діагностика паливної апаратури, аналіз компресії в циліндрах двигуна, вимірювання люфтів, биття й вібрацій, контроль параметрів електронних систем керування тощо. Використання переносних діагностичних приладів дає змогу проводити значну частину робіт безпосередньо в полі, не демонтуючи агрегати та не транспортуючи техніку до стаціонарних майстерень.

Окреме значення має вібраційна діагностика, яка дозволяє оцінювати стан підшипникових вузлів, редукторів, коробок передач, ходових частин та інших обертових елементів. Зміна спектра та амплітуди вібрацій сигналізує про розбалансування, розцентрування, знос зубчастих зачеплень, дефекти підшипників тощо. В умовах польової експлуатації, де механізми піддаються дії змінних ударних навантажень, вібраційна діагностика є ефективним інструментом раннього виявлення прихованих дефектів. Не менш важливим є аналіз мастил і робочих рідин, який базується на визначенні вмісту продуктів зношування, забруднень та зміні фізико-хімічних властивостей. За концентрацією металевих частинок у мастилі можна зробити висновок про інтенсивність зносу пар тертя, а отже, своєчасно провести регулювання чи ремонт.

Сучасні сільськогосподарські машини широко оснащуються електронними системами керування двигуном, трансмісією, гідравлікою, системами точного землеробства та навігації. Це відкриває можливості для застосування бортової діагностики, яка в автоматичному режимі відстежує відхилення параметрів від заданих і сигналізує оператору про виникнення несправностей. Читання кодів помилок за допомогою діагностичних сканерів дозволяє швидко локалізувати несправний вузол, звузити коло можливих причин і значно скоротити час пошуку дефекту. Важливо, що такі системи не лише фіксують факт відмови, а й накопичують історію роботи агрегата, що дає змогу аналізувати тенденції змін параметрів і використовувати ці дані в системах прогнозної діагностики.

Інтеграція діагностики в систему технічного сервісу сільськогосподарських машин передбачає створення єдиного інформаційного простору, де дані, отримані від бортових систем моніторингу, результатів стендових випробувань і польових вимірювань, акумулюються та аналізуються сервісними службами. На цій основі формуються індивідуальні графіки технічного обслуговування для кожної машини, встановлюються пріоритети для виконання ремонтних робіт, оптимізується логістика запасних частин і завантаження сервісних майстерень. Особливої ваги такі підходи набувають у період сезонних піків навантаження, коли кількість одночасно працюючої техніки та інтенсивність її використання різко зростають, а можливості сервісних служб залишаються обмеженими.

Економічна ефективність упровадження діагностики як ключового елемента технічного сервісу проявляється у зниженні витрат на ремонт, скороченні простоїв машин, підвищенні коефіцієнта технічної готовності та продовженні ресурсу основних агрегатів. Завдяки ранньому виявленню дефектів вдається уникати дорогих капітальних ремонтів, замінюючи окремі елементи на ранніх стадіях їхнього зношування. Крім того, діагностика дозволяє точніше планувати закупівлю запасних частин, уникати надлишкових складських запасів і водночас мінімізувати ризик дефіциту критично важливих елементів у пікові періоди. У підсумку це підвищує конкурентоспроможність сільськогосподарських підприємств та сервісних структур на ринку.

Організаційний аспект впровадження діагностичних технологій у технічний сервіс вимагає створення відповідної матеріально-технічної бази, підготовки кваліфікованих кадрів і розробки нормативно-методичного забезпечення. Сервісні центри мають бути оснащені сучасними стендами для діагностики двигунів, паливної апаратури, гідросистем, електронних блоків керування, а також переносними вимірювальними приладами для виїзних бригад. Інженерно-технічний персонал повинен володіти навичками роботи з діагностичними комплексами, програмним забезпеченням, методиками аналізу вібраційних сигналів, мастил та інших діагностичних параметрів. Не менш важливим є

оновлення навчальних планів агроінженерних спеціальностей, у яких дисципліни, пов'язані з діагностикою, мають посідати провідне місце.

Перспективи розвитку діагностики в технічному сервісі сільськогосподарських машин пов'язані з подальшою цифровізацією та використанням технологій Інтернету речей, хмарних обчислень і штучного інтелекту. Встановлення на техніці мережі сенсорів, які в режимі реального часу відстежують десятки параметрів, створює підґрунтя для побудови систем прогнозного обслуговування, здатних не лише фіксувати факт несправності, а й прогнозувати момент, коли параметр досягне критичної межі. Алгоритми машинного навчання можуть виявляти складні взаємозв'язки між режимами роботи машини, умовами навколишнього середовища та характером зношування, що людина не завжди здатна помітити. У результаті сервісні служби отримують інструмент для ще більш точного планування ремонтів і мінімізації ризиків відмов під час виконання відповідальних технологічних операцій.

Отже, діагностика є невід'ємною та ключовою складовою сучасного технічного сервісу сільськогосподарських машин. Вона забезпечує перехід від традиційних, переважно реактивних підходів до технічного обслуговування до концепції керованої надійності, коли рішення щодо ремонтів і регулювань приймаються на основі об'єктивних даних про реальний технічний стан машин. Комплексне впровадження діагностичних технологій, поєднане з розвитком сервісної інфраструктури та підготовкою висококваліфікованих кадрів, створює умови для підвищення ефективності використання техніки, зниження експлуатаційних витрат і зміцнення конкурентоспроможності аграрного сектору в цілому.

58. Дерев'янко Д.А., Гмир І.В., Крижанівський М.С. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

Хоменко С.М., Данилюк Н.О. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МАШИННО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ У РОСЛИННИЦТВІ

Сучасний етап розвитку рослинництва характеризується поєднанням одразу кількох взаємопов'язаних викликів: необхідністю стабільно підвищувати урожайність культур, зменшувати собівартість продукції, забезпечувати екологічну безпеку виробництва та адаптувати технології до кліматичних змін і ринкової нестабільності. У цих умовах машинно-технологічні комплекси в рослинництві перестають бути лише набором окремих машин і знарядь для виконання певних операцій. Вони перетворюються на складні інтегровані системи, що поєднують енергетичні засоби, технологічні машини, цифрові засоби керування, сенсорні мережі, аналітичне програмне забезпечення, логістичні рішення та розвинену інфраструктуру технічного сервісу. Така еволюція зумовлена стрімким розвитком точного землеробства, автоматизованих систем керування, роботизації та цифровізації аграрного виробництва.

Поняття машинно-технологічного комплексу доцільно трактувати як організаційно-технічну систему, яка охоплює весь ланцюг виробничого процесу в рослинництві – від основного та передпосівного обробітку ґрунту, сівби, догляду за посівами до збирання врожаю, його транспортування, післязбиральної доробки й короткострокового зберігання. У структурі такого комплексу виділяють енергетичні засоби (трактори, самохідні шасі, зернозбиральні й кормозбиральні комбайни, самохідні обприскувачі), робочі машини та знаряддя (ґрунтообробні агрегати, сівалки, обприскувачі, культиватори, розкидачі добрив), інформаційно-керуючі системи (навігація, моніторинг, телематика), підрозділи технічного сервісу, транспортно-логістичні засоби, а також організаційні рішення щодо планування, диспетчеризації й контролю виконання операцій. Якщо раніше ці елементи часто функціонували відносно автономно, то сучасні тенденції полягають у їх поступовому об'єднанні в єдиний цифрово-керований комплекс, де рішення приймаються на основі оперативних даних і аналітичних моделей.

Однією з ключових тенденцій розвитку машинно-технологічних комплексів є впровадження технологій точного землеробства, які базуються на диференційованому впливі на окремі ділянки поля або навіть на мікроділянки в межах робочої ширини захвату машини. Точна сівба з електроприводами висівних апаратів, змінна норма внесення мінеральних добрив і засобів захисту рослин, автоматичне відключення секцій, картографування врожайності та агрохімічних властивостей ґрунту – усе це формує нові вимоги до будови та оснастки машин. Агрегати повинні бути обладнані датчиками

контролю витрати матеріалу, робочої ширини, швидкості, положення робочих органів; електронними блоками керування, які забезпечують реалізацію карт-завдань; інтерфейсами для обміну даними з бортовими комп'ютерами та хмарними сервісами. Завдяки цьому сівалки, обприскувачі, розкидачі добрив і ґрунтообробні машини перетворюються на «розумні» модулі, здатні працювати не за фіксованими середніми нормами, а за просторово диференційованими алгоритмами, що враховують реальну неоднорідність посівів і ґрунтів.

Не менш важливою тенденцією є зростання рівня автоматизації керування машинно-тракторними агрегатами, що проявляється в широкому розповсюдженні систем автоматичного водіння, автопілотів, активних систем підтримання курсу, утримання в міжряддях або по технологічних коліях. Оператор поступово звільняється від необхідності постійно коригувати траєкторію руху, що підвищує точність виконання операцій і знижує втомлюваність персоналу. Наступний етап розвитку – поява напівавтономних і автономних машин, які здатні працювати за попередньо сформованими маршрутами з мінімальним втручанням людини. Такі машини оснащуються розвиненими сенсорними системами комп'ютерного зору, радарами, лідарними комплексами для виявлення перешкод і забезпечення безпечного руху. Формується нова концепція машинно-технологічних комплексів, у яких замість одного потужного агрегату на полі одночасно працює група менших за потужністю, але взаємопов'язаних роботизованих машин, що координуються єдиною системою керування і можуть виконувати операції паралельно, забезпечуючи високу продуктивність і гнучкість.

Розвиток машинно-технологічних комплексів нерозривно пов'язаний із становленням цифрових інформаційних платформ управління господарством. Системи типу FMIS (Farm Management Information Systems) дозволяють планувати сівозміни, формувати технологічні карти вирощування культур, складати графіки виконання робіт, розподіляти техніку за полями, контролювати завантаженість і простої машин, аналізувати витрати ресурсів та економічну ефективність прийнятих рішень. Дані від бортових терміналів, навігаційних систем, сенсорів машин, агрохімічних і метеорологічних служб надходять у єдину цифрову базу, де обробляються аналітичними модулями й візуалізуються для агрономів і менеджерів. У такому форматі машинно-технологічний комплекс уже виступає не стільки набором «залізних» агрегатів, скільки частиною кіберфізичної виробничої системи, у якій фізичні процеси тісно пов'язані з інформаційними потоками.

Важливою складовою сучасних тенденцій є орієнтація на енергоощадність і екологічну безпечність. Зростання цін на паливо, посилення вимог до скорочення викидів парникових газів і збереження родючості ґрунтів стимулюють пошук рішень, які дозволяють зменшити енерговитрати й негативний вплив на довкілля. Це реалізується через поширення технологій мінімального, смугового та нульового обробітку, що зменшують кількість проходів техніки по полю і, відповідно, витрат пального та ущільнення ґрунту. Широке застосування комбінованих агрегатів, які поєднують у собі функції декількох традиційних машин і виконують кілька операцій за один прохід, сприяє скороченню машинно-тракторного парку й підвищенню його завантаженості. Оптимізація потужності тракторів під конкретні агрегати, правильний вибір робочої швидкості, глибини обробітку та ширини захвату дозволяють зменшити надлишкові енерговитрати й підвищити паливну економічність. Паралельно удосконалюються силові установки, упроваджуються двигуни з поліпшеними показниками ККД та нижчим рівнем викидів, розглядаються перспективи використання гібридних і електричних приводів у сільськогосподарський техніці.

Для сучасних машинно-технологічних комплексів характерною є тенденція до універсалізації й модульності конструкцій. Висока вартість техніки та необхідність гнучко реагувати на зміну структури посівів і технологій вирощування культур зумовлюють застосування базових платформ, які можуть комплектуватися різними змінними робочими модулями. Один трактор або самохідне шасі здатні агрегатуватися з широким набором ґрунтообробних, посівних, доглядових та транспортних знарядь. Використання модульних рам, змінних секцій робочих органів, швидкознімних зчіпних систем дає можливість оперативно переналагоджувати комплекс під конкретну операцію й сезонні умови. Водночас зростає роль високоспеціалізованих машин, наприклад прецизійних сівалок для посіву просапних культур або обприскувачів із системами точкового внесення ЗЗР, які забезпечують унікально високу точність і якість виконання обмеженого спектра операцій. Таким чином, у складі машинно-технологічного комплексу формується ієрархія, де ядро становлять універсальні енергетичні й базові модульні системи, а периферію – спеціалізовані високоточні агрегати.

Не можна оминути увагою й стрімкий розвиток сенсорних систем і дистанційного моніторингу, які пронизують сучасні машинно-технологічні комплекси. Датчики вологості та температури ґрунту,

сенсори тиску в гідросистемі, навантаження на робочі органи, датчики рівня пального й заповнення бункерів, камери комп'ютерного зору для розпізнавання рядків, бур'янів і перешкод створюють основу для побудови гнучких систем автоматичного керування й оперативного контролю. Інформація з сенсорів може використовуватися як у режимі реального часу – для зміни норми внесення матеріалу, регулювання глибини обробітку, адаптації швидкості руху до умов ґрунту, так і в режимі відкладеного аналізу, коли накопичені дані застосовуються для побудови карт неоднорідності поля, оцінки ефективності агротехнічних заходів та обґрунтування інвестиційних рішень щодо оновлення парку машин. У поєднанні з даними від безпілотних літальних апаратів і супутникових систем спостереження це дозволяє створювати багаторівневу інформаційну модель агроландшафту, у якій машинно-технологічні комплекси відіграють роль інструменту реалізації керованих впливів.

Суттєву роль у підвищенні ефективності машинно-технологічних комплексів відіграє розвиток сервісної інфраструктури та впровадження засобів телематики й віддаленої діагностики. Сучасні трактори, комбайни та самохідні машини обладнуються телематичними модулями, що забезпечують передачу на сервери виробників або дилерів даних про режими роботи двигуна, трансмісії, гідросистеми, про виникнення помилок і відмов. На основі цих даних сервісні служби можуть проводити віддалену діагностику, консультувати операторів, своєчасно попереджати про необхідність технічного обслуговування чи заміни вузлів. Розробляються алгоритми прогнозної діагностики, які на базі аналізу трендів у зміні параметрів роботи агрегата виявляють потенційні несправності ще до їхнього прояву у вигляді відмови. Таким чином, технічний сервіс перестає бути реактивним і переходить до проактивної моделі, що підвищує технічну готовність машинно-технологічних комплексів, зменшує простої у пікові періоди польових робіт і знижує загальні експлуатаційні витрати.

Ще однією вагомою тенденцією є посилення логістичної складової в організації роботи машинно-технологічних комплексів. Із зростанням розмірів полів і господарств, підвищенням інтенсивності технологій та ускладненням виробничих процесів усе більшого значення набуває оптимізація маршрутів руху машин, узгодження роботи основних і допоміжних агрегатів, раціональна організація транспортування врожаю, добрив, насіння й паливно-мастильних матеріалів. Використання спеціалізованих програмних продуктів для планування польових робіт дозволяє зменшити холості переїзди, оптимізувати завантаження машин, збалансувати потоки сировини і техніки між полями, зернотоками та елеваторами. У результаті машинно-технологічний комплекс розглядається як елемент розширеної логістичної системи, а показники його ефективності оцінюються не лише за продуктивністю окремих машин, а й за узгодженістю їхньої роботи в просторі та часі.

Перспективи подальшого розвитку машинно-технологічних комплексів у рослинництві пов'язані з поглибленням цифровізації й активнішим застосуванням елементів штучного інтелекту. Очікується розширення парку повністю автономних машин, здатних виконувати весь комплекс польових операцій з мінімальним залученням операторів. Штучний інтелект може використовуватися для самонавчання систем керування на основі накопичених масивів даних, оптимізації параметрів роботи агрегатів під конкретні ґрунтово-кліматичні умови й особливості поля, побудови адаптивних технологічних сценаріїв. Інтеграція машин із мережами Інтернету речей забезпечить безперервний обмін інформацією між технікою, сенсорними мережами, метеостанціями, складськими комплексами та управлінськими центрами, що сприятиме формуванню цілісних кіберфізичних агротехнологічних систем. Перспективним є також використання альтернативних джерел енергії, насамперед електричних і гібридних приводів, а в довгостроковій перспективі – водневих установок, що дозволить істотно зменшити залежність агровиробництва від традиційних видів палива й скоротити вуглецевий слід.

Узагальнюючи викладене, можна констатувати, що сучасні тенденції розвитку машинно-технологічних комплексів у рослинництві визначаються переходом від традиційної моделі «трактор – машина – механізатор» до інтегрованих кіберфізичних систем, у яких технічні, інформаційні, організаційні та сервісні компоненти поєднані в єдиний керований комплекс. Впровадження технологій точного землеробства, автоматизованого та автономного керування машинами, розвиток цифрових платформ управління, енергоощадних та екологічно орієнтованих технологій, модульних і роботизованих рішень формує якісно новий рівень організації аграрного виробництва. Подальший прогрес у цій сфері буде пов'язаний із ширшим застосуванням штучного інтелекту, Інтернету речей, альтернативних джерел енергії, а також зі стандартизацією протоколів обміну даними й підготовкою висококваліфікованих фахівців, здатних ефективно працювати з такими складними машинно-технологічними комплексами.

59. Дерев'янко Д.А., Мазур М.П., Михалочкін Н.А. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Хоменко С.М., Максімов В.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ ПОЛЬОВИХ РОБІТ

Оптимізація системи машин для виконання основних польових робіт у рослинництві є одним із ключових напрямів підвищення конкурентоспроможності агровиробництва, оскільки саме механізовані операції формують значну частку собівартості продукції, визначають дотримання агротехнічних строків і безпосередньо впливають на рівень урожайності та стабільність результатів у різних погодних умовах. Сучасне господарство функціонує в умовах зростання цін на паливно-мастильні матеріали, подорожчання техніки й запасних частин, дефіциту кваліфікованих операторів, підвищення вимог до точності виконання технологічних операцій і посилення уваги до збереження ґрунтової родючості. Через це система машин більше не може розглядатися як випадковий набір тракторів і знарядь, підібраних за принципом наявності або короткострокової вигоди. Ефективний парк має формуватися як узгоджений машинно-технологічний комплекс, у якому кожна машина, агрегат і логістична ланка працюють на досягнення загального результату: своєчасне та якісне виконання всього циклу польових робіт у межах доступних виробничих «вікон» із мінімальними сумарними витратами протягом усього періоду експлуатації.

Під системою машин доцільно розуміти взаємопов'язану сукупність енергетичних засобів, робочих машин, транспортних і допоміжних одиниць, а також організаційних і сервісних ресурсів, що забезпечують реалізацію технології вирощування культур від підготовки ґрунту до збирання та післязбиральної логістики. У цьому контексті оптимізація означає пошук такого складу, структури й режимів використання техніки, за яких мінімізуються приведені витрати на одиницю виконаної роботи або одиницю продукції, зменшується енергоємність операцій, підвищується коефіцієнт використання змінного часу, знижується ризик простоїв і зривів строків, а також обмежується негативний вплив на ґрунт, зокрема ущільнення, руйнування структури та надмірна колійність. Практика показує, що найбільших втрат господарства зазнають не тоді, коли «бракує потужності» загалом, а тоді, коли пропускна здатність окремих операцій у технологічному ланцюзі не узгоджена між собою. Типовою є ситуація, коли продуктивний агрегат для обробітку ґрунту формує великі площі під посів, але сівалка або система підвозу насіння і добрив не встигає виконати роботу у вузькому агротехнічному інтервалі, внаслідок чого частина площі висівається із запізненням і втрачає потенціал. Аналогічно під час збирання потужний комбайн може простоювати через нестачу транспорту, невдало організовані маршрути, повільне розвантаження або відсутність перевантажувальних засобів, а це означає втрати продуктивності саме в період, коли кожен день має високу ціну через ризики осипання, перезволоження чи погіршення якості зерна.

Важливою особливістю оптимізаційного підходу є те, що «паспортні» характеристики техніки рідко збігаються з реальними виробничими можливостями. Реальна змінна продуктивність агрегату залежить від ширини захвату і робочої швидкості, але не меншою мірою від конфігурації поля, довжини гону, втрат часу на розвороти й налаштування, рівня забезпеченості матеріалами, організації підвозу та заправки, а також від дисципліни виконання технологічних регламентів. Тому оптимізація системи машин повинна спиратися на фактичні коефіцієнти використання часу зміни, реальні швидкісні режими з урахуванням якості, середні простої на обслуговування і ремонт, а також на очікувані ризики, пов'язані з погодою. За своєю суттю це багатокритеріальне завдання, де економічна мінімізація витрат має бути узгоджена із вимогами до якості виконання робіт і часовими обмеженнями агротехнології, а оптимальним виявляється не один «найкращий» варіант, а компромісне рішення, яке забезпечує достатню гнучкість і стійкість системи до коливань умов.

Фундаментальним елементом оптимізації є правильне узгодження енергозасобів і робочих машин. Надлишкова потужність трактора щодо потреб агрегату часто призводить до перевитрат капіталовкладень, вищих витрат на обслуговування та недовантаження техніки протягом сезону, тоді як дефіцит потужності знижує робочу швидкість, підвищує буксування, збільшує витрати пального на гектар і погіршує якість виконання операцій, особливо на важких ґрунтах або за підвищеної вологості. Оптимум не зводиться до максимізації потужності, а полягає в побудові раціональної «сітки» енергозасобів різних класів, де кожен клас закриває свій спектр робіт. Зазвичай економічно доцільно мати декілька груп тракторів або енергетичних засобів: важчі й потужніші для енергоємних

ґрунтообробних операцій, середні для сівби та універсальних робіт і легші для догляду за посівами, транспортування, допоміжних операцій та робіт, де вирішальною є маневреність і нижча питома вартість машино-години. Такий підхід не лише вирівнює завантаження техніки, а й підвищує стійкість системи, оскільки зменшує залежність від однієї «універсальної» машини, вихід з ладу якої може паралізувати ключові операції.

Оптимізація системи машин має враховувати й агроекологічні наслідки, які дедалі частіше стають визначальними в довгостроковій перспективі. Ущільнення ґрунту, зростання щільності підорного шару, руйнування агрегатної структури, колійність і погіршення водно-повітряного режиму можуть підвищувати енергоємність обробітку та знижувати ефективність використання вологи й елементів живлення, що в підсумку призводить до втрат урожайності. Тому при формуванні парку машин важливо оцінювати не лише «вартість виконання операції», а й вплив на ґрунт через масу енергозасобу, тип рушія, тиск у шинах, кількість проходів і технологічні схеми руху агрегатів. Практичний ефект дає мінімізація числа проходів шляхом комбінування операцій, застосування широкозахватних агрегатів у поєднанні з раціональними схемами руху, використання контролю тиску в шинах, а також перехід до ґрунтозахисних технологій у тих умовах, де це агрономічно обґрунтовано.

Суттєвим компонентом оптимізації є організація робіт у часі з урахуванням агротехнічних строків, адже навіть невелике запізнення із сівбою або внесенням засобів захисту може обернутися значними втратами, які «перекривають» економію на техніці. Тому систему машин потрібно проектувати за піковим сезонним навантаженням, орієнтуючись на найкоротші й найризикованіші періоди виконання ключових операцій. Водночас надмірне дублювання техніки веде до низького річного завантаження і зростання питомих витрат, тому важливо знаходити баланс, використовуючи організаційні резерви. До таких резервів належать підвищення змінності в пікові періоди, чіткі графіки підвозу ресурсів, мобільні заправні й сервісні засоби, а також залучення підрядників або кооперація на вузьких операціях, де придбання власної машини економічно невиправдане через малий обсяг робіт або коротку тривалість використання протягом року.

Окремого аналізу потребує логістична складова, оскільки в багатьох господарствах саме логістика формує головні втрати часу. Для збирання врожаю вирішальним стає не лише пропускна здатність комбайнів, а й кількість транспортних засобів, відстань до місця розвантаження, стан польових доріг, наявність перевантажувачів, організація руху на полі та мінімізація часу очікування. Для сівби й внесення добрив критичною є швидкість підвозу насіння, добрив і води, а також час завантаження, калібрування, підготовки робочих розчинів і промивання систем. У разі недостатньо продуманої логістики навіть сучасні високопродуктивні агрегати демонструють низьку фактичну продуктивність, що змушує господарство «компенсувати» проблему купівлею додаткових машин замість усунення організаційної причини. Оптимізація в такій ситуації полягає в узгодженні параметрів усіх ланок технологічного ланцюга, коли транспорт і допоміжні засоби підбираються за розрахунковими потоками матеріалів, а маршрути та точки забезпечення організуються так, щоб мінімізувати непланові зупинки.

Надійність техніки, доступність сервісу та забезпеченість запасними частинами також повинні бути інтегровані в оптимізаційну модель, оскільки реальні умови експлуатації передбачають відмови, регламентні зупинки на технічне обслуговування та ризики простоїв у найвідповідальніші періоди. Економічно вигідною часто є стратегія, за якої критичні операції мають резервні сценарії виконання: або через дублювання певних функцій у парку, або через можливість оперативного залучення підрядної техніки, або через гнучкий перерозподіл робіт між агрегатами. Важливим чинником стає перехід до обслуговування за технічним станом на основі діагностики, телематики та аналізу параметрів роботи, що дозволяє зменшувати ймовірність раптових відмов і планувати ремонти у періоди найменшого виробничого ризику. У системному вимірі це означає, що оптимізація парку повинна охоплювати не лише закупівлю машин, а й структуру сервісного забезпечення, підготовку персоналу, наявність інструменту, мобільних ремонтних можливостей і регламенти сезонної підготовки.

Цифрові технології дедалі більше змінюють саму логіку оптимізації системи машин, переводячи її з разового проєктного рішення в постійний процес удосконалення на основі даних. Телематика дозволяє отримувати об’єктивні показники фактичної швидкості, витрат пального, буксування, простоїв, завантаження двигуна, якості виконання операцій і точності проходів, що дає змогу уточнювати норми та планування не «за довідником», а за реальними умовами конкретного господарства. Карти врожайності, диференційоване внесення, секційне або форсункове відключення, автоматичне водіння й контроль перекриттів зменшують перевитрати матеріалів і підвищують

технологічну якість, а отже зміщують критерії оптимальності від простого нарощування потужності та ширини захвату до підвищення точності й керованості процесів. У цьому сенсі оптимальна система машин є тією, що забезпечує відтворювану якість і стабільність технології, зменшує втрати від людського фактору й погодних коливань та створює інформаційну основу для управління витратами і ризиками.

Сутність практичної оптимізації полягає в побудові кількох реалістичних альтернатив технологічних схем, оцінюванні кожної альтернативи за групою критеріїв і виборі компромісного варіанта, який забезпечує найкраще співвідношення витрат, продуктивності, своєчасності та технологічної якості. Для цього доцільно враховувати структуру посівних площ і сівозміни, строки виконання ключових операцій для кожної культури, конфігурацію полів і відстані, наявні кадрові ресурси, можливості зміни режимів роботи, а також сценарії ризиків, пов'язаних із погодою та надійністю техніки. Результатом оптимізації має бути не лише «перелік машин», а й узгоджений план їхнього використання, який визначає, які агрегати працюють у кожному піковому періоді, як організовано підвезення ресурсів, де розміщені мобільні заправні й сервісні засоби, які регламенти контролю та технічної готовності застосовуються і які резервні сценарії передбачені на випадок відмов або погіршення умов.

У підсумку оптимізація системи машин для основних польових робіт повинна розглядатися як комплексне інженерно-економічне завдання, де ключовими є узгодженість технологічного ланцюга, реальна пропускна здатність операцій у межах агротехнічних «вікон», логістика матеріальних потоків, надійність і сервісне забезпечення, а також збереження ґрунтової родючості як довгострокового ресурсу. Найбільш ефективними виявляються ті рішення, які поєднують раціональну структуру енергозасобів різних класів, оптимальні параметри робочих машин за шириною захвату та швидкістю з урахуванням якості, мінімізацію непродуктивних втрат часу, цифровий контроль процесів і управління ризиками. Саме такий системний підхід дозволяє отримати стабільний економічний ефект не лише через зниження витрат на гектар, а й через підвищення своєчасності, точності й передбачуваності виконання польових робіт, що в сучасних умовах часто є вирішальним фактором результативності рослинництва.

60. Боровський В.М., Онуфрієнко О.М., Червінський Ю.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

Бучко І.О. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНІ СПОСОБИ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

Екологобезпечні способи обробітку ґрунту в сучасному землеробстві розглядаються як ключовий інструмент переходу аграрного виробництва до моделі сталого розвитку, коли завдання отримання високих і стабільних врожаїв поєднується з необхідністю збереження родючості ґрунтів, мінімізації негативного впливу на довкілля та раціонального використання енергетичних і матеріальних ресурсів. Традиційна система глибокого полицевого обробітку, яка формувалася десятиліттями та базується на багаторазових проходах техніки, обороті скиби, інтенсивному розпушуванні й вирівнюванні, довела свою ефективність у короткостроковій перспективі з точки зору контролю бур'янів і підготовки посівного ложа, але водночас стала одним із основних чинників деградації ґрунтового покриву, посилення водної та вітрової ерозії, прискореної мінералізації гумусу, ущільнення орного шару та зростання викидів парникових газів. У багатьох регіонах світу, включно з Україною, спостерігається стійка тенденція до зменшення вмісту гумусу в орному шарі, збільшення частки еродованих і деградованих земель, а також формування плужної підошви, яка ускладнює проникнення коренів у глибші горизонти, погіршує водно-повітряний режим і знижує ефективність використання вологи. На цьому тлі екологобезпечні способи обробітку ґрунту спрямовані на зміну самої філософії землеробства: ґрунт розглядається не як пасивне середовище для кріплення рослин та внесення добрив, а як складна біогеохімічна система, що має свій механічний каркас, водний, повітряний і тепловий режими, багату мікробіоту, мезо- і макрофауну, біохімічні процеси трансформації органічної речовини та елементів живлення. Відповідно, будь-який технологічний прийом, у тому числі механічний обробіток, повинен оцінюватися не лише за миттєвим агротехнічним ефектом, а й за його довгостроковим впливом на структурний стан, протиерозійну стійкість, вміст органічного вуглецю, біорізноманіття та екосистемні послуги ґрунту.

Сутність екологобезпечних способів обробітку полягає в мінімізації механічного втручання в ґрунтовий профіль, підтриманні постійного ґрунтопокриву рослинними рештками або живими рослинами, раціональній організації сівозмін, оптимальному поєднанні органічного й мінерального живлення, а також широкому використанні біологічних чинників у регулюванні родючості й фітосанітарного стану посівів. На практиці це реалізується через консерваційні (ресурсозберігаючі) системи обробітку, до яких належать мінімальний (скорочений) обробіток, нульовий обробіток (no-till), смуговий обробіток (strip-till), різні варіанти безполицевого розпушування, мульчувального обробітку та систем із широким застосуванням покривних культур. Ці технології можуть відрізнятися глибиною й інтенсивністю обробітку, набором машин і знарядь, але їх об'єднують спільні фундаментальні принципи: збереження структури ґрунту, обмеження руйнування агрегатів, підвищення водостійкості грудочок, протидія ущільненню, створення умов для накопичення органічної речовини й посилення біологічної активності. В умовах частіших посух і кліматичної мінливості вирішальною перевагою таких систем є здатність краще утримувати опади, зменшувати поверхневий стік, підвищувати інфільтрацію й запаси вологи в кореневмісному шарі, що особливо важливо для посушливих регіонів степу та Лісостепу.

Мінімальний обробіток ґрунту розглядається як важлива перехідна форма між традиційною орною системою та повністю безполицевими технологіями. Він передбачає скорочення кількості та глибини обробітків, заміну глибокої оранки поверхневим чи різноглибинним розпушуванням за допомогою плоскорізів, чизелів, дискових і комбінованих агрегатів, які розпушують ґрунт без повного обороту скиби. За рахунок цього менше руйнується ґрунтова структура, частина рослинних решток залишається на поверхні й виконує мульчувальні функції, зменшується випаровування, знижується ерозійна небезпека, скорочуються витрати пального й робочого часу. На відміну від класичної оранки, де орний шар інтенсивно перемішується, мінімальні системи зберігають вертикальну неоднорідність, що сприяє формуванню більш природного профілю з поступовим переходом фізико-хімічних властивостей по глибині. Важливим є й те, що скорочення обробітків зменшує кількість проходів техніки, а отже, ризик додаткового ущільнення, зокрема формування колесної колії, яка часто стає осередком посиленої ерозії. Якщо господарство вперше переходить до екологобезпечних технологій, саме мінімальний обробіток є організаційно й психологічно найприйнятнішим варіантом, оскільки не потребує радикальної зміни всієї машинно-тракторної бази й дозволяє поступово відпрацьовувати нові агротехнологічні прийоми.

Нульовий обробіток ґрунту (no-till) є більш радикальним і, водночас, одним із найбільш екологобезпечних способів обробітку. Його сутність полягає в повній відмові від будь-якого механічного розпушування орного шару, крім операції висіву, яка виконується спеціалізованими сівалками прямого висіву, здатними прорізати шар рослинних решток і сформувати посівне ложе в необробленому ґрунті. Пожнивні рештки попередника рівномірно розподіляються по поверхні й виконують функцію мульчі, яка зменшує енергію удару крапель дощу, захищає ґрунт від перегрівання й пересихання, стримує розвиток бур'янів, сприяє накопиченню органічної речовини. Довгострокові польові досліди в різних ґрунтово-кліматичних зонах світу показують, що при грамотній організації сівозмін, системи удобрення та захисту рослин no-till сприяє підвищенню вмісту органічного вуглецю в орному шарі, поліпшенню агрегатного стану, зростанню пористості, збільшенню інфільтраційної здатності й зменшенню поверхневого стоку. З екологічної точки зору важливо, що за нульового обробітку значно скорочуються енергозатрати на механізований обробіток, а отже й прямі викиди CO_2 від використання дизельного пального. Водночас запобігання надмірній мінералізації гумусу зменшує і непрямі викиди парникових газів, пов'язані з втратою органічного вуглецю ґрунтом. Однак технологія no-till потребує високої культури землеробства, особливо в частині інтегрованого захисту рослин, контролю бур'янів, шкідників і хвороб, а також ретельного добору сортів і гібридів, адаптованих до умов прямого висіву.

Проміжною та доволі гнучкою формою консерваційного обробітку є смуговий обробіток ґрунту (strip-till), який поєднує переваги нульового й традиційного обробітку. Тут ґрунт розпушують лише у вузьких смугах під майбутні рядки посіву, тоді як міжряддя залишаються необробленими й вкритими мульчею з рослинних решток. Такий підхід дозволяє створити сприятливі умови для стартового росту рослин у смугах з розпушеним і локально удобреним ґрунтом, зберігаючи при цьому значну частину поверхні поля під постійним покривом, що ефективно протидіє ерозії, пересиханню та ущільненню. Особливо перспективним смуговий обробіток є для просапних культур, які мають широкі міжряддя, зокрема кукурудзи та соняшнику. Системи strip-till часто поєднуються з локальним внесенням добрив у

зону рядка, що підвищує коефіцієнт використання елементів живлення й зменшує ризик їхніх втрат із поверхневим стоком або вилуговуванням.

Невід'ємною складовою екологобезпечних способів обробітку ґрунту є мульчування та використання покривних культур. Мульча з подрібнених пожнивних решток або спеціально вирощених сидеральних культур виконує низку функцій: захищає поверхню від механічного впливу дощу й вітру, зменшує випаровування вологи, пригнічує проростання насіння бур'янів, регулює температурний режим верхнього шару, слугує джерелом органічної речовини й енергії для мікроорганізмів. Покривні культури, які висіваються між основними товарними культурами або в міжряддях, не лише утворюють додаткову біомасу, а й виконують фітосанітарну роль, перериваючи цикли розвитку бур'янів, шкідників і збудників хвороб, фіксують атмосферний азот (у разі використання бобових видів), мобілізують важкорозчинні форми фосфору й калію, покращують структуру ґрунту завдяки розгалуженій кореневій системі. У довгостроковій перспективі систематичне застосування покривних культур у поєднанні з консерваційним обробітком сприяє формуванню стабільної ґрунтової структури, підвищенню вмісту гумусу й біорізноманіття, що підсилює стійкість агроекосистем до кліматичних і економічних стресів.

Екологічні ефекти впровадження екологобезпечних способів обробітку тісно пов'язані з економічними. Скорочення кількості обробітків безпосередньо зменшує витрати пального, мастильних матеріалів, робочого часу, знижує зношування тракторів і ґрунтообробних знарядь, що проявляється у зменшенні собівартості одиниці продукції. Водночас накопичення органічної речовини й поліпшення фізичних властивостей ґрунту підвищують ефективність використання опадів, добрив і засобів захисту рослин, сприяючи стабілізації врожайності й зменшенню її коливань за роками. Важливо відзначити, що в перший перехідний період господарство може стикнутися з певним зниженням врожайності через зміну звичного фітосанітарного режиму, перерозподіл поживних речовин у профілі та адаптацію ґрунтової біоти до нових умов. Однак у середньо- і довгостроковій перспективі консерваційні системи зазвичай забезпечують не менший, а часто й вищий економічний результат за рахунок зменшення витрат і ризиків, пов'язаних з деградацією ґрунтів, ерозією, замуленням водойм і каналів, необхідністю проведення відновлювальних меліоративних заходів.

Техніко-технологічне забезпечення екологобезпечних способів обробітку ґрунту включає не лише спеціалізовані знаряддя, а й комплекс рішень у сфері організації машинно-тракторного парку й управління технологічними процесами. Для мінімального обробітку потрібні безполицеві розпушувачі, плоскорізи, дискові борони та комбіновані агрегати, що поєднують кілька операцій за один прохід. Нульовий та смуговий обробіток вимагають використання сівалок прямого висіву, strip-till агрегатів, подрібнювачів і розподілювачів пожнивних решток, машин для локального внесення добрив. Велику роль відіграють технології точного землеробства: супутникова навігація, автоматичне керування, системи контролю й картування ущільнення ґрунту, диференційоване внесення добрив і засобів захисту, моніторинг стану посівів за допомогою сенсорів та безпілотних апаратів. Завдяки цим інструментам вдається мінімізувати перекриття й пропуски, уникати зайвих проходів, локально регулювати глибину й інтенсивність обробітку залежно від фактичного стану ґрунту, що підвищує як економічну, так і екологічну ефективність технологій.

В умовах України, де великі площі орних земель розташовані на ерозійно небезпечних схилах, мають легкий гранулометричний склад чи ознаки деградації, екологобезпечні способи обробітку набувають особливого значення. Наукові установи й вищі навчальні заклади аграрного профілю вже тривалий час розробляють та випробовують зональні системи землеробства, що передбачають поєднання контурно-меліоративної організації території, протиерозійних сівозмін, багаторічних трав, лісосмуг, органічного й органо-мінерального удобрення з мінімальним, нульовим і смуговим обробітком ґрунту. Однак широке впровадження таких систем гальмується низкою факторів: відсутністю достатньої кількості адаптованої до вітчизняних умов техніки, обмеженими фінансовими можливостями господарств для її закупівлі, інерційністю виробничого мислення, орієнтацією на короткострокову окупність, а також недостатньою обізнаністю щодо довгострокових екологічних і економічних переваг консерваційного землеробства. Подолання цих бар'єрів потребує комплексних рішень на рівні державної аграрної політики, розвитку системи дорадництва, створення демонстраційних господарств і навчально-наукових полігонів, де можна було б практично продемонструвати ефективність і технологічні особливості екологобезпечних систем.

Таким чином, екологобезпечні способи обробітку ґрунту виступають центральним елементом стратегії збереження родючості, протидії деградації та забезпечення стійкості аграрного виробництва в умовах кліматичних, економічних і соціальних викликів. Вони базуються на глибокому розумінні ролі

ґрунту як живої системи, на інтеграції механічних, біологічних і хімічних методів регулювання його стану, на використанні сучасних технічних засобів і інформаційних технологій. Перехід до таких систем не є простим і миттєвим, але він є необхідною умовою міжпоколінної відповідальності за збереження ґрунтових ресурсів і продовольчої безпеки, а також вагомим внеском аграрного сектору в глобальну боротьбу зі зміною клімату та деградацією земель.

61. Грудовий Р.С. Король Д.Р., Мельниченко Н.В., Мельнічук Є.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Добранський С.С. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕХАНІЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТУВАННЯ І ДОЗУВАННЯ КОРМІВ НА СВИНОКОМПЛЕКСІ

Енерго- та ресурсозбереження в механізованих системах транспортування і дозування кормів на свинокомплексі є одним із ключових напрямів підвищення ефективності сучасного тваринництва. В умовах постійного зростання цін на енергоносії та корми, а також посилення вимог до екологічної безпеки, оптимізація роботи транспортно-дозувальних систем безпосередньо впливає на собівартість продукції свинарства, рентабельність виробництва та конкурентоспроможність аграрних підприємств. Сучасні свинокомплекси характеризуються високим рівнем механізації технологічних операцій, серед яких транспортування, зберігання, приготування та роздавання кормів займають провідне місце за енергоємністю та ресурсозатратністю.

У механізованих лініях транспортування кормів основними споживачами енергії є електроприводи конвеєрів (стрічкових, шнекових, скребкових, ланцюгових), норій, дозаторів, змішувачів та допоміжного обладнання. Від вибору типу транспортера, його компоновки, довжини, кута нахилу, швидкості руху робочого органа та завантаженості залежить не лише енергоспоживання, а й рівномірність подачі корму, ступінь його руйнування та втрати. Раціональне поєднання різних видів транспортних засобів, скорочення надлишкових перегонів, мінімізація кількості проміжних перевантажень і підйомів дозволяє знизити встановлену потужність електроприводів, скоротити тривалість технологічних циклів і, відповідно, зменшити витрати електроенергії.

Важливим напрямом енергозбереження є впровадження частотно-регульованих електроприводів на основних агрегатах транспортно-дозувальних ліній. Використання перетворювачів частоти дає змогу плавно змінювати швидкість обертання шнеків, ланцюгів чи стрічки конвеєра залежно від фактичної продуктивності лінії, типу та структури корму, вимог до точності дозування. Це дозволяє уникати роботи обладнання «із запасом», знижує пускові струми, механічні навантаження на елементи приводу, подовжує строк служби підшипників, муфт, редукторів, зменшує ймовірність аварійних простоїв. У комплексі це забезпечує як енергозбереження, так і ресурсозбереження за рахунок зменшення інтенсивності зношування деталей.

Ресурсозбереження в системах транспортування і дозування кормів тісно пов’язане з конструктивною досконалістю робочих органів машин, правильним вибором матеріалів, своєчасним технічним обслуговуванням та ремонтом. Робочі поверхні шнеків, жолобів, скребків, ланцюгів, дозувальних клапанів і заслінок працюють в умовах абразивного зношування, ударних навантажень і корозійного впливу агресивного середовища кормів. Застосування зносостійких сталей, полімерних і полімер-композитних накладок, нанесення захисних покриттів, а також використання змінних вставок у зонах інтенсивного зношування дає змогу значно подовжити міжремонтні інтервали, скоротити витрати запасних частин і ремонтних матеріалів. У свою чергу, продовження ресурсу деталей зменшує кількість простоїв, пов’язаних з ремонтом, і, відповідно, непрямі енергетичні втрати.

Одним із важливих резервів енергозбереження є оптимізація технологічного маршруту руху корму від складу до годівниць. Зайві петлі транспортних ліній, невиправдано великі висоти подачі, використання кількох видів транспортерів замість одного універсального типу призводять до зростання сумарної встановленої потужності й збільшення втрат енергії в кожній ланці. Тому при проектуванні свинокомплексів доцільно застосовувати методи математичного моделювання для вибору раціональної конфігурації транспортних магістралей, мінімізувати довжину маршруту, кількість перевантажень, враховувати планувальні рішення приміщень, розташування складів кормів, цехів приготування, змішування і роздавання. Такий підхід дозволяє одразу на етапі проектування закласти енергоощадну структуру технологічної лінії.

Не менш важливим аспектом енерго- та ресурсозбереження є точність дозування кормів і стабільність процесу годування. Надлишкове внесення кормів означає нераціональне використання матеріальних ресурсів, зростання собівартості продукції та потенційні проблеми із здоров'ям тварин через перекорм. Недовнесення, навпаки, знижує прирости живої маси, погіршує конверсію корму, збільшує терміни відгодівлі. Використання точних дозаторів із можливістю тонкого регулювання подачі, застосування електронних вагових датчиків, тензодатчиків на годівницях, систем автоматичного контролю споживання корму дозволяє звести відхилення фактичної дози від заданої до мінімуму. Це дає подвійний ефект: економію кормів як матеріального ресурсу та підвищення біологічної ефективності годівлі, що в кінцевому підсумку зменшує витрати енергії на одиницю приросту.

Істотні резерви енергозбереження закладені в режимо-параметричній оптимізації роботи механізованих ліній. Нерідко обладнання на свинокомплексі працює за консервативними графіками, що не враховують фактичну завантаженість, зміну поголів'я, фізіологічний стан тварин. У результаті механізми вмикаються частіше, ніж потрібно, або функціонують при неповному завантаженні, що призводить до перевитрат електроенергії на холостий хід. Впровадження систем автоматичного керування, які синхронізують роботу транспортерів, дозаторів і змішувачів з реальним графіком годування, використання датчиків рівня в бункерах, датчиків присутності корму в трасі, програмованих логічних контролерів дає змогу істотно зменшити тривалість нераціональної роботи обладнання. Така автоматизація також зменшує ризик людського фактора та підвищує загальну надійність системи.

Частиною ресурсозберігаючого підходу є організація своєчасного технічного обслуговування, діагностики та ремонту транспортно-дозувальних систем. Регулярний контроль натягу ланцюгів і ременів, стану підшипників, ущільнень, мастильних матеріалів, перевірка герметичності жолобів і бункерів, очищення робочих органів від налиплих кормів, своєчасне усунення розбалансування та люфтів дозволяють запобігти аваріям, неплановим зупинкам, масовим відмовам елементів. Знос деталей, що досяг граничних значень, призводить до підвищення втрат енергії на тертя, вібрації, нагрівання, підвищує шумність та знижує ККД системи. Тому добре організована система технічного сервісу є невід'ємною складовою енерго- та ресурсозберігаючої стратегії свинокомплексу.

Важливим напрямом ресурсозбереження є зменшення втрат кормів під час транспортування та роздавання. У місцях розвантаження, перевантаження, на перегинах траси та у зоні годівниць можливі просипання, розпил, розсіювання дрібних фракцій, що призводить до прямої втрати матеріальних ресурсів і забруднення приміщень. Конструктивне вдосконалення завантажувальних і розвантажувальних патрубків, застосування гнучких рукавів, захисних кожухів, гумових або полімерних ущільнювачів, оптимальний вибір швидкості транспортування, що зменшує турбулізацію і розпил дрібних частинок, дозволяють значно знизити просипання. Додатковим заходом є впровадження систем локального відсмоктування пилу з наступною його поверненням у кормову суміш, що одночасно покращує санітарно-гігієнічний стан приміщень.

Енергоощадний ефект також досягається за рахунок раціонального вибору типу кормороздавальних систем залежно від технології утримання тварин. Для рідких і вологих кормів доцільно застосовувати трубопровідні системи з насосною подачею, які можуть бути енергоефективними при правильному виборі насосів, діаметра труб, схеми розведення та мінімізації гідравлічних втрат. Для сухих гранульованих кормів ефективними є системи із шнеково-ланцюговими транспортерами, які забезпечують рівномірний розподіл корму в групі станків при відносно невеликій встановленій потужності. У кожному конкретному випадку необхідне техніко-економічне порівняння варіантів з урахуванням енергоспоживання, вартості обладнання, складності обслуговування, надійності та можливості автоматизації.

Ще одним аспектом енерго- та ресурсозбереження є інтеграція системи механізованого транспортування і дозування кормів із загальною енергетичною стратегією свинокомплексу. Використання енергоощадних електродвигунів високого класу енергоефективності, впровадження систем енергетичного моніторингу, які в режимі реального часу контролюють споживання електроенергії окремими агрегатами і технологічними ділянками, дозволяє виявляти «вузькі місця» та приймати обґрунтовані рішення щодо модернізації. Перехід на багатотарифні системи обліку електроенергії та перенесення частини енергоємних процесів (наприклад, приготування складних кормових сумішей) на нічний або позапіковий час також сприяє зменшенню експлуатаційних витрат.

Перспективним напрямом є використання відновлюваних джерел енергії для живлення транспортно-дозувальних систем або компенсації частини енергоспоживання свинокомплексу. Біогазові установки, що працюють на гної та відходах виробництва, можуть забезпечувати електроенергією

технологічні лінії або тепловою енергією – приміщення, що дозволяє зменшити залежність від зовнішніх енергопостачальників і підвищити енергетичну автономність господарства. Водночас застосування сонячних панелей для живлення допоміжного обладнання, систем автоматики, освітлення та моніторингу створює додаткові можливості для зниження загального енергоспоживання.

Необхідною умовою ефективної реалізації енерго- та ресурсозберігаючої політики є підготовка кваліфікованого персоналу свинокомплексу – інженерів-механіків, електромеханіків, операторів ліній, фахівців зі штучного інтелекту та автоматизації, які розуміють принципи енергозбереження, вміють аналізувати показники роботи обладнання, використовувати системи моніторингу та діагностики, своєчасно виявляти та усувати відхилення в режимах роботи машин. Формування у персоналу культури раціонального використання енергетичних і матеріальних ресурсів, чітке дотримання регламентів експлуатації і технічного обслуговування є важливою складовою загальної стратегії.

Узагальнюючи, можна зазначити, що енерго- та ресурсозбереження в механізованих системах транспортування і дозування кормів на свинокомплексі є комплексною інженерною задачею, яка вимагає системного підходу. Вона включає оптимізацію технологічних схем і маршруту транспортування, застосування енергоощадного обладнання та частотно-регульованих приводів, підвищення зносостійкості та довговічності елементів машин, удосконалення систем автоматизованого керування, організацію ефективного технічного обслуговування, мінімізацію втрат кормів і впровадження відновлюваних джерел енергії. Реалізація цих заходів забезпечує зниження собівартості продукції свинарства, підвищення екологічної безпеки виробництва, поліпшення умов праці персоналу, а також зміцнення економічної стійкості аграрних підприємств в умовах сучасних викликів.

62 Дерев'янко Д.А. Олізаровський І.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Сорока Б.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ ОБПРИСКУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Забезпечення ефективного й екологічно безпечного захисту рослин є одним із ключових завдань сучасного сільського господарства, оскільки стійке виробництво продукції рослинництва неможливе без раціонального застосування засобів захисту і добрив, а традиційні екстенсивні підходи дедалі частіше призводять до перевитрати препаратів, забруднення довкілля та зниження економічної ефективності. Підвищення вартості пестицидів, пального та мінеральних добрив, посилення екологічних вимог, жорсткіші регламенти щодо залишкових кількостей діючих речовин у продукції, а також дефіцит кваліфікованих кадрів змушують аграріїв переходити від масового суцільного обприскування до більш точних і наукоємних технологій. Обприскування залишається базовим методом контролю бур'янів, шкідників і хвороб, але класичні схеми з постійною нормою внесення по всій площі і мінімальним рівнем автоматизації однозначно не відповідають новим викликам, зумовленим просторовою неоднорідністю посівів, складними погодними умовами та високою чутливістю агроландшафтів. У цих умовах перспективні способи обприскування пов'язують із розвитком систем змінної норми внесення, інтеграцією сенсорів, використанням безпілотних літальних апаратів, електростатичних систем розпилення, малодрейфових форсунок, селективного «точкового» обприскування на основі комп'ютерного зору та створенням єдиної цифрової екосистеми управління обробками. Від сучасних технологій обприскування вимагається не лише висока біологічна ефективність дії препаратів, а й точність дозування робочої рідини залежно від стану посіву, обмеження дрейфу крапель за межі поля, можливість оперативно змінювати норму внесення в реальному часі, мінімізувати контакт оператора з токсичними речовинами, інтегруватися з GPS-навігацією та системами точного землеробства. Додатково, актуальними стають питання простоти обслуговування й низької енергомісткості технічних рішень, оскільки складні системи без належного сервісу можуть виявитися економічно невигідними для невеликих господарств. Таким чином, формуються нові принципи побудови систем обприскування, де головним стає не лише механічний розподіл рідини, а й інтелектуальне управління процесом із використанням сенсорів, електронних контролерів та програмних комплексів.

Одним із ключових напрямів розвитку є інтелектуальні системи змінної норми обприскування, які дозволяють адаптувати витрату робочої рідини до просторової неоднорідності посівів, ступеня забур'яненості та фітосанітарного стану рослин. Якщо в традиційній схемі норма внесення задається однакова для всього поля, то у системах змінної норми вона регулюється в залежності від сигналів датчиків або карт-завдань, сформованих за результатами попереднього моніторингу. Такі системи

можуть реалізовувати різні принципи регулювання: за тиском, за витратою або за концентрацією діючої речовини, при цьому кожен підхід має свої переваги й обмеження щодо інерційності, стабільності факела розпилу та точності підтримання норми. У садівництві перспективним є використання датчиків, що оцінюють геометрію й густоту крони, за сигналами яких автоматично змінюється витрата робочої рідини окремими секціями штанги, що дозволяє уникати перевитрати препарату в розріджених ділянках насаджень і недостатнього покриття в загущених зонах. У польових культурах змінна норма часто реалізується на основі цифрових карт, які відображають просторовий розподіл бур'янів, щільності посіву, біомаси рослин чи прогнозованого рівня ураженості хворобами. Водію в бортовий термінал завантажують карту-завдання, де для кожної ділянки поля задана своя норма внесення, а електронна система керування, аналізуючи координати машини, у режимі реального часу регулює витрату робочої рідини гідравлічними або електромагнітними органами. Численні дослідження й виробничий досвід свідчать, що впровадження змінної норми дозволяє скорочувати витрати пестицидів без втрати або навіть з підвищенням ефективності захисту, оскільки препарати потрапляють саме на ті зони, де їх дія найбільш потрібна, а економічний ефект посилюється за рахунок зниження кількості заправок, скорочення часу обробітку та зменшення негативного впливу на довкілля.

Технічною базою для реалізації точного дозування стало використання пульс-широтної модуляції подачі робочої рідини, яка передбачає встановлення на кожній форсунці керованого клапана, що працює з високою частотою включення і вимкнення. Суть методу полягає в тому, що тиск у магістралі підтримується близьким до сталого, а середня витрата через форсунку змінюється за рахунок тривалості відкритого стану клапана протягом циклу, тобто за рахунок «коефіцієнта заповнення». За такого підходу вдається регулювати кількість рідини, не змінюючи помітно спектр розміру крапель, що надзвичайно важливо для збереження цільової якості факела обприскування та уникнення переходу до дрібнодисперсного аерозолю, схильного до дрейфу. Пульс-широтна модуляція відкриває можливості для стабілізації норми внесення на поворотах, при зміні швидкості руху агрегату, при роботі на схилах, де традиційні гідравлічні системи не встигають адаптуватися й допускають значні відхилення від заданої норми. Додатковою перевагою PWM є можливість індивідуального керування кожною форсункою, що дає змогу реалізувати автоматичне відключення форсунок на вже оброблених ділянках, у місцях перекриттів або, навпаки, локальне збільшення дози на проблемних смугах. Проте такі системи вимагають високої точності калібрування, узгодження частоти модуляції з гідравлічними властивостями форсунок, врахування інерційності клапанів і стійкості електронних компонентів до агресивних середовищ. У перспективі поєднання PWM із сенсорними системами виявлення бур'янів, хвороб чи шкідників створює технічну основу для високоточних повністю автоматизованих обприскувачів, здатних у режимі реального часу змінювати режим роботи на основі аналізу зображень або інших сигналів.

Ще одним перспективним напрямом є електростатичне обприскування, в якому краплі робочої рідини одержують електричний заряд під час проходження через зону дії електричного поля. Заряджені краплі притягуються до заземлених рослин і здатні не лише осідати на лицьовій поверхні листя, а й частково «обгорнути» листок, досягаючи нижнього боку й важкодоступних елементів рослинної маси, де часто локалізуються шкідники та спороношення патогенів. Експериментальні дослідження показали, що електростатичні системи можуть забезпечувати підвищення коефіцієнта осадження робочої рідини на цільову поверхню при одночасному зниженні загальної витрати пестицидів, що особливо актуально в умовах подорожчання препаратів і жорстких екологічних норм. Додатковою вигодою є зниження дрейфу дрібних крапель, оскільки заряджені частинки мають більшу ймовірність притягнення до рослини, ніж виносу потоком повітря за межі поля. Водночас впровадження електростатичних обприскувачів пов'язане з низкою інженерних та експлуатаційних проблем, серед яких забезпечення корозійної стійкості електродів, стабілізація робочих параметрів системи в умовах змінної вологості й запиленості повітря, необхідність дотримання вимог електробезпеки для оператора та обмеження впливу високовольтного обладнання на іншу електроніку машини. Незважаючи на це, інтеграція електростатичних модулів у конструкції наземних штангових обприскувачів, машин для садівництва й безпілотних літальних апаратів розглядається як один із перспективних шляхів підвищення ефективності обробок при зменшенні хімічного навантаження на агросистему.

Окремою групою перспективних рішень є використання безпілотних літальних апаратів для обприскування сільськогосподарських культур, що особливо актуально для складного рельєфу, дрібноконтурних полів, терасованих схилів та інших ділянок, де застосування традиційної самохідної чи причіпної техніки технічно ускладнене або економічно невиправдане. Дрони для обприскування

відзначаються високою маневреністю, можливістю роботи на невеликих нормах виливу, швидкою зміною місця дислокації та зменшенням ризиків для оператора, адже керування ними може здійснюватися дистанційно. Досвід застосування безпілотників показує, що при грамотно підібраних режимах польоту, висоті, швидкості та схемі перекриття смуг досягається рівномірне покриття рослин за значно меншої витрати води, ніж у наземних систем, що знижує витрати на транспортування і заправку та скорочує машинно-людські витрати. Разом з тим вантажопідйомність дронів обмежує заправний об’єм баків, що потребує оптимізації логістики заправок і може стримувати використання таких систем на дуже великих площах. Важливим чинником є і нормативно-правове регулювання використання безпілотних літальних апаратів, вимоги до техніки безпеки, навчання персоналу та сертифікації операцій, що формує додатковий бар’єр для масового впровадження. Перспективним напрямом розвитку є інтеграція на дронові платформи систем змінної норми й пульс-широтної модуляції подачі рідини, а також комплексне використання дронів-розвідників для побудови карт-індикаторів стану посівів і дронів-обприскувачів для адресного внесення препаратів у виявлені проблемні зони.

Не менш важливим елементом сучасних та перспективних способів обприскування є вдосконалення форсунок та реалізація малодрейфових режимів роботи. Інжекторні форсунки, які формують краплі зі змішаним повітряно-рідинним струменем, дозволяють отримувати відносно великі за розміром краплини з увігнутою структурою, що при зіткненні з поверхнею рослини руйнуються на менші фрагменти, забезпечуючи достатнє покриття при відносно низькому рівні дрейфу. Застосування таких форсунок особливо ефективне в умовах, коли необхідно працювати за наявності помірного вітру, на великих висотах штанги або у багатоярусній рослинній масі, характерній для садів і виноградників. Поєднання інжекторних форсунок із маловодними та ультрамаловодними нормами виливу дозволяє істотно підвищувати продуктивність обприскування, адже заощаджується час на заправку й переміщення техніки, зменшується кількість проходів по полю та відповідно ризик ущільнення ґрунту. Проте такі режими вимагають ретельного підбору препарату й поверхнево-активних речовин у робочій рідині, суворого дотримання рекомендованих параметрів тиску й швидкості руху агрегату, а також регулярної перевірки зносу форсунок та стабільності фактичної норми виливу. Невірно підібрані параметри можуть призводити до нерівномірного покриття листкової поверхні, утворення «пропусків» або, навпаки, надлишкового накладання факелів, що знижує біологічну ефективність обробки та здатне викликати фітотоксичні прояви.

Значний потенціал ресурсозбереження й екологізації має селективне «точкове» обприскування, що базується на застосуванні камер і алгоритмів машинного зору. Принцип дії таких систем полягає в тому, що зображення рослинного покриву з високою частотою знімаються камерами, закріпленими на штанзі або окремому модулі, а вбудовані обчислювальні пристрої за допомогою спеціальних алгоритмів у реальному часі відрізняють бур’яни від культурних рослин чи здорові рослини від уражених. Після виявлення цільового об’єкта система формує команду на відкриття відповідної форсунки або групи форсунок, і препарат наноситься тільки на невеликі локальні ділянки, де є бур’яни чи осередки хвороб. Такий підхід кардинально змінює парадигму застосування гербіцидів і фунгіцидів, оскільки замість суцільної обробки всього поля велика частина площі залишається необробленою, а хімічне навантаження концентрується лише там, де є реальна потреба. Перші промислові реалізації подібних систем уже демонструють можливість зменшення витрат препаратів на десятки відсотків, а за сприятливих умов — до декількох разів, зберігаючи при цьому належний рівень контролю шкодочинних організмів. Головними викликами лишаються висока вартість обладнання, потреба в якісних навчальних наборах даних для алгоритмів розпізнавання, чутливість до змін освітленості та погодних умов, а також необхідність адаптації програмного забезпечення під різні культури, стадії їх розвитку й типи бур’янового компоненту.

Перспективні способи обприскування тісно пов’язуються також із розвитком нових форм робочих рідин, зокрема нанодобрив, біопрепаратів, композицій на основі корисних мікроорганізмів і біополімерів, які потребують високої точності дозування і рівномірного розподілу на поверхні рослин. Високоточні обприскувачі зі змінною нормою й селективним внесенням створюють сприятливі умови для використання таких препаратів, оскільки дозволяють дотримуватися оптимальних доз без перевищення порогів, при яких можливі небажані екологічні або фітотоксичні ефекти. Використання безпілотних літальних апаратів для внесення нанодобрив і біопрепаратів дає змогу оперативно реагувати на зміни стану посівів, проводити адаптивні підживлення або профілактичні обробки у вузькі вікна часу, що важко реалізувати великогабаритною ґрунтоорієнтованою технікою. Однак широке

використання нових типів препаратів вимагає вдосконалення нормативної бази, методик контролю їхньої якості й оцінки впливу на агроекосистеми, а також адаптації конструкцій форсунок і бакових систем обприскувачів для запобігання небажаним процесам осадження, коагуляції або біологічної деструкції робочих розчинів.

Усі перелічені технічні й технологічні рішення досягають максимального ефекту лише в складі єдиної цифрової системи управління, що охоплює етапи моніторингу, планування, виконання та аналізу результатів обприскування. Сучасні обприскувачі оснащують терміналами, які фіксують фактичні параметри роботи, координати, норми внесення, час та умови проведення обробок і передають ці дані в системи управління агропідприємством. На основі такої інформації формуються бази даних для подальшого аналізу ефективності прийнятих рішень, оцінки релевантності норм внесення, виявлення ділянок із систематичним недоотриманням захисту чи, навпаки, з повторними перекриттями. Паралельно системи дистанційного зондування Землі, польові сенсори, метеостанції та дрони збирають дані про стан посівів, вологість ґрунту, мікрокліматичні умови, на основі яких алгоритми підтримки прийняття рішень формують рекомендації щодо термінів і режимів обробок. У перспективі автономні обприскувачі, здатні самостійно виконувати маршрути по полю, уникати перешкоди та змінювати режим роботи залежно від поточних сигналів сенсорів, можуть ще більше знизити вплив людського фактора, підвищити безпеку праці й забезпечити проведення обробок у найоптимальніші з агрономічної точки зору строки.

Для умов українського аграрного сектору впровадження перспективних способів обприскування має стратегічне значення, оскільки дає змогу поєднати підвищення економічної результативності з вирішенням важливих екологічних і соціальних завдань. Великі площі посівів, різноманіття ґрунтово-кліматичних зон, інтенсивна конкуренція на світових ринках та необхідність відповідати стандартам сталого розвитку створюють стимули для швидкого перенесення інноваційних технологій у практику. Системи змінної норми, селективного обприскування, використання дронів і електростатичних модулів дозволяють зменшити витрати пестицидів, води та пального, скоротити кількість проходів техніки по полю, зменшити ущільнення ґрунту, знизити ризики забруднення водних об’єктів і підвищити безпеку праці обслуговуючого персоналу. Водночас для масштабного впровадження цих рішень потрібні інвестиції в техніку, розвиток сервісної інфраструктури, підготовка інженерних та агрономічних кадрів, здатних працювати з новим обладнанням та програмними комплексами, а також удосконалення національної нормативно-методичної бази щодо використання безпілотних літальних апаратів, електростатичних систем та технологій селективного обприскування. У сукупності це формує комплексну наукоємну модель захисту рослин, у якій обприскування розглядається не як ізольована операція, а як інтегрований елемент системи точного землеробства, спрямованої на досягнення високої продуктивності агровиробництва при мінімізації негативного впливу на довкілля.

63 Білецький В.Р., Скалозуб О.Д, Павлюк В.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Сорока Б.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

Перспективні способи збирання картоплі пов’язані з комплексною трансформацією усієї технологічної лінії – від моменту входу робочих органів у ґрунт до кінцевого сортування бульб і їх завантаження в транспортні засоби. Картопля як одна з ключових продовольчих культур світу відзначається високою чутливістю бульб до механічних пошкоджень, тому саме етап збирання суттєво впливає як на рівень товарної продукції, так і на можливість тривалого зберігання. Сучасні огляди розвитку картоплезбиральної техніки відзначають, що провідною тенденцією є перехід від суто механічних схем до мехатронних систем, де поєднуються гідравліка, електропривод, сенсорика і програмне керування для адаптації процесу до конкретних умов поля. Зростання вартості робочої сили, кліматичні ризики та вимоги до екологічної безпеки виробництва додатково актуалізують потребу в нових способах збирання, які одночасно забезпечують продуктивність, енергоощадність і мінімальну травматизацію бульб.

Традиційні технології збирання, що базуються на використанні простих причіпних копачів або дворядних комбайнів із ланцюгово-ситовими елеваторами, забезпечили значний прогрес порівняно з ручною працею, однак мають низку обмежень. Експериментальні та аналітичні дослідження показують, що механізоване збирання супроводжується зіткненнями бульб із металевими елементами машин і їх

падінням з певної висоти, внаслідок чого формується широкий спектр механічних пошкоджень – від внутрішніх забитостей до тріщин і роздроблення. Метадані польових експериментів і метааналізів свідчать, що частка пошкоджених бульб при роботі різних типів картоплезбиральних машин може суттєво варіювати залежно від конструкції робочих органів, режимів руху й фізичного стану бульб, що прямо впливає на втрати врожаю під час зберігання. Тому перспективні способи збирання орієнтовані не лише на нарощування пропускної здатності машин, а й на інтелектуальне керування динамікою взаємодії «бульба – машина – ґрунт».

Одним із ключових напрямів розвитку є створення високопродуктивних самохідних багаторядних картоплезбиральних комбайнів нового покоління. Такі машини поєднують фронтальний забір маси з довгим ситовим шляхом, багатоступеневими модулями очищення та просторими бункерами, що дозволяє мінімізувати кількість перевантажень і контактів бульб із робочими органами. Системи автоматичного підтримання глибини копання з використанням датчиків положення корпусів і копіювальних систем знижують ризик механічного контакту бульб із лемешем чи роторами сепарації, а інтелектуальні алгоритми керування ходовою частиною забезпечують оптимальне поєднання швидкості руху й пропускної здатності елеваторів. Окремо варто відзначити конструктивні рішення щодо зменшення ущільнення ґрунту – застосування широких шин низького тиску, гусеничних рушіїв, рівномірного розподілу маси по осях, що важливо для збереження родючості поля та адаптації до умов вологих ґрунтів. Енергоефективність таких машин підвищується за рахунок використання ступінчасто-регульованих гідростатичних або електромеханічних приводів робочих органів, що дозволяє узгоджувати їхню частоту коливань із фактичним навантаженням.

Іншим перспективним вектором є впровадження роботизованих і автономних систем збирання, які базуються на використанні польових роботів і безпілотних платформ. Сучасні розробки демонструють можливість створення автономних шасі з електричним або гібридним приводом, обладнаних системами машинного зору, ультразвуковими й лазерними датчиками для навігації в міжряддях картоплі та уникання перешкод. Роботи можуть виконувати цілий комплекс операцій – від видалення бадилля до власне підкопування й транспортування бульб на бортове сортувально-очисне обладнання, при цьому забезпечується висока повторюваність траєкторій і чутливе регулювання робочих органів. Впровадження роботів особливо актуальне в умовах дефіциту сезонної робочої сили й тенденції до збільшення площ полів, де традиційні агрегати не завжди здатні забезпечити своєчасне збирання у вузькі агротехнічні строки. Аналітичні огляди підкреслюють, що інтеграція роботів у картоплярстві дозволяє підвищити продуктивність і знизити витрати ресурсів, а також забезпечити більш рівномірне завантаження сервісної інфраструктури протягом сезону.

Важливою складовою перспективних технологій є системи зменшення та прогнозування механічних пошкоджень бульб, які інтегруються безпосередньо в картоплезбиральні машини. Описані в літературі методики застосування інструментованих сфер, що фіксують ударні навантаження в реальних умовах проходження через машини, дозволили кількісно оцінити небезпечні ділянки технологічного тракту та визначити критичні рівні прискорень і сил, які призводять до появи забитостей і тріщин. На основі таких даних моделюються альтернативні конструкції елеваторів, роликових очисників, скидних пристроїв, що зменшують висоту падіння бульб, забезпечують їх плавне гальмування та розподіл по поверхні. У перспективі очікується поширення вбудованих сенсорних модулів у вузлах комбайнів, які в режимі реального часу відстежуватимуть рівень ударних навантажень і сигналізуватимуть про необхідність коригування швидкості руху або частоти коливань робочих органів. З огляду на те, що механічні пошкодження суттєво погіршують зберігання й стимулюють розвиток хвороб, такі інтелектуальні системи можуть стати стандартом сучасних картоплезбиральних комплексів.

Тісно з вищезазначеним пов’язане впровадження технологій точного землеробства у процес збирання картоплі. Дослідження з точного землеробства демонструють, що використання GPS-навігації, карт урожайності, ГІС-аналізу та дистанційного зондування дозволяє враховувати просторову неоднорідність поля при плануванні маршруту й режимів роботи картоплезбиральних машин. Зокрема, за результатами попереднього моніторингу можливо сформувати зони з різним рівнем ущільнення ґрунту, вологозабезпечення й потенційної врожайності, що слугує базою для диференційованого регулювання глибини копання, швидкості руху та інтенсивності роботи очисних органів у цих зонах. Поєднання бортових сенсорів з даними безпілотних літальних апаратів дає змогу виявляти ділянки з підвищеним ризиком втрат або пошкоджень і змінювати тактику збирання – наприклад, застосовувати меншу швидкість, інший кут атаки робочих органів або додаткові проходи для очищення рядків. У

перспективі це відкриває шлях до створення цифрових двійників картопляних полів, де сценарії збирання можуть моделюватися ще до виходу техніки в поле.

Окремий напрям, що швидко розвивається, стосується впровадження сучасних систем очищення й оптичного сортування, які технологічно «продовжують» процес збирання. Оптичні сортувальні комплекси на базі камер видимого й ближнього інфрачервоного діапазону дозволяють у польових умовах або в безпосередній близькості до поля відокремлювати бульби від грудок ґрунту, каміння, рослинних решток та сторонніх предметів. Такі системи здатні класифікувати бульби за розміром і ступенем пошкодження, що знижує навантаження на подальші ланки післязбиральної доробки та зберігання. Інтеграція оптичного сортування безпосередньо в картоплезбиральний комбайн або на польовий транспортер формує єдину технологічну лінію, де вже на етапі збирання формується товарний і насіннєвий потоки з різними вимогами до якості. Застосування алгоритмів машинного навчання для аналізу зображень дозволяє підвищити точність розпізнавання дефектів і адаптувати систему до нових сортів і умов вирощування.

Перспективні способи збирання картоплі також пов’язані з підвищенням екологічної та енергетичної ефективності машинно-тракторних агрегатів. Це включає використання електрифікованих приводів робочих органів, гібридних енергетичних установок, рекуперацію енергії при гальмуванні, оптимізацію логістики транспортних засобів між полем і місцем тимчасового зберігання бульб. Розробники техніки розглядають можливості застосування легких високоміцних матеріалів у конструкціях рам і робочих органів для зниження маси машин, що безпосередньо впливає на витрати палива й ступінь ущільнення ґрунту. Важливу роль відіграють і програмні модулі, які підтримують оператора або автономну систему в прийнятті рішень щодо вибору оптимальних режимів руху в реальному часі, враховуючи рельєф, стан поля й прогноз погоди. Для фермерських господарств Україна особливо актуальними є модульні та відносно недорогі рішення, що дозволяють модернізувати наявний парк причіпних картоплезбиральних машин шляхом оснащення їх інтелектуальними сенсорними й сортувальними блоками без повної заміни базових агрегатів.

Узагальнюючи, перспективні способи збирання картоплі формуються на перетині кількох технологічних трендів – розвитку високопродуктивних самохідних комбайнів, впровадження роботизованих платформ, використання методів точного землеробства, застосування інтелектуальних систем мінімізації пошкоджень і оптичного сортування, а також підвищення енерго- та ресурсозбереження всієї системи машин. Вони передбачають відхід від універсальних «жорстких» технологічних схем до адаптивних, коли параметри процесу збирання автоматично підлаштовуються під просторову й часову мінливість агрофітоценозу та ґрунтових умов. Водночас реалізація таких рішень потребує вирішення низки проблем: високих капітальних витрат на придбання нової техніки, необхідності підготовки персоналу, розбудови сервісної та цифрової інфраструктури в сільських регіонах. Проте результати сучасних досліджень і перші промислові реалізації підтверджують, що впровадження зазначених технологій здатне істотно зменшити втрати врожаю, підвищити якість бульб і забезпечити стійкість картоплярства до викликів майбутнього.

64. Маленик О.С, Пономаренко Н.О.Дніпровський державний аграрно-економічний університет м. Житомир, Україна.

РОЗРОБКА КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Актуальність теми

Сучасне землеробство висуває принципово нові вимоги до якості обробітку ґрунту, що зумовлює необхідність створення вдосконалених ґрунтообробних машин. Аналіз стану сільськогосподарського машинобудування в Україні свідчить про суттєве відставання вітчизняного парку техніки від світового рівня [2]. Зростання вимог до мінімізації енергоємності технологічних операцій, збереження родючості ґрунту та впровадження ресурсозберігаючих технологій обумовлює актуальність розробки нових конструкцій культиваторів [6].

Аналіз сучасних комбінованих ґрунтообробних агрегатів показує, що поєднання кількох операцій в одному проході машини дозволяє значно скоротити витрати пального та часу на обробіток поля [12]. Тому розробка культиватора з поліпшеними техніко-технологічними показниками є важливим науково-практичним завданням.

Мета та завдання дослідження

Метою роботи є розробка конструкції культиватора для нових технологій обробітку ґрунту, що забезпечує виконання агротехнічних вимог при мінімальних енергетичних витратах. Для досягнення мети поставлено такі завдання: провести аналіз існуючих конструкцій культиваторів та їх робочих органів; обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри нового культиватора; розробити методику оцінки якості обробітку ґрунту відповідно до агротехнічних вимог [1]; дослідити енергетичні показники ґрунтообробного агрегату [6].

Огляд існуючих технічних рішень

Теоретичні основи функціонування сільськогосподарських машин, зокрема культиваторів, висвітлено у фундаментальних працях вітчизняних вчених [4, 11]. Дослідження в галузі землеробської механіки дозволяють встановити закономірності взаємодії робочих органів із ґрунтом [9]. Перспективним напрямом є застосування дискових робочих органів у поєднанні зі стрілчастими лапами, що підтверджується результатами розробки ґрунтообробних агрегатів на основі дискових елементів [7].

Значний науковий доробок у галузі теорії та розрахунку ґрунтообробних машин представлений у монографічних дослідженнях [10]. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування, що формують базу для проектування нових машин, детально розглянуто у відповідному навчальному посібнику [3]. Огляд сучасних комбінованих ґрунтообробних агрегатів вітчизняного виробництва підтверджує актуальність удосконалення існуючих конструкцій [12].

Конструктивні особливості розробленого культиватора

Розроблений культиватор відноситься до класу комбінованих машин і призначений для передпосівного обробітку ґрунту на глибину 6–12 см. Конструкція передбачає поєднання стрілчастих лап із роторними вирівнювальними секціями, що дозволяє одночасно здійснювати розпушування, подрібнення грудок та вирівнювання поверхні поля в один прохід агрегату. Такий підхід відповідає сучасній концепції мінімізації кількості операцій обробітку ґрунту [3, 12].

Основні конструктивні вузли культиватора: рама секційна складеної конструкції; робочі органи — стрілчасті лапи з шириною захвату 270 мм; роторна секція для подрібнення та вирівнювання; пристрій для регулювання глибини обробітку з опорними колесами; причіпний пристрій для агрегатування з тракторами тягового класу 1,4–3,0 кН. Регулювання глибини обробітку здійснюється у діапазоні 4–14 см з кроком 2 см.

Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку

Якість обробітку ґрунту розробленим культиватором оцінюється за комплексом агротехнічних показників: рівномірністю глибини обробітку (відхилення не більше ±1 см від заданої глибини); ступенем подрібнення ґрунтових агрегатів (частка грудок розміром понад 50 мм не повинна перевищувати 15%); вирівняністю поверхні поля (висота гребенів не більше 4 см); відсутністю огріхів та необроблених смуг [1].

Методологія оцінки якості ґрунтообробних операцій базується на системі стандартизованих показників та методів їх вимірювання в польових умовах [1]. Комплексна оцінка якості обробітку включає не лише агрофізичні параметри ґрунту, а й контроль пошкодження рослинних решток та збереження вологи в обробленому шарі.

Енергетичні показники ґрунтообробного агрегату

Оцінка енергетичних показників є невід'ємною складовою розробки нового ґрунтообробного агрегату [6]. Питома витрата пального на одиницю площі є основним критерієм енергетичної ефективності культиватора. Теоретичні розрахунки тягового опору культиватора базуються на класичних положеннях теорії сільськогосподарських машин [4] та методах землеробської механіки [9].

Попередні розрахунки свідчать, що питомий тяговий опір розробленого культиватора становить 1,8–2,4 кН/м залежно від типу ґрунту та глибини обробітку. Порівняно з традиційними конструкціями, застосування вдосконаленої геометрії робочих органів дозволяє знизити тяговий опір на 12–15% за рахунок оптимізації кутів різання та встановлення лап.

Висновки

1. Проведений аналіз сучасного стану ґрунтообробної техніки підтверджує актуальність і доцільність розробки нових конструкцій культиваторів для реалізації ресурсозберігаючих технологій.

2. Розроблено конструкцію комбінованого культиватора, що поєднує стрілчасті лапи та роторну секцію, забезпечуючи якісний передпосівний обробіток ґрунту в один прохід агрегату.

3. Запропонована конструкція відповідає всім агротехнічним вимогам до передпосівного обробітку ґрунту та забезпечує зниження тягового опору на 12–15% порівняно з серійними аналогами.

4. Подальші дослідження передбачають проведення лабораторно-польових випробувань, уточнення конструктивних параметрів та розробку технічної документації для дослідного зразка.

Список використаних джерел

1. Чернілевський М. С. та ін. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посіб. Житомир: ЖНАЕУ, 2012. 84 с.

2. Булгаков В. М., Адамчук В. В. Стан та перспективи створення в Україні сучасних сільськогосподарських машин. Наук. вісн. Луганськ. нац. аграр. ун-ту. 2011. № 29. С. 252–260.

3. Веселовська Н. Р., Руткевич В. С., Шаргородський С. А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навч. посіб. Вінниця, 2019. 234 с.

4. Войтюк Д. Г. та ін. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку. Суми: Університетська книга, 2008. 450 с.

5. ГОСТ 12.0.003-74. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація.

6. Гунько І. В., Бурлака С. А. Оцінка енергетичних показників ґрунтообробного агрегата. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2022. № 2 (117). С. 47–52.

7. Теслюк Г. В. та ін. Ґрунтообробні агрегати на основі дискових робочих органів: монографія. Дніпропетровськ, 2016. 144 с.

8. Закон України «Про охорону праці». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12.

9. Кобець А. С. та ін. Землеробська механіка. Дніпро: Пороги, 2022. 408 с.

10. Кобець А. С., Волик Б. А., Пугач А. М. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія. Дніпропетровськ: Свідлер А. Л., 2011. 140 с.

11. Кошук О. Б. та ін. Сільськогосподарські і меліоративні машини: навч. посіб. Київ: ІПТО НАПН України, 2015. 291 с.

12. Мойсеєнко В., Дудака С. Огляд комбінованих ґрунтообробних агрегатів. Пропозиція. 2017. URL: https://propozitsiya.com/ua/vitchiznyani-kombinovani-gruntoobrobni-agregati.

65. Маленик А.І, Пономаренко Н.О. Дніпровський державний аграрно-економічний університет м. Дніпро, Україна.

ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Актуальність теми

Передпосівний обробіток ґрунту є одним із визначальних агротехнічних заходів, що безпосередньо впливає на рівномірність загортання насіння, дружність сходів та, в кінцевому підсумку, на врожайність сільськогосподарських культур. Традиційна система роздільного виконання операцій — культивації, боронування та коткування — пов'язана зі значними витратами пального, ущільненням ґрунту через багаторазові проходи агрегатів і втратами продуктивного часу [3]. Впровадження комбінованих агрегатів, що суміщають кілька технологічних операцій в одному проході, є відповіддю на ці виклики та відповідає сучасним принципам точного землеробства [12].

В умовах постійного зростання цін на енергоносії питання скорочення кількості технологічних операцій набуває особливої гостроти. За оцінками фахівців, перехід на комбіновану технологію обробітку дає змогу скоротити витрати пального на 25–35% та зменшити кількість проходів техніки по полю вдвічі [2, 6]. Це зумовлює необхідність системного дослідження ефективності комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту.

Мета та завдання дослідження

Метою роботи є аналіз ефективності використання комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту та обґрунтування технологічних і конструктивних параметрів, що забезпечують виконання агротехнічних вимог при мінімальних енергетичних витратах. Для досягнення мети поставлено такі завдання: систематизувати типи комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку та класифікувати їх за принципом дії робочих органів; проаналізувати агротехнічні вимоги до якості передпосівного обробітку ґрунту [1]; дослідити енергетичні показники комбінованих ґрунтообробних агрегатів [6]; визначити умови раціонального застосування комбінованих агрегатів залежно від типу ґрунту та попередника.

Класифікація та конструктивні типи комбінованих агрегатів

Сучасні комбіновані агрегати для передпосівного обробітку ґрунту можна систематизувати за декількома ознаками. За складом робочих органів виділяють агрегати на основі: лапових культиваторів з боронами та котками; дискових борін із роторними секціями; фрезерних барабанів із вирівнювальними котками. Окрему групу становлять агрегати з активними робочими органами, що отримують привід від ВВП трактора [7].

Огляд вітчизняних комбінованих ґрунтообробних агрегатів свідчить про широке використання схеми «культиватор + борона + коток», яка забезпечує розпушування, вирівнювання та ущільнення насіннєвого ложа за один прохід [12]. Агрегати на основі дискових робочих органів ефективніше працюють на ґрунтах з підвищеною засміченістю рослинними рештками, де лапові культиватори можуть забиватися [7]. Технологічні основи машинобудування таких агрегатів детально обґрунтовано у спеціалізованих працях [3].

Агротехнічні вимоги до передпосівного обробітку

Якість передпосівного обробітку ґрунту комбінованими агрегатами регламентується системою агротехнічних вимог, відповідно до яких: глибина обробітку повинна відповідати заданій з відхиленням не більше ±1 см; частка ґрунтових агрегатів розміром понад 50 мм не повинна перевищувати 15% від загальної маси; висота гребенів і борозен на поверхні поля — не більше 4 см; допускається не більше 3% огріхів від оброблюваної площі [1].

Методологія контролю якості ґрунтообробних операцій передбачає польові вимірювання у не менш ніж 10 точках на кожні 10 га оброблюваної площі. При оцінці роботи комбінованих агрегатів особливу увагу приділяють рівномірності розподілу вологи в обробленому шарі та ступеню кришення ґрунту, які суттєво впливають на якість проростання насіння [1, 9].

Енергетичні показники та економічна ефективність

Оцінка енергетичних показників ґрунтообробних агрегатів є ключовим критерієм при виборі технології обробітку [6]. Тяговий опір комбінованого агрегату визначається сумою опорів усіх його секцій та додатковими опорами від взаємодії між секціями. Теоретичну базу для розрахунку тягового опору становлять положення теорії сільськогосподарських машин [4] та землеробської механіки [9, 10].

Порівняльний аналіз показує, що виконання трьох операцій передпосівного обробітку за допомогою одного комбінованого агрегату замість трьох самостійних забезпечує скорочення сукупних витрат пального на 28–33%, зменшення часу на обробіток у 2,5–3 рази та зниження ступеня ущільнення ґрунту на 40–50% завдяки зменшенню кількості проходів [2, 6]. Зазначені переваги особливо виразно проявляються на тлі зростання вартості паливно-мастильних матеріалів.

Умови раціонального застосування комбінованих агрегатів

Ефективність комбінованих агрегатів суттєво залежить від агрофізичного стану ґрунту та умов роботи. Дослідженнями встановлено, що оптимальні умови для їх використання — вологість ґрунту в діапазоні 14–22%, відсутність глибоких колій від попереднього проходу техніки та рівень засміченості рослинними рештками, що не перевищує критичного порогу для конкретного типу робочих органів [7, 11].

Для роботи з комбінованими агрегатами необхідне дотримання вимог безпеки праці відповідно до чинного законодавства [8] та стандартів класифікації небезпечних і шкідливих виробничих факторів [5]. Особливу увагу слід приділяти налаштуванню агрегату перед початком роботи та своєчасному технічному обслуговуванню всіх секцій для підтримання заданої якості обробітку [11].

Висновки

1. Застосування комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту є економічно та технологічно обґрунтованим напрямом розвитку сучасного землеробства, що дозволяє одночасно вирішити завдання підвищення продуктивності та зниження витрат.

2. Комбіновані агрегати забезпечують виконання агротехнічних вимог до якості передпосівного обробітку при скороченні питомих витрат пального на 28–33% та зменшенні ущільнення ґрунту на 40–50% порівняно з роздільним виконанням операцій.

3. Раціональний вибір типу комбінованого агрегату визначається агрофізичним станом ґрунту, рівнем засміченості рослинними рештками та агротехнічними вимогами до конкретної культури.

4. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку критеріїв оптимального підбору комбінованих агрегатів з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов та проведення порівняльних польових випробувань.

Список використаних джерел

1. Чернілевський М. С. та ін. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посіб. Житомир: ЖНАЕУ, 2012. 84 с.

2. Булгаков В. М., Адамчук В. В. Стан та перспективи створення в Україні сучасних сільськогосподарських машин. Наук. вісн. Луганськ. нац. аграр. ун-ту. 2011. № 29. С. 252–260.

3. Веселовська Н. Р., Руткевич В. С., Шаргородський С. А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навч. посіб. Вінниця, 2019. 234 с.

4. Войтюк Д. Г. та ін. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку. Суми: Університетська книга, 2008. 450 с.

5. ГОСТ 12.0.003-74. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація.

6. Гунько І. В., Бурлака С. А. Оцінка енергетичних показників ґрунтообробного агрегата. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2022. № 2 (117). С. 47–52.

7. Теслюк Г. В. та ін. Ґрунтообробні агрегати на основі дискових робочих органів: монографія. Дніпропетровськ, 2016. 144 с.

8. Кобець А. С. та ін. Землеробська механіка. Дніпро: Пороги, 2022. 408 с.

9. Кобець А. С., Волик Б. А., Пугач А. М. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія. Дніпропетровськ: Свідлер А. Л., 2011. 140 с.

10. Кошук О. Б. та ін. Сільськогосподарські і меліоративні машини: навч. посіб. Київ: ІПТО НАПН України, 2015. 291 с.

11. Мойсеєнко В., Дудака С. Огляд комбінованих ґрунтообробних агрегатів. Пропозиція. 2017. URL: https://propozitsiya.com/ua/vitchiznyani-kombinovani-gruntoobrobni-agregati.

66. Мельник В.І.[1], Зеленський А.П.[1], Зеленський О.П.[1], Зеленський М.А.[2].[1]Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,[2]Державний університет Люблінська Політехніка, м. Люблін, Польща.

РОЗРАХУНОК ДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ КОНТАКТУ НАСІННЯ З ДИСКОМ, ЩО ОБЕРТАЄТЬСЯ В ОБЛАСТІ ПРИСМОКТУВАННЯ

Постановка проблеми. Основне завдання розвитку висівної техніки полягає у здатності якісного проведення посівних робіт. Розглядаючи пневматичну сівалку точного висіву та особливо роботу висівного апарату, можна виділити одну з важливих областей дослідження як динамічну стійкість насіння на поверхні диска. Це є одним із важливих параметрів, який характеризує роботу висівного апарату точного висіву. Це здатність насіння утримуватися в комірці або присмоктувальному отворі під впливом вакуумного розрядження, сил тертя або опори проти дії сил, що скидають таких як відцентрової сили, сили тяжіння, інерційних сил, а також вібрацій.

Основні матеріали дослідження. Аналізуючи роботу висівного апарату, можна з упевненістю виділити те, що існує така межа кутової швидкості обертання висівного диска, при якому відцентрова сила буде рівною силі утримання та з подальшим її зростанням виникатиме таке явище як відрив і розліт насіння. Все це призведе до перепусток і двійників у сівбі, що дасть тенденцію до зниження врожайності.

Метою дослідження є динамічна стійкість контакту насіння з диском та пошук оптимальних режимів роботи висівного апарату для досягнення стійкої якості висіву. Об'єктом дослідження є взаємодія посівного матеріалу з висівним диском, що обертається, в умовах динамічних навантажень. Предметом дослідження є характеристики взаємодії насіння та поверхні висівного апарату, сили, що впливають на насіння, геометричні параметри, частота обертання.

Аналізуючи процес присмоктування насіння до отворів висівного диску дає можливість встановити та виділити оптимальні параметри, що впливають на цей процес: кутова швидкість обертання висівного диска ω_d, радіус розташування отворів, що присмоктують, на висівному диску R_h, а також діаметра отворів, що присмоктують d_h, діаметр присмоктуючого насіння d_s, маса насіння, що висівається m_s, тиск створюваного пневматичною системою Δp. Важливим етапом процесу є захоплення насіння з представленого обсягу посівного матеріалу і легкість утримання в області отвору диска, що присмоктує, аж до настання фази скидання і подачі в борозну [1, 2]. Для розрахунку ми приймаємо, насіння як сферичне тверде тіло, яке може прокочуватися, прослизати та здійснювати власне обертання. Розглянемо роботу висівного диска при одноточковому контакті насіння з висівним диском, у точці A як окремий випадок. На насіння діють в області отвору, що присмоктує, сила

вакууму, а як результат нормальна сила і сила тертя; відцентрова сила та сила тяжіння, а центр сфери O_s знаходиться на відстані s від прямої проходить через центр присмоктуючого отвору точки O перпендикулярно площині диска.

1. Сила присмоктування (вакууму) – F_{vac}: Ця сила притискає насіння до поверхні диска, що присмоктує. Вона діє перпендикулярно поверхні диска (вглиб, уздовж осі Z). Передбачається, що вона рівномірно розподілена по поверхні насіння потрапила в площину всмоктуючого отвору, створюючи тим самим притискання [3]:

$$\vec{F}_{vac} = F_{vac}\vec{k} = \Delta p A_h \vec{k}, \#(1)$$

де $\Delta p = p_{atm} - p_{vac}$ – розрядження створюване пневматичною системою в камері висівного апарату, Па; A_h – площа всмоктуючого отвору, м^2.

2. Сила тяжіння:

$$\vec{G} = m_s g \vec{[}, \#(2)$$

Ця сила діє вертикально вниз (вздовж осі Y), прикладена до центру мас насіння.

3. Відцентрова сила:

$$\vec{F}_c = m_s \omega_d^2 R_s \vec{[}, \#(3)$$

Ця сила виникає, коли диск обертається. Вона спрямована від осі обертання та прикладена до центру мас насіння (вздовж осі Y).

4. Нормальна сила (нормальна реакція):

$$\vec{N}_d = -N_{d,Y}\vec{[} - N_{d,Z}\vec{k}, \#(4)$$

Нормальна сила є наслідком сили вакууму, а не причиною утримання насіння.

5. Сила тертя спокою:

$$\vec{F}_{fric} = -\mu_d F_{fric,Y}\vec{[} + \mu_d F_{fric,Z}\vec{k}, \#(5)$$

Завжди перпендикулярна нормальній силі, намагається утримати насіння в області отвору, що присмоктує, прикладена в точці контакту насіння з висівним диском, спрямована протилежно відносному ковзанню.

У нижній точці висівного диска сила тяжіння і відцентрова сила спрямовані вниз, тоді базове результуюче навантаження:

$$\vec{F}_\Sigma = F_\Sigma \vec{[} = \left[m_s g + m_s \omega_d^2 R_s\right]\vec{[}, \#(6)$$

Знаючи, що відстань від центру висівного диска до центру тяжіння насіння визначається, як:

$$R_s = R_h + r_s cos\theta, \#(7)$$

де: R_h- радіус розташування отворів, що присмоктують на диску; r_h– радіус присмоктуючого отвору; r_s– радіус висівного насіння; θ –кут нормалі до вертикалі.

Тоді сумарна сила може бути записана:

$$F_\Sigma = m_s\left[g + \omega_d^2\left(R_h + r_s cos\theta\right)\right], \#(8)$$

Диск обертається з кутовою швидкістю $\omega_d(t)$, навколо осі Z. Насіння утримується біля отвору диска, що висіває, за рахунок різниці тисків, силою вакууму – $\vec{F}_{vac}$. У точці контакту насіння діє нормальна реакція – $\vec{N}_d$ з боку поверхні отвору, а також сила тертя – $\vec{F}_{fric}$, направлені по дотичній до поверхні контакту. Насіння під впливом сили тяжіння – $\vec{G}$ та відцентрової сили – $\vec{F}_c$ намагається залишити область присмоктуючого отвору (відірватися). Між нормальною реакцією та вертикаллю, проведеною через центр насіння (сферу) точку – O_s, існує кут, який позначимо, як – θ. Контакт здійснюється в точці A дотику насіння до поверхні диска, в якій діє нормальна сила і сила тертя, які впливають на можливе відносне переміщення насіння, Рис. 1. Сили, що діють на насіння: $F_{vac} = \Delta p A_h$ – паралельно осі Z (до диска); G – вниз по осі Y; F_c – вниз по осі Y, радіально назовні; N_d – нормальна реакція контакту; F_{fric} – сила тертя; θ – кут між нормальною реакцією та вертикаллю проведеної через центр насіння. При розгляді поведінки насіння під час процесу захоплення отвором висівного диска при роботі висівного апарату, необхідно перш за все визначити координати характерних точок щодо яких ми вивчаємо та аналізуємо процес. Центр тяжкості насіння позначимо точкою – O_s, це і буде точка через яку розглядатимемо вплив сил на насіння. Проведемо через центр висівного диска, точку – O_d, пряму – це буде вісь Y, спрямована назовні диска, вниз. Проведемо через центр висівного диска і площину диска - пряму перпендикулярно осі Y у напрямку обертання - це буде вісь X. Вісь Z проведена

через центр висівного диска і перпендикулярна до осей X і Y, спрямована у бік присмоктування, отвори всередину. Для оцінки ефективності утримання насіння введемо поняття утримуюча сила – $F_{уд}$, який визначиться, як сума сил, що прагнуть залишити насіння на місці. У даному контексті, утримуюча сила – це сила вакууму, яка притискає поверхню насіння до диска. Введемо поняття відривної сили – $F_{отр}$. Відривна сила – це сумарна сила, яка прагне відірвати насіння від точки A. Для аналізу процесу відриву, важливо розглядати сили, що створюють відрив насіння від області отвору, що присмоктує.

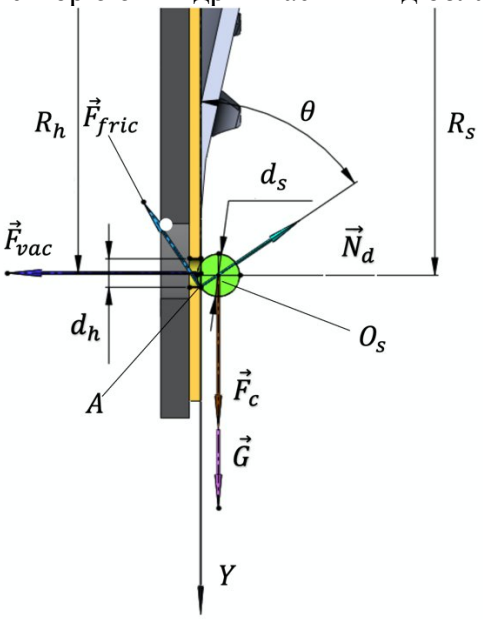


Рис. 1. Захоплення насіння присмоктуючим отвором висівного диска в точці A, сили, що діють на насіння

Для подальшого аналізу процесу приймаємо неінерційну систему відліку, пов'язану з диском апарата, що висіває. Прийнявши систему координат XYZ, запишемо основну систему рівнянь руху, що описують рух насіння в момент присмоктування його до отвору апарата, що висіває, в момент дії сил, на осі OX, OY і OZ, знаючи другий закон Ньютона.

Розглянемо проекцію сил на вісь OZ (за нормаллю до диска):

$$\sum F_Z : F_{vac} - N_{d,Z} + F_{fric,Z} = m_s a_Z, \#(9)$$

Якщо розглядати процес знаходження насіння в області отвору диска, знаючи, що $a_Z \approx 0$, враховуючи форму насіння просапної культури у вигляді сферичної форми, можна записати:

$$N_d = \frac{F_{vac}}{\sin\alpha - \mu_d \cdot \cos\alpha}, \#(10)$$

Умова фізичної реалізованості:

$$\sin\alpha - \mu_d \cdot \cos\alpha > 0$$

інакше контакт неможливий.

Контакт зберігається, якщо: $N_d > 0$ та рівняння балансу виконується.

Висновок. Основною силою, що утримує насіння в області присмоктуючого отвору є сила вакууму – F_{vac}. В подальшому треба приділити більш увагу вивченню поведінки насіння в області отвору, вивчити поведінку під час ковзання та кочення, проаналізувати моменти, що впливають на перекидання насіння.

Список використаних джерел

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин / П.М. Заїка. – Х. : Око, 2001. Т.1. – Ч.2 : Машини для сівби та садіння, 2001. 452 с.
2. Боженко В.О. Сільськогосподарські машини та їх викори- стання / В.О. Боженко. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 420 с.
3. Сільськогосподарські машини. Кн. 1. Машини для рільництва: Підручник / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний [та ін.]; за ред. М.І. Черновола.– К.: Урожай, 2001.– 382 с.

67. Білецький В.Р., Шаповал М.О., Вдовиченко А.М. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
Омельчук С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна

СПОСОБИ ПОСІВУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Сучасне буряківництво відіграє важливу роль у розвитку аграрного сектору, адже цукрові буряки належать до провідних технічних культур помірної зони, забезпечуючи сировину для цукрової промисловості, кормовиробництва та, частково, біоенергетики. Для таких країн, як Україна, де цукробурякове виробництво історично є важливою складовою аграрного комплексу, стабільність урожаю коренеплодів і виходу цукру з одиниці площі має стратегічне значення. Відомо, що значна частка варіації врожайності пов'язана саме з операцією посіву, оскільки спосіб розміщення насіння визначає характер формування густоти стояння рослин, однорідність посівів, рівень конкурентоспроможності щодо бур'янів, можливості міжрядного обробітку та ефективність використання добрив і вологи. Тому вибір раціонального способу посіву цукрових буряків, обґрунтування параметрів технології та відповідних технічних засобів є одним із ключових завдань технології вирощування цієї культури.

Агротехнічні вимоги до посіву цукрових буряків формуються з урахуванням біологічних особливостей культури, стану ґрунтово-кліматичних умов та рівня технічного забезпечення господарств. Насіння цукрових буряків повинно бути висіяне на таку глибину, щоб одночасно забезпечити контакт з вологим шаром ґрунту, сприяти дружному проростанню і не ускладнювати вихід проростка на поверхню. Практика та експериментальні дослідження показують, що оптимальна глибина висіву за більшості умов становить близько 2–3 см, причому на важчих, переущільнених ґрунтах доцільно дотримуватися нижньої межі цього діапазону, а на більш легких – допустиме дещо глибше загортання, якщо це необхідно для досягнення контакту з вологою. Відхилення від оптимальної глибини призводить до зріджених або нерівномірних сходів, зростання частки відсталих у розвитку рослин, а в разі надто глибокого посіву – до підвищення ризику загибелі проростків ще до виходу їх на поверхню. Паралельно з глибиною надзвичайно важливим є просторовий розподіл насіння, оскільки міжряддя й відстань між насінинами в рядку визначають площу живлення кожної рослини, структуру посівів, освітленість листкового апарату та умови механізованого обробітку. Традиційно міжряддя для цукрових буряків становлять 45–50 см, тоді як відстань між насінинами в рядку коливається у межах від 8 до 15 см залежно від запланованої густоти стояння рослин, рівня родючості ґрунту, забезпеченості вологою та особливостей сорту чи гібриду.

У розвитку технологій посіву цукрових буряків можна простежити еволюцію від суцільного рядкового посіву з надлишковою нормою насіння й подальшим проріджуванням до пунктирного точного посіву, коли кожна насінина розміщується на заданій відстані. Історично суцільний посів був пов'язаний із використанням насіння неоднорідної фракції та необхідністю гарантувати достатню кількість сходів, при цьому агрономи свідомо погоджувалися на значні витрати насіння та трудомісткість операцій проріджування. За такого способу насіння розподілялося в рядку майже безперервним потоком, а після появи сходів надмірну кількість рослин видаляли вручну або механізовано, формуючи переривчастий стеблостій. Незважаючи на простоту технічної реалізації, цей метод мав істотні недоліки: значні перевитрати насіння, нерегулярність розташування рослин після проріджування, пошкодження частини молодих рослин у процесі виконання цієї операції, а також високі трудові та матеріальні витрати. Саме ці обмеження стали одним із основних стимулів для пошуку більш економних і технологічно досконалих способів посіву.

Подальший розвиток буряківництва був пов'язаний із широким переходом на використання вирівняного, каліброваного насіння та впровадженням сівалок точного висіву, що забезпечили становлення пунктирного посіву як базового способу розміщення насіння цукрових буряків. За пунктирного, або точного, посіву кожна насінина відокремлюється висівним апаратом і розміщується в рядку на визначеній відстані, що дозволяє одразу формувати стеблостій потрібної густоти без або з мінімальною потребою у проріджуванні. Вакуумні чи механічні висівні апарати, встановлені на сучасних сівалках, здатні реалізувати задану схему розміщення насіння – наприклад, 45–50 см міжряддя та 8–12 см між насінинами в рядку – з високим ступенем точності, за умови належного калібрування насіння і якісної підготовки ґрунту. Для цього насіннєвий матеріал проходить калібрування за розміром та масою, що забезпечує стабільну роботу висівних дисків і мінімізує появу пропусків або подвійних висівів. Пунктирний посів суттєво економить насіння, сприяє формуванню рівномірного посіву, полегшує механізований міжрядний обробіток, забезпечує більш однорідний розвиток рослин і, як наслідок, підвищує урожайність та покращує якість коренеплодів.

Разом із розвитком пунктирного посіву сформувалися й різні схеми просторового розміщення рядків: від традиційного однорядного розміщення з постійним міжряддям до більш складних варіантів, таких як стрічковий, широкорядний чи перехресний посів. Стрічковий посів передбачає розміщення

двох або кількох рядків у межах однієї стрічки з відносно невеликою відстанню між ними та збільшенням ширини технологічних колій між стрічками, що дає можливість забезпечити зручний рух техніки для догляду за посівами і локального внесення добрив та засобів захисту. Завдяки цьому створюються умови для раціонального використання робочої ширини агрегатів, кращого поєднання операцій добрив, захисту та механічного контролю бур'янів. Широкорядний посів, коли міжряддя перевищують традиційні 50 см, використовується рідше, але може бути доцільним на легких або схильних до пересихання ґрунтах, де необхідно інтенсифікувати міжрядний обробіток і забезпечити кращий доступ повітря і світла до рослин. Однак надмірне розширення міжрядь за незмінної кількості рослин на гектар може призвести до гіршого використання площі живлення, підвищеної забур'яненості та зниження урожайності, тому застосування таких схем потребує ґрунтовного агрономічного обґрунтування.

Перехресний посів, який передбачає висів з половинною нормою у двох взаємно перпендикулярних напрямках, теоретично дає змогу досягти максимально рівномірного розподілу рослин по площі, але для цукрових буряків застосовується епізодично. Причиною є ускладнення технології міжрядного обробітку, подвоєння кількості проходів техніки та посилення ризику пошкодження рядків, що в результаті знижує економічну доцільність цієї системи. Отже, при всій теоретичній привабливості перехресного посіву він не став масовим, поступившись місцем більш технологічно простим і надійним схемам.

Розвиток енергозберігаючих та екологобезпечних технологій у рослинництві стимулював впровадження способів посіву цукрових буряків у системах мінімального та нульового обробітку ґрунту. У системі strip-till, яка нині вважається однією з найбільш перспективних для технічних культур, включно з цукровими буряками, обробляється лише смуга ґрунту в зоні майбутнього рядка завширшки близько 15–20 см, де формується насіннєве ложе та вноситься основна частина мінеральних добрив, а міжряддя залишаються вкритими рослинними рештками. Такий підхід дозволяє зменшити втрати вологи, знизити енергозатрати на передпосівний обробіток, зменшити інтенсивність ерозійних процесів і водночас створити для насіння умови, близькі до традиційно підготовленого поля. Посів безпосередньо по стерні (no-till) ставить ще жорсткіші вимоги до конструкції сошників, стабільності глибини загортання та якості розрізання мульчі. Для успішної реалізації таких технологій необхідні важчі сівалки, здатні працювати на нерівній поверхні з неоднорідною щільністю ґрунту, системи точного регулювання притискного зусилля на сошник, а також надійний контроль глибини загортання насіння на кожному рядку.

Окрему групу становлять способи посіву у гребені або на грядах, які є актуальними у регіонах з надмірною зволоженістю, важкими ґрунтами або специфічним рельєфом. У цих системах перед посівом формують гребені, у верхній частині яких розміщують насіння. Це поліпшує дренування й аерацію, сприяє швидшому прогріванню верхнього шару ґрунту навесні, знижує ризик застою води й загнивання коренеплодів. Поєднання гребеневих технологій із пунктирним посівом дозволяє точніше управляти водним режимом польового агрофітоценозу, але вимагає спеціалізованих гребенеформувачів і певної адаптації збиральної техніки, яка має враховувати змінену конфігурацію ґрунтової поверхні.

Технічні аспекти реалізації будь-якого способу посіву цукрових буряків мають не менше значення, ніж суто агротехнічні параметри. Якість роботи сівалки визначається точністю дозування насіння, стабільністю глибини загортання, рівномірністю розміщення насінин у рядку, а також станом насіннєвого ложа. Для сівалок точного висіву ключовими є параметри калібрування висівних апаратів: перед виходом у поле проводять налаштування на стенді, перевіряють частку пропусків та подвійних висівів, підбирають оптимальний набір висівних дисків і величину розрідження повітря (для вакуумних систем). Важливим є й вибір швидкісного режиму роботи агрегату: у більшості випадків рекомендована швидкість руху за пунктирного посіву цукрових буряків не перевищує 4–6 км/год для звичайних сівалок і дещо вища для високошвидкісних конструкцій, створених спеціально для роботи на вищих швидкостях без втрати точності. Перевищення цих значень, особливо на нерівних полях, призводить до розгойдування сошників, нестабільного загортання насіння, збільшення коливань глибини й погіршення просторової рівномірності посіву.

Упродовж останніх років у технологію посіву активно інтегруються елементи точного землеробства. Системи супутникової навігації, автоматичного водіння та секційного відключення висівних апаратів дозволяють уникати перекриттів, особливо на полях складної конфігурації, по краях та в клиноподібних ділянках. Це сприяє раціональному використанню насіння, запобігає надмірному загущенню, зменшує потребу у добривах і засобах захисту рослин у зонах перекриття. Наступним

кроком є впровадження змінної норми висіву, коли густоту насіння в рядку змінюють залежно від локальних властивостей ґрунту, рельєфу, забезпеченості вологою та історичних даних врожайності. Хоча більша частина практичного досвіду змінної норми поки накопичена для зернових культур, загальні принципи є релевантними й для цукрових буряків, особливо з огляду на високу вартість насіння та чутливість культури до густоти стояння.

Цікавим і перспективним напрямом є seed mapping – технологія картографування фактичних місцеположень висіяного насіння на полі. За допомогою сенсорів контролю висіву та високоточної навігації можна реєструвати координати кожної насінини, визначати фактичну відстань між ними, частку пропусків і подвійних висівів. Такі дані дозволяють не тільки оцінювати якість роботи сівалки й ефективність конкретних налаштувань, а й аналізувати зв'язок між просторовою структурою посіву та врожайністю, розробляти алгоритми автоматичної оптимізації режимів висіву в реальному часі. У перспективі це дасть можливість створювати замкнені системи управління посівом, у яких результати попередніх років, дані сенсорів ґрунту, метеоінформація та карти врожайності використовуватимуться для адаптивної зміни способу й параметрів посіву в кожній зоні поля.

Вплив способу посіву на продуктивність посівів цукрових буряків проявляється через комплекс взаємопов'язаних параметрів. Рівномірність стеблостою визначає, наскільки ефективно рослини використовують площу живлення, чи виникає надмірна конкуренція за світло й елементи живлення, як формується листковий апарат, важливий для фотосинтезу і накопичення цукрів у коренеплодах. При надто зріджених посівах значна частина площі залишається незаповненою, збільшується частка бур'янів, погіршується використання сонячної енергії, а також ускладнюється налаштування збиральних машин. При надмірному загущенні, навпаки, рослини конкурують між собою, формують дрібніші коренеплоди, нерівномірно накопичують цукор, що негативно впливає як на врожайність, так і на технологічність переробки. Саме тому пунктирний посів точними сівалками з належно підібраною відстанню між насінинами вважається найраціональнішим способом розміщення насіння, здатним забезпечити компроміс між рівномірністю стеблостою та ефективним використанням площі живлення.

Стрічкові, гребеневі та ресурсоощадні способи посіву доповнюють арсенал технологічних рішень, що дозволяють адаптувати вирощування цукрових буряків до різних ґрунтово-кліматичних умов і виробничих обмежень. У регіонах із ризиком перезволоження доцільним є посів у гребені, який покращує аераційний режим ґрунту й знижує ризик вимокання рослин. На схилах доцільні системи мінімального та смугового обробітку, що зменшують водну ерозію та сприяють накопиченню вологи. В умовах дефіциту палива та високої вартості енергоресурсів strip-till та інші ресурсоощадні технології посіву дають змогу суттєво скоротити кількість проходів техніки по полю та зменшити собівартість продукції.

Отже, способи посіву цукрових буряків перебувають у стані постійного розвитку під впливом як біологічних та агротехнічних вимог, так і технічного прогресу в галузі сівалок та систем точного землеробства. Домінуючим напрямом є широке застосування пунктирного посіву точними вакуумними та механічними сівалками з гнучкими можливостями налаштування, що забезпечують високу рівномірність розподілу насіння й оптимальну густоту стояння рослин. Водночас зростає значення адаптивних схем посіву, які враховують зональні особливості ґрунту, рельєфу й клімату, впроваджуються ресурсоощадні та екологічно орієнтовані технології, інтегруються системи супутникової навігації, змінної норми висіву, seed mapping та інтелектуального контролю роботи висівних апаратів. Саме поєднання науково обґрунтованих агротехнічних підходів до вибору способу посіву з сучасними технічними рішеннями та цифровими технологіями створює передумови для стабільного зростання продуктивності посівів цукрових буряків, підвищення ефективності виробництва й зміцнення конкурентоспроможності буряківництва в умовах ринку.

68. Міненко С.В., Колодяжний Р.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
Добранський С.С. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна

СУЧАСНІ СПОСОБИ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА

Молоко є унікальним харчовим продуктом із високою біологічною цінністю, але водночас воно є сприятливим середовищем для розвитку патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. Саме тому пастеризація залишається базовою операцією молочної промисловості, яка забезпечує мікробіологічну безпеку та подовження терміну зберігання. Протягом більш ніж століття домінували класичні термічні режими, однак вимоги сучасного споживача до «свіжого» смаку, збереження вітамінів і мінімальної

термічної обробки стимулювали активний розвиток інтенсифікованих теплових та нетеплових методів пастеризації. Сьогодні спектр технологій включає традиційні схеми низькотемпературної тривалої пастеризації, високотемпературної короткочасної обробки, ультрапастеризації, а також перспективні способи – високого тиску, імпульсних електричних полів, омічного нагрівання, мікрохвильового та радіочастотного нагрівання, ультразвукової обробки, УФ-опромінення і холодної плазми.

Класичні термічні способи пастеризації молока. Основою термічної пастеризації є інактивація вегетативних форм патогенних мікроорганізмів (зокрема збудників туберкульозу, бруцельозу, лістеріозу, сальмонельозу) за рахунок нагрівання до температур, що не призводять до повної стерилізації, але суттєво зменшують мікробне забруднення. Традиційно застосовуються два базові режими: низькотемпературна тривала пастеризація (LTLT) – приблизно 63 °C протягом 30 хв, та високотемпературна короткочасна пастеризація (HTST) – 72 °C протягом 15 с. Ці режими забезпечують надійне знищення основних патогенів за прийнятних втрат смакових і поживних властивостей молока та є стандартом для нормативних документів у багатьох країнах.

Подальшим розвитком термічних технологій стало впровадження ультрапастеризації й ультрависокотемпературної обробки (UHT), коли молоко нагрівають до 135–140 °C протягом кількох секунд з подальшим асептичним пакуванням. Така обробка фактично наближається до стерилізації, забезпечуючи термін зберігання до кількох місяців без холодильника. Проте високі температури викликають інтенсивну денатурацію сироваткових білків, реакції Майяра з утворенням специфічного «вареного» присмаку та часткову деградацію вітамінів, що погіршує сенсорну оцінку для частини споживачів, які віддають перевагу смаку «свіжого» молока.

Інтенсифіковані термічні методи: мікрохвильова, радіочастотна та омічна пастеризація. На сучасному етапі активно розвиваються так звані «об’ємні» методи нагріву, до яких належать мікрохвильова (MW), радіочастотна (RF) та омічна (OH) обробка. Їх спільною рисою є генерація теплоти безпосередньо в об’ємі продукту за рахунок взаємодії електромагнітного поля або електричного струму з полярними молекулами чи йонами в молоці. Це дозволяє значно прискорити нагрівання, зменшити температурні градієнти і, відповідно, скоротити час перебування молока в зоні підвищених температур, що знижує деградацію термолабільних компонентів і втрати якості.

Мікрохвильова та радіочастотна пастеризація використовують електромагнітні хвилі з різною частотою, які змушують дипольні молекули води та іонні компоненти молока коливатися, що приводить до внутрішньої генерації тепла. Таке нагрівання є значно швидшим порівняно з традиційним теплообміном «поверхня–рідина», а тривалість перебування продукту при високій температурі може бути суттєво зменшена. Разом з тим є проблеми, пов’язані з неоднорідністю електромагнітного поля, можливим локальним перегрівом окремих зон, а також складністю точної валідації режимів з точки зору знищення найбільш термостійких мікроорганізмів і ферментів у промислових умовах.

Особливу увагу дослідників привертає омічний нагрів, при якому через молоко як електропровідне середовище пропускається змінний струм певної напруги та частоти. Завдяки малому тепловому опору між електродами і продуктом, нагрів відбувається дуже швидко й рівномірно в усьому об’ємі. Омічний спосіб дозволяє скоротити тривалість пастеризації, зменшити енергоспоживання, а також краще зберегти сенсорні й харчові характеристики, порівняно з традиційним нагріванням у теплообмінниках. Водночас необхідно враховувати можливі проблеми з утворенням накипу на електродах, корозією, зміною мікроструктури білків за надмірних напружень поля, що потребує оптимізації конструкції апаратів і режимів обробки.

Нетеплові способи пастеризації: високий тиск, імпульсні електричні поля та інші технології. Відносно новим напрямом є нетеплова обробка, що забезпечує інактивацію мікроорганізмів без або з мінімальним підвищенням температури. У цій групі найбільший інтерес для молочної галузі становлять технології високого гідростатичного тиску (HPP), імпульсних електричних полів (PEF), ультразвуку, гідродинамічної кавітації, УФ-опромінення та холодної плазми.

Обробка високим тиском (HPP) передбачає вплив на розфасоване молоко ізотропним тиском 400–600 МПа протягом кількох хвилин. Такий тиск порушує структурну цілісність клітинних мембран і білкових компонентів мікроорганізмів, призводячи до їх загибелі, при цьому температура продукту підвищується лише помірно. Дослідження свідчать, що HPP дозволяє досягати рівня мікробіологічної безпеки, порівнянного з термічною пастеризацією, одночасно краще зберігаючи природний смак, колір і харчову цінність молока. Однак широке промислове впровадження обмежується високою вартістю обладнання та необхідністю використання спеціальних пакувальних матеріалів, стійких до багаторазового циклу стискання.

Технологія імпульсних електричних полів (PEF) базується на подачі до молока коротких (мікро–наносекундних) високовольтних імпульсів із напруженістю поля, як правило, десятки кіловольт на сантиметр. Такий вплив викликає електропорацію й руйнування клітинних мембран мікроорганізмів, що веде до їх інактивації. У ряді робіт показано ефективне пригнічення Listeria monocytogenes, Salmonella та інших патогенів у молоці при поєднанні PEF з помірним підігрівом до 50–60 °C, при цьому сенсорні та харчові властивості залишаються ближчими до сирого продукту, ніж у разі класичної пастеризації. Проблемою залишається висока капіталомісткість імпульсних генераторів, складність масштабування та вимоги до рівномірності електричного поля в потоці.

До інших перспективних напрямів належать ультразвукова обробка, гідродинамічна кавітація, УФ-опромінення та холодна плазма. Ультразвук високої інтенсивності створює в рідині кавітаційні бульбашки, які при колапсі генерують локально дуже високі тиски та температури, механічно руйнуючи клітини мікроорганізмів. При комбінуванні ультразвуку з помірним нагрівом (термосонікацією) досягається синергетичний ефект – необхідна температура обробки знижується, а час процесу скорочується. УФ-опромінення ефективно інактивує мікроорганізми за рахунок пошкодження ДНК, проте його застосування для непрозорого молока ускладнене обмеженою глибиною проникнення. Холодна плазма здатна генерувати активні радикали й реактивні форми кисню та азоту, які руйнують клітинні структури, але технологія для рідкого молока перебуває на стадії інтенсивних досліджень.

Сучасна тенденція полягає не лише в заміні теплової пастеризації нетепловими методами, а й у їх комбінації для досягнення заданого рівня безпеки при мінімальному тепловому навантаженні. Прикладом є поєднання PEF з помірним нагрівом або ультразвуку з омічним нагрівом (sono-ohmic), де синергізм фізичних факторів дозволяє суттєво знизити температуру та час обробки. Такі комбінації створюють передумови для розробки високоякісних продуктів із подовженим терміном зберігання, але з органолептичними властивостями, близькими до сирого молока, що особливо важливо для преміум-сегменту та функціональних напоїв.

Вплив сучасних методів пастеризації на якість і безпеку молока. Оцінка ефективності пастеризації не обмежується лише зниженням загальної кількості мікроорганізмів. Необхідно враховувати інактивацію ключових патогенів, спороутворюючих бактерій, а також ферментів, які можуть спричиняти псування продукту в процесі зберігання. Для класичних режимів LTLT і HTST гігієнічні вимоги добре вивчені та формалізовані, що зумовило їх широке нормативне закріплення. Для HPP, PEF, омічного нагріву та комбінованих технологій триває інтенсивна робота з визначення «еквівалентних» режимів, які забезпечують необхідний рівень безпеки при кращому збереженні якості.

З точки зору харчової цінності нетеплові та інтенсифіковані методи дозволяють краще зберігати термолабільні вітаміни (С, групи В), біоактивні пептиди й нативну структуру сироваткових білків. Менша тривалість нагріву або його відсутність зменшує утворення небажаних продуктів реакцій Майяра, що позитивно впливає як на органолептичні, так і на потенційні функціональні властивості молока. Разом з тим високий тиск або електричні поля можуть модифікувати просторову структуру білків, змінювати коагуляційні властивості молока, що має враховуватися при подальшій переробці на сири, йогурти та інші продукти.

Важливим аспектом є й енергетична та екологічна ефективність технологій. Дослідження показують, що застосування non-thermal або швидких об’ємних методів нагріву може знижувати сумарне енергоспоживання процесу й пов’язані викиди парникових газів, особливо при оптимальному інтегруванні в загальну схему молокопереробного заводу. При цьому необхідно враховувати повний життєвий цикл обладнання та пакування, оскільки, наприклад, HPP вимагає використання спеціальних високобар’єрних матеріалів, а генератори PEF – складних електронних систем.

Впровадження сучасних способів пастеризації потребує не лише техніко-технологічного обґрунтування, а й адаптації нормативної бази. Регуляторні органи, зокрема такі як Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (EFSA), аналізують наукові дані щодо ефективності HPP, PEF та інших методів і поступово формують рекомендації стосовно їх безпечного застосування. Для молочної галузі це означає необхідність стандартизації режимів, розробки методик валідації процесів, а також навчання персоналу роботі з новими технологіями. З боку споживача зростає попит на продукти з «чистою етикеткою», мінімальною термічною обробкою, збереженими природними властивостями, що стимулює виробників шукати баланс між безпекою, якістю та вартістю.

Перспективи вдосконалення пастеризації пов’язані з кількома ключовими напрямами. По-перше, це масштабування нетеплових технологій – HPP, PEF, холодної плазми, ультразвуку – до рівня великих молокопереробних підприємств при одночасному зниженні капітальних і експлуатаційних витрат. По-

друге, розвиток компактних і енергоефективних установок для фермерських господарств та малих переробників, що дозволить підвищити мікробіологічну безпеку локального «фермерського» молока без втрати його органолептичної привабливості. По-третє, інтеграція сучасних методів пастеризації з цифровими системами контролю – онлайн-сенсорами температури, тиску, електричної провідності, мікробіологічними біосенсорами та моделями штучного інтелекту, що оптимізуватимуть режими в реальному часі.

Для країн із розвиненим молочним сектором, включно з Україною, актуальним є створення науково обґрунтованих національних стандартів, які враховують можливості нових технологій і одночасно забезпечують прозорі критерії безпеки. Наукові дослідження в цьому напрямі мають бути спрямовані на визначення еквівалентних рівнів мікробіологічної інактивації, порівняльний аналіз енергетичних витрат, впливу на харчову цінність та сенсорні властивості, а також на оцінку економічної доцільності впровадження тих чи інших технологій у конкретних виробничих умовах.

Сучасні способи пастеризації молока формують широкий спектр технологічних рішень – від удосконалених термічних режимів із використанням мікрохвильового, радіочастотного та омічного нагріву до нетеплових методів високого тиску, імпульсних електричних полів, ультразвуку, УФ-опромінення й холодної плазми. Класичні схеми LTLT, HTST та UHT залишаються базовими завдяки нормативній визначеності й відпрацьованій техніці, проте не завжди відповідають зростаючим вимогам до збереження смаку та біологічної цінності. Інноваційні методи дають змогу зменшити теплове навантаження, краще зберегти харчові та сенсорні характеристики, одночасно забезпечуючи необхідний рівень мікробіологічної безпеки, але потребують подальшої стандартизації, здешевлення обладнання та підтвердження ефективності в промислових масштабах. Таким чином, майбутнє пастеризації молока, ймовірно, полягатиме у поєднанні традиційних і новітніх технологій у гнучких комбінованих схемах, адаптованих до конкретних вимог ринку, особливостей сировини та енергетичних можливостей виробників.

69. Борак К.В., Шевчук О.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна
Семчук Д.Л. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

БІОКОНВЕРСІЯ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ ТВАРИННИЦТВА В БІОГАЗ

Біоконверсія побічних продуктів тваринництва в біогаз є одним із ключових напрямів сучасної «зеленої» енергетики, що поєднує вирішення екологічних проблем аграрного виробництва з одержанням відновлюваного палива. Умови інтенсивного тваринництва супроводжуються утворенням значних обсягів гною, посліду, стоків ферм, відходів боєнь, крові, вмісту шлунково-кишкового тракту, жирових і білкових відходів забійних цехів. За відсутності належної утилізації ці потоки стають джерелом неприємних запахів, емісії парникових газів, бактеріального забруднення ґрунтів і водних об’єктів. Технології анаеробного зброджування дозволяють перетворити їх на біогаз із високим вмістом метану та на цінний органічний добривний продукт – дигестат.

Основою біоконверсії побічних продуктів тваринництва є процес анаеробної ферментації, під час якої консорціум мікроорганізмів послідовно розкладає складні органічні сполуки до метану та вуглекислого газу. Процес включає стадії гідролізу полімерних субстратів (целюлози, геміцелюлози, білків, жирів), кислотогенезу з утворенням летких жирних кислот, ацетогенезу та метаногенезу, де кінцеві метаноутворювальні археї перетворюють ацетат, водень і вуглекислий газ у метан. Стабільна робота цієї багатостадійної системи можлива лише за дотримання комплексу параметрів: оптимальної температури (мезофільний діапазон 35–38 °C або термофільний 50–55 °C), реакції середовища (pH 6,8–7,5), співвідношення вуглецю до азоту (C/N 20–30:1), концентрації сухих і летких речовин у завантажуваному субстраті, часу гідравлічного утримання.

Найбільш масовим субстратом у тваринництві є гній великої рогатої худоби, свиней, птиці, а також гноївка та стоки ферм. Їх метановий потенціал відносно невисокий (типово 20–30 дм³ CH_4 на кг органічної сухої речовини), проте стабільність процесу, наявність необхідних мікроелементів і безперервність утворення на фермах роблять їх базою для більшості біогазових установок. Значно вищий енергетичний потенціал мають відходи боєнь – кров, жирові та білкові фракції, вміст шлунків та кишечнику, обрізки тканин. Для змішаних забійних відходів наводяться значення до 600–700 дм³ CH_4/кг летких речовин, що суттєво перевищує показники традиційного гною, однак вимагає ретельного контролю процесу через високі вмісти жирів, азоту та можливу інгібію амонійним азотом.

Біоконверсія побічних продуктів тваринництва реалізується в різноманітних реакторних системах. На дрібних фермах розповсюджені прості метантенки періодичної чи напівбезперервної дії, а також анаеробні лагуни, які забезпечують відносно низькі питомі капітальні витрати, але не дають можливості повноцінного вилучення біогазу та контролю параметрів процесу. Для середніх і великих підприємств застосовують реактори типу CSTR (змішувані резервуари), UASB та мультистадійні системи, що дозволяють відокремити гідролізну та метаногенну фази й оптимізувати умови для кожної групи мікроорганізмів. В останні роки поширюються інтегровані системи переробки гною (Integrated Manure Utilization System), які включають попередню підготовку субстрату, анаеробне зброджування, очищення біогазу та утилізацію дигестату в єдиному технологічному комплексі, інтегрованому з фермою або переробним підприємством.

Одним із головних напрямів підвищення ефективності біоконверсії є коферментація кількох видів відходів. Поєднання гною з відходами боєнь, харчової та переробної промисловості, рослинними рештками дає змогу збалансувати співвідношення C/N, зменшити інгібію амонієм, покращити буферні властивості середовища й забезпечити вищий вихід метану. Дослідження з ко-ферментації сумішей гною, шлункового вмісту, крові та інших забійних фракцій показали суттєве зростання метанового потенціалу за правильно підібраних пропорцій, а коферментація забійних відходів із стічним мулом або харчовими відходами дозволяє досягати синергічного ефекту – одночасного підвищення виходу метану та скорочення тривалості ферментації.

Важливу роль у біоконверсії побічних продуктів тваринництва відіграють методи попередньої підготовки субстрату. Подрібнення, гомогенізація, видалення крупних домішок, регулювання сухої речовини забезпечують рівномірне завантаження реактора і підвищують доступність субстрату для гідролітичних ферментів. Застосування термічної гідролізної обробки, при якій відходи короткочасно піддаються дії підвищеної температури та тиску, сприяє руйнуванню клітинних структур, стерилізації сировини й істотному поліпшенню біодеградації з наступним підвищенням продуктивності анаеробних реакторів і полегшенням зневоднення дигестату.

Регуляторні та ветеринарно-санітарні вимоги істотно впливають на технологічні рішення щодо біоконверсії побічних продуктів тваринництва. В ЄС побічні продукти класифікуються за ступенем ризику, причому відходи високих категорій (що потенційно несуть збудників особливо небезпечних хвороб) підлягають спалюванню або іншому знешкодженню, тоді як відходи нижчих категорій – гній, вміст кишечнику, окремі забійні залишки – можуть залучатися до компостування та біогазової переробки за умови виконання вимог до пастеризації та гігієнізації. Це зумовлює необхідність інтеграції в біогазові установки етапів термічної обробки, контролю температурно-часових режимів і документування процесів для забезпечення простежуваності та відповідності нормативам.

З енергетичної точки зору біогаз, одержаний із побічних продуктів тваринництва, являє собою суміш метану (приблизно 50–70 %), вуглекислого газу та незначних домішок сірководню, водяної пари й інертних газів. Після очищення від H_2S та осушення біогаз може безпосередньо спалюватися в когенераційних установках для виробництва електричної та теплової енергії або піддаватися подальшому очищенню до кондицій біометану з можливістю подачі в газорозподільні мережі чи використання як моторне паливо. Для ферм це створює передумови енергетичної автономії, зниження витрат на електроенергію та тепло, а також формування додаткового джерела доходів у разі реалізації надлишків енергії.

Екологічний ефект біоконверсії побічних продуктів тваринництва багатовимірний. По-перше, зменшується неконтрольоване виділення метану із традиційних гноєсховищ та лагун, що дає змогу скорочувати парникові викиди порівняно з базовим сценарієм. По-друге, анаеробне зброджування сприяє зниженню кількості патогенних мікроорганізмів та насіння бур’янів у субстраті, що підвищує санітарну якість дигестату. По-третє, контрольоване управління азотом і фосфором у добриві дозволяє оптимізувати їх внесення під сільськогосподарські культури й зменшити ризики нітратного забруднення ґрунтових і поверхневих вод.

Дигестат, який залишається після анаеробного зброджування, є важливим продуктом біоконверсії. У ньому зберігається більша частина мінеральних елементів, але органічна речовина перебуває у більш стабільній, частково гуміфікованій формі, що знижує втрати азоту у вигляді аміаку та оксидів азоту порівняно зі свіжим гноєм. Рідка фракція може вноситися в ґрунт через системи краплинного чи поверхневого розподілу, а тверда – використовуватися як органічне добриво або сировина для виробництва поліпшувачів ґрунту. Додаткові напрями переробки твердих залишків, зокрема піроліз та карбонізація з одержанням біовугілля, відкривають перспективи поєднання

біогазових технологій із виробництвом електродних матеріалів та сорбентів для систем зберігання енергії й очищення води.

Попри значний потенціал, біоконверсія побічних продуктів тваринництва в біогаз стикається з низкою технологічних і економічних викликів. До них належать коливання складу та навантаження за органічною речовиною, ризик інгібування процесу через надлишок амонію чи жирних кислот, необхідність попередньої гігієнізації високоризикових відходів, корозійна активність H_2S, а також потреба в капіталомісткій інфраструктурі та кваліфікованому обслуговуванні. Дослідження останніх років спрямовані на оптимізацію процесу за допомогою математичного моделювання, застосування глибокого навчання для керування концентраціями летких жирних кислот, а також на використання добавок – провідних матеріалів чи мікроелементів, які покращують електронний обмін між мікроорганізмами та підвищують вихід метану.

Таким чином, біоконверсія побічних продуктів тваринництва в біогаз є ефективною інтегральною технологією, що поєднує управління органічними відходами, виробництво відновлюваної енергії та замкнення біогенних циклів у агроекосистемах. Подальший розвиток цього напряму пов'язаний із удосконаленням біореакторних систем, коферментацією різнорідних відходів, впровадженням попередніх обробок для підвищення біодоступності субстратів, цифровими системами моніторингу й керування, а також із гармонізацією нормативних вимог, які дозволять максимізувати залучення побічних продуктів тваринництва до «зеленої» енергетики з дотриманням високих ветеринарно-санітарних стандартів.

70. Савченко В.М., Козачук В.М., Прищепа Д.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

РОЛЬ ЩОДЕННОГО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ У ЗНИЖЕННІ ВІДМОВ І ПРОСТОЇВ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ

Надійність роботи машинно-тракторного парку є одним із ключових чинників ефективності сучасного сільськогосподарського виробництва. В умовах інтенсивного використання техніки, нерівномірного сезонного навантаження та дефіциту кваліфікованих ремонтних кадрів особливої актуальності набуває питання профілактики відмов, а не лише їх усунення. Одним із найважливіших інструментів такої профілактики є щоденне технічне обслуговування тракторів, яке виконується безпосередньо трактористом-машиністом або черговим персоналом перед початком та після закінчення зміни. Систематичне виконання регламентованих щоденних операцій дозволяє вчасно виявити та ліквідувати початкові ознаки несправностей, запобігаючи їх переростанню в серйозні відмови, що спричиняють тривалі простої, непланові витрати та порушення агротехнічних строків.

З позицій теорії надійності відмова трактора – це втрата ним здатності виконувати задані функції з параметрами, що відповідають нормативним вимогам. Відмова може мати раптовий або поступовий характер, бути повною або частковою, але в будь-якому випадку пов'язана зі зниженням технічної готовності машини. Простої машинно-тракторного парку – це періоди, коли трактор кількісно й якісно придатний до роботи, але фактично не працює через технічні, організаційні чи інші причини. Однією з головних цілей системи технічного обслуговування є підвищення коефіцієнта готовності техніки та зменшення питомої кількості відмов на одиницю напрацювання. Саме щоденне технічне обслуговування, будучи найчастішою за періодичністю ланкою системи ТО, безпосередньо впливає на інтенсивність відмов, середній наробіток до відмови та структуру простоїв.

Щоденне технічне обслуговування (ЩТО) включає комплекс регламентованих робіт, спрямованих на підтримання працездатного стану трактора між плановими обслуговуваннями періодичної періодичності (ТО-1, ТО-2 тощо). До змісту ЩТО зазвичай входять зовнішній візуальний огляд агрегату, перевірка рівнів робочих рідин (мастила в картері двигуна, трансмісійної оливи, охолоджувальної рідини, гідравлічної рідини), контроль герметичності систем, огляд протікання пального та мастил, очищення радіаторів охолодження та повітряних фільтрів, перевірка тиску в шинах, стану протектора, надійності кріплення коліс і навісного обладнання, працездатності гальмової системи, рульового управління, світлових приладів та електроустаткування. Незважаючи на відносну простоту більшості операцій, їх систематичне виконання має вирішальне значення для попередження раннього зносу та аварійних відмов.

Вплив щоденного технічного обслуговування на надійність тракторів реалізується через кілька основних механізмів. По-перше, завдяки регулярному візуальному та функціональному контролю

виявляються початкові ознаки несправностей – незначні підтікання мастила чи пального, змінений звук роботи двигуна, підвищена вібрація окремих вузлів, нагрів підшипникових опор, ослаблення кріпильних з'єднань. На цьому етапі усунення дефектів потребує мінімальних трудових і матеріальних витрат. Якщо ж ці ознаки ігнорувати, відбувається прогресивний розвиток пошкоджень, що призводить до руйнування деталей та серйозних відмов – заклинювання підшипників, руйнування зубчастих передач, поломки валів, виходу з ладу паливної апаратури тощо. Таким чином, ЩТО зменшує частку аварійних відмов, переводячи їх у категорію планових регламентних робіт.

По-друге, щоденний контроль рівнів і стану робочих рідин запобігає роботі агрегатів в умовах масляного або теплового голодування. Наприклад, зниження рівня мастила в картері двигуна нижче критичної позначки різко збільшує інтенсивність зносу спряжень циліндр-поршень, корінних і шатунних підшипників колінчастого вала. Аналогічно забруднення або недостатній рівень охолоджувальної рідини призводить до перегріву двигуна, втрати потужності, детонації, викривлення головки блока, прогару клапанів. Своєчасне доливання та заміна рідин, виявлення підтікання, очищення фільтрувальних елементів, виконані в процесі ЩТО, істотно зменшують імовірність таких відмов.

По-третє, регулярний огляд ходової частини та навісної системи дозволяє запобігати аваріям, пов'язаним із втратою стійкості та керованості трактора, руйнуванням штанг навіски, розривом пальців, від'єднанням знарядь. Особливо це важливо під час виконання робіт з великим тяговим опором або на схилах. Нормальний тиск у шинах, відсутність зрізаних болтів, рівномірний знос протектора, надійність кріплення вантажів та противаг безпосередньо впливають не лише на довговічність, а й на безпеку експлуатації.

Вплив щоденного технічного обслуговування на структуру простоїв машинно-тракторного парку. У структурі загального фонду часу простоїв тракторів виділяють простої через технічні причини, організаційні та зовнішні. Щоденне технічне обслуговування сприяє насамперед скороченню простоїв через технічні несправності. Завдяки систематичному контролю стану агрегатів та усуненню дрібних дефектів у періоди оперативного обслуговування кількість раптових відмов під час основної роботи зменшується, а ті відмови, що залишаються, частіше мають прогнозований характер і можуть бути «підтягнуті» до планових ТО або ремонтів. Це дозволяє краще планувати використання техніки, мінімізувати ризики зриву технологічних строків сівби, обробітку ґрунту, збирання врожаю, транспортування продукції.

Крім того, правильна організація ЩТО з урахуванням графіка роботи машинно-тракторного парку дозволяє знизити частку організаційних простоїв. Якщо суміщувати виконання щоденних операцій з іншими технологічними та підготовчими заходами (заправка паливом, підготовка робочих органів знарядь, оформлення нарядів), то додатковий час на ТО стає мінімальним. При цьому суттєво зростає «якість» відпрацьованої зміни: більшу частину часу трактор працює в полі, а не очікує ремонту або доставки запасних частин. На рівні господарства або підприємства це проявляється у збільшенні коефіцієнта змінності використання техніки, підвищенні сезонної продуктивності та зниженні собівартості виконання механізованих робіт.

Щоденне технічне обслуговування буде ефективним лише за умови чіткої організації, розподілу відповідальності та контролю за його виконанням. У практиці машинно-тракторних парків важливо забезпечити, щоб для кожного трактора був визначений конкретний відповідальний тракторист-машиніст, який несе персональну відповідальність за технічний стан закріпленої за ним машини. Важливо вести журнал щоденного технічного обслуговування, у якому фіксуються виконані операції, виявлені дефекти, прийняті рішення щодо їх усунення. Це дозволяє не лише контролювати дисципліну, а й відстежувати розвиток несправностей, аналізувати причини повторюваних відмов, приймати обґрунтовані рішення щодо модернізації, заміни вузлів або зміни умов експлуатації.

Суттєву роль відіграє взаємодія тракториста з інженерно-технічною службою господарства або сервісного дилерського центру. Тракторист, виконуючи ЩТО, виявляє симптоми можливих відмов, але не завжди може діагностувати їх глибинні причини. Тому необхідно, щоб інформація про підозрілі ознаки (сторонні шуми, зміна температурного режиму, падіння потужності, «плаваючі» оберти, нестійкий запуск) систематично передавалась механіку, інженеру, сервісному спеціалісту, які вже приймають рішення про додаткову діагностику, регулювання або локальний ремонт.

Ефективність щоденного технічного обслуговування в значній мірі залежить від рівня технічної культури трактористів та їхнього розуміння причинно-наслідкових зв'язків між станом вузлів і наслідками для надійності машини. Формальний підхід до ЩТО (виконання операцій лише на папері) не забезпечує реального зниження відмов. Тому необхідно організовувати систематичне навчання

механізаторів: проведення інструктажів перед початком сезону, практичних занять з демонстрацією типових дефектів, їх ознак та наслідків, роз'ясненням, як прості профілактичні заходи дозволяють уникнути дорогих ремонтів. Використання наочних посібників, відеоматеріалів, модернізованих чек-листів, адаптованих до конкретних моделей тракторів (від вітчизняних до сучасних імпортних), сприяє підвищенню відповідального ставлення до ЩТО та формуванню навичок ранньої діагностики.

У нових моделях тракторів широко застосовуються бортові системи діагностики, датчики параметрів, телематика, що дозволяють реєструвати робочі режими, навантаження, температуру, тиск і передавати інформацію на дисплей оператора або до сервісного центру. Інтеграція цих можливостей у систему щоденного технічного обслуговування розширює її потенціал. Тракторист, виконуючи ЩТО, може не лише оглядати машину, а й аналізувати повідомлення бортового комп'ютера, переглядати історію помилок, контролювати інтервали заміни олив і фільтрів. Використання мобільних додатків для електронного заповнення чек-листів щоденного огляду спрощує фіксацію інформації, дозволяє накопичувати базу даних щодо експлуатації кожного трактора та на основі цих даних проводити статистичний аналіз відмов, планувати профілактичні роботи, оптимізувати запаси запасних частин.

З економічної точки зору щоденне технічне обслуговування є відносно маловитратною операцією, оскільки потребує мінімальних витрат часу, простих інструментів та недорогих експлуатаційних матеріалів. Натомість його ігнорування призводить до значних непрямих втрат, пов'язаних із простоєм дорогої техніки в період пікового навантаження, необхідністю виконання термінового ремонту, залученням сторонніх ремонтних служб, простоєм персоналу. Крім прямих ремонтних витрат, збитки проявляються через недобір урожаю, погіршення якості виконання технологічних операцій, перевитрату пального. Регулярне ЩТО сприяє підтриманню оптимального технічного стану двигуна та трансмісії, що забезпечує раціональну витрату палива, зменшує викиди шкідливих речовин у атмосферу, запобігає витокам мастильних матеріалів у ґрунт, тобто позитивно впливає на екологічні показники сільськогосподарського виробництва.

Подальший розвиток системи ЩТО пов'язаний із впровадженням елементів сервіс-орієнтованого підходу, коли виробники та дилери техніки не лише надають регламенти, а й забезпечують методичний супровід, навчальні програми, цифрові платформи для ведення електронних журналів ТО, дистанційний моніторинг технічного стану. На рівні господарств важливо розробляти внутрішні стандарти щоденного обслуговування, адаптовані до конкретних умов експлуатації, складу машинно-тракторного парку, рельєфу місцевості, типів виконуваних робіт. Перспективним напрямом є поєднання щоденного технічного обслуговування з оперативною діагностикою за допомогою портативних приладів (аналізу вібрації, температури, якості мастил), що дозволить ще більше знизити імовірність раптових відмов.

Щоденне технічне обслуговування тракторів є ключовою ланкою системи підтримання їх працездатності та надійності. Саме через частоту виконання та близькість до реальних умов експлуатації ЩТО відіграє вирішальну роль у ранньому виявленні та усуненні дефектів, попередженні аварійних відмов, скороченні простоїв машинно-тракторного парку. Систематичне виконання комплексу простих, але технологічно обґрунтованих операцій – від контролю рівнів рідин і візуального огляду до перевірки роботи основних систем – дозволяє підвищити коефіцієнт готовності тракторів, збільшити середній наробіток до відмови, оптимізувати структуру простоїв. Ефективність щоденного ТО залежить від організації роботи, кваліфікації трактористів, налагодженої взаємодії з інженерно-технічною службою, а також від використання сучасних засобів діагностики та цифрових інструментів. У комплексі це забезпечує не лише технічні, а й економічні, екологічні та організаційні переваги, роблячи щоденне технічне обслуговування одним із найважливіших інструментів підвищення ефективності функціонування машинно-тракторного парку.

71. Дерев'янко Д.А., Пивовар О.М. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

ТЕХНОЛОГІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ДОРОБКИ ЯЧМЕНЮ В СИСТЕМІ ЗЕРНОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Ячмінь є однією з базових культур зернового клину України та світу, використовується як універсальна сировина для комбікормової, харчової і пивоварної промисловості, а також виступає важливим експортним товаром. У структурі вітчизняного зернового виробництва ячмінь стабільно входить до трійки провідних культур, що зумовлено відносно невисокою собівартістю вирощування та стійким попитом на внутрішньому й зовнішньому ринках. В таких умовах післязбиральна доробка ячменю виступає не допоміжною, а ключовою ланкою технологічної системи виробництва зерна, яка

забезпечує перехід від «валового врожаю» до товарної та технологічно придатної продукції, що відповідає вимогам стандартів і потребам конкретних переробних галузей.

Технологічна особливість ячменю як об’єкта доробки полягає в чутливості зерна до механічних пошкоджень, коливань вологості та температури, а також у високій варіативності кінцевих вимог до якості залежно від напряму використання. Для фуражного ячменю критичними є показники вологості, смітної та зернової домішки, маси 1000 зерен, натури, ураженості хворобами та вмісту мікотоксинів. Для харчового та пивоварного ячменю додатково жорстко нормуються вміст білка, вирівняність і форма зерна, склоподібність, енергія проростання та лабораторна схожість. Оскільки більшість цих показників у момент збирання не відповідають оптимуму, технологічна доробка (очищення, сушіння, сортування, охолодження й зберігання) стає єдиним інструментом доведення партій зерна до кондиційного стану.

Умови збирання ячменю є одним із визначальних факторів подальшої ефективності післязбиральної доробки. На практиці культура часто збирається при підвищеній вологості зерна – 18–22 % і більше, що пов’язано з необхідністю мінімізувати втрати від обсипання та вилягання, а також із нестабільністю погодно-кліматичних умов. За таких умов у ворох зерна потрапляє значна кількість зеленої та мінеральної домішки, недозрілих колосків, подрібнених частинок стебел, а також збільшується частка механічно пошкодженого зерна. Це призводить до нерівномірного висихання, активного дихання та самозігрівання маси, створює передумови для розвитку мікрофлори і втрати якості. Тому своєчасне надходження вороху на лінії первинної доробки не просто бажане, а технологічно необхідне для попередження незворотних втрат.

З позицій системного підходу післязбиральна доробка ячменю розглядається як логічне продовження польової технології, що включає ланцюг операцій від моменту виходу зерна з комбайна до формування однорідних, стабільних за якістю партій, придатних до тривалого зберігання та переробки. Цей ланцюг охоплює транспортування вороху, його приймання, попереднє і первинне очищення на сепараторах і повітряно-решітних машинах, за потреби — інтенсивне чи низькотемпературне сушіння, вторинне й тонке очищення, сортову та фракційну сепарацію, охолодження, активну вентиляцію та контрольований режим зберігання в силосах чи підлогових складах. Кожна з цих операцій має власний технологічний ефект, але лише їх сукупність у правильно скомпонованій схемі забезпечує цілісність системи зернового виробництва.

Ключовим технологічним аргументом на користь доробки є контроль вологості зерна. Для безпечного зберігання більшості зернових культур, у тому числі ячменю, вологість повинна бути знижена до рівня не вище 14–14,5 %, а для пивоварного ячменю — до 12–13 % з урахуванням вимог до схожості й енергії проростання. Перевищення цих порогів різко підвищує інтенсивність дихання зернової маси, сприяє розвитку мікроорганізмів і кліщів, зумовлює ризик самозігрівання та злежування, що в підсумку веде до втрат сухих речовин, зниження натури та погіршення технологічних властивостей. Сушіння, реалізоване за раціонально підібраними параметрами агента сушіння, тривалості та кратності проходження зерна, дозволяє не лише стабілізувати вологість, а й оптимізувати енергоспоживання через використання рекуперації тепла, зонального та ступінчастого режимів.

Не менш важливою технологічною умовою є якісне очищення зерна від смітної та зернової домішки. Ворох ячменю після збирання може містити до 8–12 % домішок, серед яких присутні органічні залишки, насіння бур’янів, биті та щуплі зерна, мінеральні домішки (пісок, грудочки ґрунту), металомагнітні включення. Попереднє й первинне очищення на сепараторах з ефективною аспірацією, каменевідбірниками, трієрами та магнітними уловлювачами дає змогу знизити частку домішок до нормативних значень, зменшити навантаження на сушильне обладнання та мінімізувати ризики механічного пошкодження зерна в транспортних і технологічних комунікаціях. Для пивоварного ячменю додатково застосовується тонке очищення й калібрування за розміром, що забезпечує вирівняність партії та сприяє рівномірному проростанню зерна під час солодоробства.

Особливе значення післязбиральна доробка має для формування якісних параметрів пивоварного ячменю, де цінність партії визначається не лише базовими показниками якості, а й здатністю зерна забезпечувати задані показники екстрактивності, розчинності білків, в’язкості сусла та ароматоутворення при солодоробстві. Саме на етапі доробки закладається потенціал схожості й життєздатності зерна, оскільки надто інтенсивне сушіння при підвищених температурах, тривале зберігання при підвищеній вологості чи періодичне самозігрівання ведуть до деградації ферментативної системи й погіршення солодових властивостей. Технологічно виважені режими сушіння й зберігання, що забезпечують стабільність температури на рівні 5–10 °C та контрольовану вологість нижче 13–14 %, дозволяють зберегти ферментативну активність і забезпечити високу однорідність солоду.

З технологічної точки зору післязбиральна доробка виступає також інструментом забезпечення безпечності зерна, передусім щодо вмісту мікотоксинів. У світовій практиці встановлено, що значна частина втрат зерна й погіршення його безпечності відбувається саме на етапі зберігання, де за поєднання підвищеної вологості, температури та наявності органічної домішки активно розвиваються мікроскопічні гриби, здатні синтезувати токсичні сполуки. Якісне очищення від пошкоджених і уражених зерен, калібрування, швидке зниження вологості до безпечних значень, впровадження активної вентиляції й періодичного моніторингу температурно-вологісного стану зернової маси в силосах та складах суттєво зменшують ризики накопичення мікотоксинів і забезпечують відповідність ячменю санітарним нормам для харчового й кормового використання.

Вибір конкретної технологічної схеми післязбиральної доробки ячменю визначається структурою посівних площ, рівнем концентрації виробництва, наявною інфраструктурою та вимогами споживачів. Для великих аграрних підприємств доцільним є використання комплексних стаціонарних ліній на базі потужних очисних машин і шахтних або колонкових сушарок із високим рівнем автоматизації контролю параметрів процесу, що дозволяє забезпечити значні обсяги доробки при оптимальних витратах енергії. Для середніх і малих господарств перевагу мають модульні й мобільні комплекси, які забезпечують гнучкість розміщення, можливість поетапного нарощування потужності та менші капітальні витрати. У будь-якому випадку техніко-економічне обґрунтування схеми доробки має враховувати не лише прямі витрати на обладнання й енергію, а й зменшення втрат маси й якості, підвищення ціни реалізації та розширення ринків збуту.

Економічний ефект від упровадження науково обґрунтованих технологій післязбиральної доробки ячменю проявляється в трьох основних площинах: зниження кількісних втрат, підвищення товарної якості та розширення можливостей диференціації продукції за ціновими сегментами залежно від напряму використання. За даними міжнародних досліджень, частка втрат зернових культур на етапах доробки й зберігання без застосування сучасних технологій може досягати 10–15 % від валового збору, тоді як використання комплексних систем очищення, сушіння та контролю зберігання дозволяє суттєво зменшити ці втрати. Для ячменю, який здатен переходити з категорії фуражного в пивоварний за умови відповідної якості, додатковим фактором економічної доцільності доробки є можливість формування високоякісних партій, що реалізуються за істотно вищою ціною, зокрема на експортних ринках.

З огляду на значну роль ячменю в експортному потенціалі України та орієнтацію частини виробників на преміальні сегменти ринку (пивоварний ячмінь, органічне зерно, продукція з підвищеними вимогами до безпечності), післязбиральна доробка набуває стратегічного виміру. В умовах кліматичних змін, нестабільності логістики та загострення конкуренції на світових ринках саме високий рівень технологічної оснащеності й організації доробки дозволяє формувати стійкі до зовнішніх потрясінь ланцюги доданої вартості. Сучасні тенденції передбачають поєднання енергоощадних режимів сушіння, автоматизованих систем контролю якості, цифрових рішень для моніторингу стану зернових мас із розвитком гнучких схем логістики, що забезпечує прозорість і прогнозованість якості партій на всіх етапах руху від поля до споживача.

Отже, технологічна доцільність післязбиральної доробки ячменю в системі зернового виробництва визначається не лише необхідністю приведення зерна у відповідність до стандартів, а й комплексним впливом на продуктивність, економічну ефективність і стійкість усього зернового ланцюга. Доробка виступає інтегруючою ланкою між польовою технологією та переробкою, забезпечуючи збереження потенціалу врожаю, трансформацію його у високоякісну, безпечну й конкурентоспроможну продукцію для різних сегментів ринку. Науково обґрунтований вибір обладнання, режимів очищення, сушіння й зберігання, адаптований до конкретних ґрунтово-кліматичних і виробничих умов, є ключовою умовою підвищення ефективності зернового виробництва та посилення позицій України на світовому ринку ячменю.

72. Білецький В.Р., Скок М.С. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СІНАЖУ В КОРМОВІЙ СИСТЕМІ ГОСПОДАРСТВА

Формування стабільної та збалансованої кормової бази є ключовою передумовою конкурентоспроможності сучасних тваринницьких господарств. У структурі об’ємних кормів особливе місце посідає сінаж, що забезпечує тварин високоякісним енергетично-протеїновим кормом протягом

року. Серед багаторічних кормових культур люцерна вирізняється комплексом агробіологічних та кормових переваг, які роблять її однією з найперспективніших культур для виробництва сінажу в умовах інтенсифікації молочного та м'ясного скотарства. Метою даної роботи є наукове обґрунтування доцільності вирощування люцерни саме для виробництва сінажу в кормовій системі господарства з урахуванням агрономічних, зоотехнічних, економічних та екологічних аспектів.

Люцерна (Medicago sativa L.) належить до багаторічних бобових трав із глибокою стрижневою кореневою системою, що забезпечує їй високу посухостійкість, здатність ефективно використовувати вологу з глибших горизонтів ґрунту та відносну стабільність урожаю в роки з дефіцитом опадів. Стебла і листки культури характеризуються високим вмістом сирого протеїну, кальцію, ряду мікроелементів та каротину. За даними зарубіжних досліджень, типові показники люцерни як кормової культури становлять у середньому 10–12 т сухої речовини з гектара на рік, 35–40 т зеленої маси, вміст сирого протеїну 18–21 % та засвоюваність (D-значення) на рівні близько 70 %, що свідчить про її високу кормову цінність. Завдяки активній фіксації атмосферного азоту за допомогою бульбочкових бактерій люцерна додатково збагачує ґрунт азотом, що покращує умови вирощування наступних культур у сівозміні.

Зоотехнічна цінність люцерни зумовлена не лише високим протеїновим рівнем, а й збалансованим вмістом незамінних амінокислот, вітамінів та мінеральних елементів. У численних роботах підкреслюється, що люцерна широко використовується в годівлі високопродуктивних жуйних – насамперед молочних корів – завдяки поєднанню високого вмісту сирого протеїну, вітамінів, макро- і мікроелементів з відносно високою врожайністю та стійкістю до посухи й низьких температур. Це робить люцерну базовою культурою для формування протеїнової основи раціонів, особливо в регіонах із нестабільним забезпеченням білковими концентратами та імпортними білковими добавками.

Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділяють порівнянню люцернового сінажу з іншими видами об'ємних кормів. Показано, що раціони на основі люцернового сінажу забезпечують вищий рівень споживання сухої речовини та підтримують більшу молочну продуктивність корів порівняно з раціонами на основі, наприклад, жнивного райграсового сінажу, за умови правильної енергетичної збалансованості раціону. У дослідах із частковою заміною трав'яного та кукурудзяного сінажу люцерновим встановлено, що включення до раціону першого укосу люцерни не погіршує продуктивність корів, а в окремих випадках покращує профіль жирних кислот молока, підвищуючи частку поліненасичених жирних кислот. Це особливо важливо для господарств, орієнтованих на виробництво молока з підвищеною біологічною цінністю.

Переваги люцернового сінажу проявляються і при порівнянні систем годівлі на основі випасання та заготівлі об'ємних кормів. Дослідження з використанням люцерни у раціонах дійних корів засвідчили підвищення вмісту лінолевої та α-ліноленової кислот у молоці, що пов'язано з високим вмістом цих жирних кислот у люцерні. Хоча ці результати отримані переважно для систем пасовищного використання, при правильній технології заготівлі сінажу частина цих якісних показників може зберігатися і в консервованому кормі. Отже, вирощування люцерни з подальшим використанням її у вигляді сінажу сприяє не тільки підвищенню рівня протеїну в раціонах, а й покращенню їх ліпідного складу та загальної біологічної цінності продукції тваринництва.

Технологія заготівлі люцернового сінажу має низку специфічних вимог, дотримання яких забезпечує реалізацію потенціалу культури. Оптимальним строком скошування для сінажу є фаза бутонізації – початок цвітіння, коли поєднуються високий вміст протеїну, задовільна перетравність клітковини та достатня врожайність зеленої маси. Перед закладанням у сховища люцерну підв'ялюють до вмісту сухої речовини близько 30–40 %, що дозволяє знизити втрати соку та створити сприятливі умови для молочнокислого бродіння. Дослідження складу та ферментаційних властивостей люцернового сінажу, отриманого за органічною та традиційною технологіями вирощування, показують можливість формування високоякісного корму з різним рівнем сухої речовини, нейтрально- та кислотно-детергентної клітковини при забезпеченні належних умов консервування. Використання сучасних бактеріальних заквасок та консервантів сприяє зменшенню протеїнових втрат і підвищенню стабільності сінажу при розкритті траншей.

У кормовій системі господарства люцерновий сінаж доцільно розглядати як базовий протеїновий компонент для раціонів дійних корів, телиць, відгодівельної молодняку великої рогатої худоби та дрібних жуйних. Високий вміст протеїну і відносно невисокий рівень енергії обумовлюють необхідність поєднання люцернового сінажу з енергонасиченими кормами (кукурудзяний сінаж, зернові, комбікорми), що дозволяє сформувати збалансовані раціони за сирим протеїном, перетравним

протеїном та обмінною енергією. На практиці частка люцернового сінажу в структурі об'ємних кормів може становити 30–50 % за сухою речовиною залежно від продуктивності стада, наявності інших видів грубих кормів та економічних умов господарства. Гнучкість використання люцерни – у вигляді сінажу, сіна, зеленої маси, трав'яного борошна – дозволяє оптимізувати структуру кормовиробництва з урахуванням наявних ресурсів техніки та сховищ.

Економічне обґрунтування доцільності вирощування люцерни на сінаж ґрунтується на порівнянні вартості одиниці перетравного протеїну з різних джерел. Висока врожайність сухої речовини з одиниці площі в поєднанні з 3–4-річним строком використання посівів забезпечує низьку собівартість протеїнових кормових одиниць у розрахунку на гектар і на тонну сухої речовини. Завдяки власній протеїновій базі господарство може зменшити залежність від закупівлі дорогих білкових концентратів (соєвий шрот, ріпаковий шрот тощо), що особливо актуально в умовах цінової волатильності та логістичних ризиків. Додатковим економічним ефектом є азотфіксувальна здатність люцерни, яка дозволяє скоротити витрати на мінеральні азотні добрива на наступних культурах у сівозміні, зменшуючи загальні витрати на гектар ріллі.

Екологічна доцільність вирощування люцерни для виробництва сінажу також є вагомим аргументом на користь цієї культури. Завдяки зменшенню потреби в мінеральних добривах скорочуються ризики забруднення ґрунтових та поверхневих вод нітратами й оксидами азоту, а також загальні викиди парникових газів, пов'язані з виробництвом і внесенням добрив. Розгалужена коренева система люцерни покращує структуру ґрунту, сприяє нагромадженню органічної речовини та підвищенню його водопроникності й вологоутримувальної здатності. Багаторічний характер посівів знижує інтенсивність механічного обробітку ґрунту, що, в свою чергу, сприяє зменшенню ерозійних процесів та витрат пального. Таким чином, включення люцерни до структури посівних площ позитивно впливає як на екологічні, так і на енергетичні показники функціонування господарства.

З технологічної точки зору вирощування люцерни на сінаж добре поєднується з сучасними системами механізованого заготівлі кормів. Сучасні косарки-плющилки, валкоутворювачі, прес-підбирачі, подрібнювачі та техніка для трамбування і накриття траншей дозволяють забезпечити швидке підв'ялювання, рівномірне подрібнення та герметичне зберігання люцернової маси. Наукові дослідження зі зниження протеїнових втрат та біогенних амінів у люцерновому та трав'яному сінажі за рахунок застосування спеціалізованих консервантів підтверджують можливість підвищення стабільності та поїдання таких кормів тваринами. Це розширює технологічні можливості господарства щодо варіативності строків заготівлі та використання сінажу у раціонах упродовж року без суттєвого погіршення його якості.

Узагальнюючи наведені дані, можна зробити висновок, що люцерна як багаторічна бобова культура поєднує високу кормову цінність, значний агрономічний та екологічний потенціал і здатність формувати конкурентоспроможну протеїнову базу для тваринництва. Виробництво люцернового сінажу в кормовій системі господарства є доцільним як з позицій економічної ефективності, так і з огляду на підвищення продуктивності та здоров'я тварин, покращення якості молочної та м'ясної продукції, зменшення антропогенного навантаження на агроекосистеми. За умови дотримання оптимальної технології вирощування і заготівлі, а також раціонального поєднання люцернового сінажу з іншими видами кормів, ця культура здатна стати стратегічною основою довгострокової стабільності та розвитку кормової системи будь-якого сучасного тваринницького господарства.

73. Дерев'янко Д.А., Сорока Р.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

ДОЦІЛЬНІСТЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ПУНКТУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЯК УМОВА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ

Сучасні тваринницькі ферми функціонують як складні техніко-технологічні системи, де надійність роботи обладнання безпосередньо визначає обсяги та собівартість продукції, умови утримання тварин, рівень біобезпеки й екологічну ситуацію в господарстві. До складу технічного оснащення входять доїльні установки, вакуумні й насосні агрегати, системи приготування та транспортування кормів, механізми видалення гною, вентиляційні установки, засоби автоматичного контролю мікроклімату, водопостачання й напування, а також численні допоміжні приводи, пусказахисна апаратура та елементи автоматизації. Кожен із цих елементів має свій ресурс, особливості зношування та чутливість до умов експлуатації, однак усі вони об'єднані спільною вимогою: забезпечити безперервний перебіг технологічних процесів упродовж доби й року. Будь-який збій у

роботі обладнання, навіть короткочасний, порушує нормальний режим годівлі, доїння чи видалення гною, що одразу позначається на фізіологічному стані й продуктивності поголів'я, зумовлює стрес тварин і безпосередні економічні втрати. Тому питання підвищення надійності обладнання тваринницьких ферм набуває пріоритетного значення й безпосередньо пов'язується з організацією ефективної системи технічного обслуговування.

Надійність обладнання розглядається як інтегральна властивість, що включає безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність і збережуваність. Вона формується ще на етапі проектування й виготовлення машин, але в процесі експлуатації може істотно підвищуватися або, навпаки, погіршуватися залежно від того, наскільки грамотно організовані режими роботи, догляд, технічний сервіс і культура експлуатації. Для тваринницьких ферм особливо показовою є різниця між реактивним підходом до обслуговування, коли ремонт здійснюється вже після відмови, і планово-попереджувальним чи сервісом за технічним станом, коли відмову намагаються попередити завчасно. Реактивна стратегія в умовах тваринництва обертається значними втратами: відмова доїльної установки під час ранкового чи вечірнього доїння, зупинка системи роздавання кормів у період високих температур чи відключення вентиляції влітку несуть ризики не лише для продуктивності, а й для здоров'я тварин. Натомість системне, організоване технічне обслуговування дає змогу переводити роботу обладнання в режим керованої, прогнозованої експлуатації, де ймовірність раптових відмов істотно знижується.

Специфіка умов роботи обладнання на тваринницьких фермах суттєво відрізняє його від машин загальновиробничого призначення. Підвищена вологість, наявність агресивних газів, корозійне середовище, механічні забруднення органічними рештками, солями, пилом і гноєм прискорюють корозійні процеси, зношування рухомих пар, старіння гумових деталей та ізоляції. Постійна діюча вібрація, часті пуски та зупинки електродвигунів, значна кількість циклів навантаження протягом доби призводять до втомного зношування, розбалансування, послаблення кріплень, порушення центрування валів і муфт. До цього додається людський фактор: недостатня підготовка обслуговуючого персоналу, недооцінка значення регламентних робіт, відсутність чітко прописаних інструкцій і відповідальності за технічний стан. У таких умовах випадковий або епізодичний підхід до ТО неминуче веде до накопичення прихованих дефектів, які проявляються у вигляді аварійних відмов у найбільш напружені періоди роботи ферми.

На практиці в багатьох господарствах технічне обслуговування обладнання тваринницьких ферм здійснюється або за залишковим принципом силами загальногосподарських слюсарів та електриків, або з періодичним залученням виїзних бригад постачальників обладнання. Така схема має низку системних недоліків. По-перше, загальногосподарський персонал часто не має спеціалізованої підготовки щодо конкретних типів доїльного, кормороздавального чи вентиляційного обладнання, не володіє методами діагностики стану вакуумних систем, електронних контролерів, датчиків і виконавчих пристроїв. По-друге, виїзні бригади сервісних компаній не можуть оперативно реагувати на всі виклики, особливо в періоди пікових навантажень, що спричиняє тривалі простої в очікуванні приїзду фахівців або поставки необхідних запасних частин. По-третє, за відсутності локальної технічної бази більшість дрібних дефектів усувається «на місці» підручними засобами, без належної діагностики, із порушенням технології ремонту, що формує «накопичений дефіцит надійності» й провокує наступні відмови.

У цих умовах доцільною й обґрунтованою є організація на фермі стаціонарного пункту технічного обслуговування обладнання. Під таким пунктом слід розуміти спеціально виділений, обладнаний і укомплектований підрозділ, який розташований на території ферми або в безпосередній близькості до неї, має кваліфікований персонал, комплект інструменту, обладнання й запасних частин і відповідає за повний цикл ТО – від діагностики й планування до виконання профілактичних та ремонтних робіт. Організація пункту ТО передбачає не лише створення фізичної бази (приміщення, верстати, стенди, склад), а й впорядкування всієї системи технічного сервісу ферми: розроблення регламентів, графіків обслуговування, журналів обліку, алгоритмів взаємодії з виробничими службами, служби головного зоотехніка й ветеринарної служби.

З огляду на функціональну структуру, пункт ТО доцільно поділити на кілька основних зон. Діагностична зона призначена для контролю технічного стану електродвигунів, приводних механізмів, насосів, вентиляторів, вакуумних установок, датчиків тиску, температури, рівня та інших елементів. Тут мають бути зосереджені прилади для вимірювання електричних параметрів, вібрацій, геометричних відхилень, контрольно-вимірювальні стенди й програмне забезпечення для обробки даних. Зона профілактичного обслуговування забезпечує проведення планових робіт: очищення, промивання,

змащування, заміну фільтрів, ременів, ланцюгів, ущільнень, підтягування кріплень, перевірку та налаштування механізмів. Ремонтна зона дозволяє виконувати розбирання вузлів, зварювально-наплавні, токарні, слюсарні операції, відновлення посадкових поверхонь, заміну підшипників та інші середні ремонти. Складська зона призначена для зберігання запасних частин і матеріалів за номенклатурою, яка відповідає структурі обладнання ферми. Окремо варто виділити зону технічної документації та цифрового обліку, де ведуться журнали обслуговування, накопичуються дані про відмови, ремонти, витрати, формується банк знань щодо найбільш типових несправностей.

Персонал пункту ТО має бути укомплектований з урахуванням спеціалізації ферм: інженер-механік або інженер з технічного сервісу, електромеханік, слюсарі-ремонтники, за потреби – фахівець з автоматизації. Важливо, щоб ці працівники проходили регулярне навчання й підвищення кваліфікації, у тому числі спільно з представниками фірм-постачальників обладнання, ознайомлювалися з оновленими регламентами й рекомендаціями щодо експлуатації та ТО. Наявність «своєї» команди, яка постійно працює з конкретним набором машин і агрегатів, сприяє накопиченню практичного досвіду, вмінню «на слух» і «на око» виявляти відхилення в роботі механізмів, формуванню відповідальності за результат і мотивації до підвищення надійності.

Одним із ключових напрямів діяльності пункту ТО є впровадження системи планово-попереджувального обслуговування. На основі паспортних даних та рекомендацій виробників, з урахуванням фактичного режиму роботи обладнання, розробляються річні, квартальні, місячні й щодобові графіки ТО. Для доїльних установок це можуть бути щоденні операції з промивання та контролю вакууму, тижневі перевірки стану гумових елементів, щомісячне обстеження вакуумних насосів та електроприводів, сезонні огляди всієї системи перед періодами пікового навантаження. Для систем транспортування й роздавання кормів – планові перевірки натягу ланцюгів і ременів, огляд транспортерних стрічок, шнеків, редукторів, дозаторів, змащування вузлів, перевірка запобіжних пристроїв. Для вентиляційних і мікрокліматичних систем – регулярне очищення вентиляторів і теплообмінників, контроль роботи датчиків температури, вологості, газового складу повітря. Усе це фіксується в графіках, де зазначено виконавця, термін, перелік операцій і порядок звітування.

Наступним рівнем розвитку є обслуговування за технічним станом, коли рішення про проведення певних робіт приймається на основі результатів діагностики, а не лише календарних термінів. Пункт ТО виступає центром збору й аналізу діагностичної інформації: даних про вібрацію, нагрівання підшипників, величину струмів електродвигунів, зміну тиску в гідросистемах, параметри вакууму в доїльних установках тощо. Використовуючи прості трендові моделі або спеціалізоване програмне забезпечення, можна прогнозувати моменти, коли параметри вийдуть за допустимі межі, і завчасно планувати зупинку для заміни деталі чи регулювання вузла. Таким чином формується елемент предиктивного обслуговування, що є логічним кроком до «розумного» фермерства та цифрового агровиробництва.

Організація пункту ТО тісно пов’язана з питанням логістики запасних частин і матеріалів. На основі аналізу статистики відмов і ремонтів за кілька сезонів можна виділити групу вузлів та елементів, які найчастіше виходять з ладу: підшипники, ремені, ланцюги, фільтри, ущільнення, стандартні електротехнічні компоненти, датчики, ручки, замки, кріпильні деталі. Для них визначаються мінімальні та максимальні складські запаси, розраховуються страхові запаси, визначаються постачальники й нормативні терміни доставки. Таким чином створюється «нормальний» рівень забезпеченості, за якого більшість типових відмов усувається протягом годин, а не діб. Це особливо актуально для великих ферм, де кожна година простою означає втрату значних обсягів молока чи приросту живої маси.

Економічне обґрунтування доцільності організації пункту ТО базується на співставленні капітальних і поточних витрат на його створення та утримання з очікуваним економічним ефектом від підвищення надійності. До витрат належать будівництво або реконструкція приміщення, придбання верстатів, підйомно-транспортного обладнання, діагностичних приладів, формування складських запасів, заробітна плата персоналу, витрати на енергоносії й матеріали. Ефект проявляється у зменшенні втрат від простоїв, скороченні обсягів аварійних ремонів, продовженні ресурсу обладнання, зниженні витрат електроенергії, стабілізації технологічного процесу, підвищенні продуктивності тварин. Навіть без точних кількісних розрахунків очевидно, що в умовах інтенсивного тваринництва, де вартість встановленого обладнання вимірюється мільйонами гривень, а вартість годинного простою – десятками й сотнями тисяч гривень, відносно невеликі інвестиції в пункт ТО окупаються впродовж кількох сезонів експлуатації.

Важливою складовою ефекту від створення пункту ТО є також поліпшення енергоефективності та екологічної безпеки ферми. Регулярне обслуговування приводів, своєчасна натяжка ременів, змащування підшипників, очищення теплообмінників і вентиляційних каналів безпосередньо знижують витрати електроенергії. Справно працюючі системи видалення гною, вентиляції та мікроклімату зменшують ризики аварійних викидів, розливів гноївки, надмірних концентрацій аміаку й вуглекислого газу, сприяють дотриманню санітарно-гігієнічних норм і зниженню навантаження на навколишнє середовище. Отже, організація пункту ТО має не лише виробничо-економічний, а й екологічний вимір, що особливо важливо в контексті посилення вимог до сталого розвитку аграрного сектору.

З організаційно-управлінської точки зору пункт ТО слід інтегрувати в загальну систему технічного сервісу агропідприємства. Це означає, що він повинен працювати у тісній взаємодії зі службою головного інженера, ремонтно-механічною майстернею, енергетичною службою, зоотехнічною та ветеринарною службами. На рівні підприємства доцільно створити єдину інформаційну базу технічного стану машин, де фіксуються всі відмови, ремонти, результати діагностики, витрати матеріалів і ресурсів. Пункт ТО виступає основним постачальником даних у цю систему, що дозволяє керівництву приймати обґрунтовані рішення щодо модернізації обладнання, заміни морально чи фізично застарілих агрегатів, коригування технологічних режимів. У перспективі це створює підґрунтя для впровадження цифрових систем управління технічним сервісом, які пов’язують у єдину мережу всі елементи виробничої та сервісної інфраструктури ферми.

Перспективи розвитку пунктів ТО обладнання тваринницьких ферм пов’язані з подальшою цифровізацією й автоматизацією процесів технічного сервісу. У міру поширення сенсорних систем моніторингу стану машин, інтернету речей, хмарних платформ для зберігання й аналізу даних, пункт ТО перетворюється з традиційної ремонтної дільниці на центр прийняття рішень, що працює на основі даних. Тут здійснюється інтерпретація сигналів вібраційних, температурних, електричних датчиків, формуються прогнози залишкового ресурсу вузлів, розробляються оптимальні стратегії обслуговування з мінімізацією ризиків відмов. Поєднання класичних принципів планово-попереджувального ТО з сучасними методами предиктивної аналітики забезпечує якісно новий рівень надійності обладнання тваринницьких ферм.

Узагальнюючи викладене, можна констатувати, що організація пункту технічного обслуговування на тваринницькій фермі є логічним і необхідним етапом еволюції системи технічного сервісу в умовах зростання складності, вартості й технологічної насиченості обладнання. Такий пункт забезпечує перехід від хаотичного, реактивного ремонту до системного, керованого обслуговування, що спирається на планування, діагностику і аналіз даних. Саме в такій структурі реалізується потенціал підвищення надійності обладнання, скорочення простоїв, зниження експлуатаційних витрат, покращення енергоефективності та екологічної безпеки, а отже – підвищення конкурентоспроможності тваринницьких підприємств у сучасних умовах.

74. Білецький В.Р., Якимчук Н.С.. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

ПЕРСПЕКТИВИ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОЩУВАННЯ ПОЛУНИЦІ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ ТА РИНКУ

Промислове вирощування полуниці є одним із найдинамічніших напрямів сучасного ягідництва завдяки високій рентабельності, швидкому обігу капіталу та стабільно високому попиту на свіжу й перероблену продукцію. Для аграрного сектору України ця культура має важливе значення з огляду на можливість диверсифікації структури виробництва, підвищення доданої вартості з одиниці площі та формування експортно орієнтованих ланцюгів поставок. Водночас поглиблення кліматичних змін, зростання частоти екстремальних погодних явищ, ускладнення логістики та трансформація внутрішнього й зовнішнього попиту істотно змінюють умови функціонування ринку ягід і ставлять нові вимоги до технологій промислового вирощування полуниці, що зумовлює необхідність наукового обґрунтування її перспектив в Україні.

За останні роки загальний обсяг виробництва ягід в Україні демонстрував зростання, однак структура галузі зазнала суттєвих трансформацій. Суниця садова (полуниця) разом із малиною та лохиною входить до групи базових ягідних культур, формуючи важливу частку валового збору й валютних надходжень від переробки, проте саме полуниця зазнала помітного зниження виробництва. Аналітичні оцінки свідчать, що у 2022 році обсяги виробництва цієї культури скоротилися приблизно на дванадцять відсотків порівняно з попереднім роком, а у 2023–2024 роках темпи падіння дещо

уповільнилися, однак негативна тенденція в цілому зберігалася. Зменшення внутрішньої пропозиції призвело до посилення імпорту свіжої продукції, насамперед із країн Південної Європи, та до зростання конкуренції на внутрішньому ринку, що одночасно відображає як проблеми з виробництвом, так і наявність стійкого попиту.

Галузь відзначається мозаїчною структурою: поряд із дрібними та середніми виробниками, які обробляють 1–5 гектарів, активно розвиваються потужні промислові комплекси, що спеціалізуються на вирощуванні десертної та промислової полуниці на десятках гектарів. Такі господарства забезпечують постачання продукції до національних торговельних мереж і переробних підприємств, концентрують значні інвестиційні ресурси, швидше впроваджують сучасні технології, але водночас мають вищий рівень ризику через високу капіталомісткість і залежність від кон'юнктури ринку. При цьому частка полуниці в структурі українського ягідного експорту, особливо в сегменті замороженої продукції, залишається відносно невеликою, а країна виконує здебільшого допоміжну роль щодо великих європейських гравців, що свідчить про недовикористаний потенціал.

Сільське господарство, зокрема ягідництво, є одним із найбільш уразливих до зміни клімату секторів. Україна вже запроваджує політики адаптації аграрного виробництва, де серед пріоритетів визначено перехід до водозберігаючих технологій, розвиток зрошення, оптимізацію структури посівних площ і впровадження адаптованих до нових умов сортів культур. Найбільш критичною ситуація є у південних та південно-східних регіонах, де поєднання підвищення температури й дефіциту природної вологи різко збільшує ризики недобору врожаю, зниження якості плодів і загострення конкуренції за водні ресурси. Для високорентабельних нішевих культур, таких як полуниця, стан зрошувальної інфраструктури стає визначальним чинником економічної доцільності промислового вирощування.

Наукові дослідження впливу температурного режиму на продуктивність полуниці свідчать, що існує певний оптимум, у межах якого підвищення температури прискорює розвиток рослин і скорочує тривалість вегетаційного періоду без істотної втрати врожайності. Проте подальше зростання температур вище цього оптимуму призводить до зменшення маси плодів, погіршення їхньої якості, зниження вмісту сухих речовин і біологічно цінних компонентів, а також до зростання ризику пригнічення рослин тепловим стресом. Часті зміни погодних умов у період цвітіння та плодоношення, весняні заморозки, літні теплові хвилі, раптові зливи з градом, які дедалі частіше спостерігаються в Україні, спричинюють істотні коливання врожайності та стабільності виробництва, що є критичним для промислових плантацій.

Європейський досвід свідчить, що одним із ключових шляхів адаптації полуничних господарств до зміни клімату є перехід від традиційного вирощування у відкритому ґрунті до більш керованих систем, включно із захищеним ґрунтом, плівковими тунелями та безґрунтовими технологіями. У країнах Південно-Східної Європи доведено, що використання теплиць, тунелів і субстратних систем дає змогу підвищити стабільність врожайності, раціональніше використовувати воду й добрива, зменшити втрати від екстремальних погодних явищ та забезпечити більш прогнозований вихід продукції на ринок. Це особливо важливо для преміального сегменту свіжої десертної полуниці, де стабільність якості та строків постачання є вирішальним чинником конкуренції.

Для українських умов традиційна модель вирощування полуниці виключно у відкритому ґрунті з мінімальним рівнем зрошення та захисту поступово втрачає конкурентоспроможність. Останні сезони продемонстрували масштабні втрати врожаю через погодні екстремуми, що призвело до суттєвого зростання імпорту і послаблення позицій вітчизняних виробників навіть на внутрішньому ринку. Унаслідок найбільш несприятливих сезонів слабкий урожай полуниці викликав істотний дефіцит продукції, який був компенсований збільшенням поставок із-за кордону, що, у свою чергу, змінило структуру і баланс ягідного ринку України. Ця ситуація продемонструвала одночасно й вразливість галузі до кліматичних ризиків, і наявність стабільного платоспроможного попиту, який потенційно можуть задовольнити вітчизняні виробники, якщо забезпечать достатній рівень технологічної стійкості.

У таких умовах ключовими напрямами адаптації промислового вирощування полуниці стають водозберігаючі технології зрошення та фертигації, розширення використання мульчування, грядкових систем і захисних покривів, впровадження захищеного вирощування у поєднанні з відкритим ґрунтом, оптимізація сортового складу та цифровізація процесів управління. Краплинне зрошення та системи фертигації забезпечують цілеспрямоване подавання води й розчинених добрив безпосередньо в кореневу зону рослин, що зменшує непродуктивні втрати вологи, знижує ризик засолення ґрунтів і підвищує коефіцієнт використання поживних речовин. Поєднання краплинного поливу з мульчуванням органічними або полімерними матеріалами та застосуванням тимчасових укриттів дозволяє

стабілізувати температурний режим ґрунту, зменшити випаровування, стримувати розвиток бур'янів і підвищувати урожайність та вирівняність ягід.

Перспективним напрямом є розвиток захищеного вирощування полуниці у плівкових тунелях, теплицях і нет-хаусах з використанням субстратних технологій, де рослини культивуються у кокосових, мінеральних або інших штучних субстратах із повністю контрольованим живленням і поливом. Хоча такі системи потребують значних початкових інвестицій й енерговитрат, вони дозволяють отримувати високі врожаї з одиниці площі, мінімізувати вплив несприятливих погодних умов і, за рахунок точного дозування ресурсів, знижувати екологічне навантаження в розрахунку на кілограм продукції. Для України такі технології відкривають можливість подовженого сезону постачання свіжої преміальної полуниці для внутрішнього ринку та потенційно для експорту.

Важливим елементом технологічної адаптації є оптимізація сортового складу. У багатьох європейських країнах спостерігається перехід від суто короткоденних сортів до ремонтантних та нейтральноденних, що забезпечують розтягнуте в часі плодоношення й дозволяють формувати пропозицію на ринку впродовж більш тривалого періоду. Поєднання ранньої продукції з тунелів, масового збору з відкритого ґрунту та пізнього врожаю в захищеному ґрунті дає змогу українським господарствам гнучкіше реагувати на сезонні цінові коливання й зменшувати ризики, пов'язані з одноразовими погодними стресами.

Цифровізація та автоматизація виробничих процесів також набувають все більшого значення. Системи дистанційного моніторингу мікроклімату і вологозабезпечення, сенсорні мережі в теплицях та на полях, моделі прогнозу врожайності й програмного управління поливом, живленням та захистом рослин на основі аналізу даних дозволяють підвищити ефективність використання ресурсів, зменшити витрати добрив, засобів захисту й енергоресурсів, а також забезпечити більш точне планування поставок на ринок.

Ринкове середовище, у якому функціонує українське виробництво полуниці, характеризується як високою конкуренцією, так і значним потенціалом розвитку. На європейському ринку домінують такі виробники, як Іспанія, Польща та Італія, які мають відпрацьовані логістичні ланцюги, значні площі під культурою та глибоку інтеграцію вирощування, переробки й логістики. Для України вихід на ринки свіжої десертної полуниці можливий переважно через заповнення ринкових «вікон» між піками пропозиції основних конкурентів, а також через орієнтацію на нішеві сегменти високоякісної, органічної чи локально брендованої продукції. Водночас сегмент замороженої полуниці й продуктів глибокої переробки (пюре, концентрати, ліофілізована продукція) виглядає більш перспективним через меншу чутливість до сезонних коливань і відносно нижчі вимоги до логістичної швидкості.

Внутрішній ринок полуниці відзначається різкою сезонністю попиту та цін. На початку сезону рання продукція з тунелів реалізується за високими цінами, проте в міру збільшення пропозиції знижується вартість ягід і зростає конкуренція, що нерідко призводить до цінових «провалів» у пік сезону. Для виробників, які не мають доступу до переробки чи довготривалого зберігання, це означає значні ризики недоотримання доходів. Саме тому розвиток інфраструктури швидкого заморожування, холодильних потужностей і переробних підприємств у регіональних ягідних кластерах є одним із ключових чинників реалізації потенціалу промислового вирощування полуниці.

Стратегічні перспективи розвитку цієї галузі в Україні пов'язані з комплексом умов, без виконання яких повна реалізація потенціалу є сумнівною. По-перше, необхідні системні інвестиції в зрошення та водозберігаючі технології, що включають відновлення існуючої й створення нової інфраструктури краплинного поливу, впровадження моніторингу водних ресурсів і стимулювання господарств до раціонального водокористування. По-друге, потрібен перехід до адаптивних систем вирощування, які поєднують відкритий ґрунт, плівкові тунелі, теплиці, сорти різних типів фотоперіодичної реакції, а також сучасні засоби захисту від заморозків, граду та надмірної інсоляції. По-третє, важливим є розвиток переробки та логістики, формування ланцюгів створення доданої вартості від поля до кінцевого споживача, включно із сертифікацією продукції за міжнародними стандартами якості та безпечності. По-четверте, слід підтримувати кооперацію й кластеризацію виробників, що дає змогу дрібним і середнім господарствам об'єднувати ресурси, інвестувати в спільну інфраструктуру, підвищувати переговорну силу у відносинах із мережевою роздрібною торгівлею та виходити на експорт. По-п'яте, необхідний системний науковий супровід, включно з селекцією адаптованих сортів, розробленням адаптивних технологій для різних ґрунтово-кліматичних зон, економічним аналізом моделей виробництва й підготовкою фахівців у сфері ягідництва та агроінженерії.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що промислове вирощування полуниці в Україні в умовах змін клімату та ринку поєднує значний потенціал з підвищеними ризиками. За сприятливих організаційно-економічних умов, розвитку зрошувальних систем, впровадження адаптивних технологій вирощування, модернізації інфраструктури переробки й логістики, а також за наявності державної підтримки й ефективної кооперації виробників Україна має реальні шанси не лише зменшити імпортозалежність, а й посилити свої позиції як вагомого гравця на європейському ринку ягідної продукції, забезпечуючи конкурентоспроможну пропозицію полуниці як для внутрішнього, так і для зовнішнього споживача.

75. Савченко В.М., Завадський В.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯБЛУК ЗАЛЕЖНО ВІД ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ УКРАЇНИ

Яблуня належить до найважливіших плодових культур України, а її господарська цінність визначається універсальністю використання плодів, високою адаптивністю культури та значним попитом на продукцію свіжого споживання і переробки. Проте ефективність яблуневих насаджень у різних регіонах країни неоднакова, оскільки природні умови України істотно відрізняються за забезпеченням теплом, вологою, типами ґрунтів, небезпекою весняних заморозків, глибиною залягання ґрунтових вод і водним режимом ґрунтового профілю. Саме тому сучасна технологія вирощування яблук не може бути єдиною для всіх господарств: вона повинна будуватися за принципом адаптації до конкретної природної зони, мікроклімату ділянки та ресурсного забезпечення господарства.

Біологічні особливості яблуні зумовлюють її підвищені вимоги до вибору місця закладання саду. Найкращими для культури є легкі та середні суглинки або супіщані ґрунти з доброю водопроникністю, достатньою вологоємністю та відсутністю застою води. Для стабільного росту і плодоношення бажаною є слабокисла реакція ґрунтового розчину, приблизно в межах pH 6,0–7,0, адже за надмірної кислотності або лужності погіршується доступність елементів живлення та пригнічується розвиток кореневої системи. Не менш важливим є рельєф: сад доцільно розміщувати на пологих схилах із добрим повітряним дренажем, щоб холодне повітря не застоювалося в пониженнях рельєфу під час цвітіння, коли дерева найбільш чутливі до приморозків.

Для України вирішальне значення має зональність природних умов. Агрокліматичне районування виділяє Полісся, Лісостеп і Степ як три великі зони, що відрізняються співвідношенням тепла і вологи. У Поліссі переважають вологіші умови, у Лісостепу співвідношення тепла і вологи є найбільш збалансованим, а у Степу основним обмежувальним чинником стає дефіцит атмосферних опадів і ґрунтової вологи. У межах цих зон різняться як суми активних температур, так і гідротермічні коефіцієнти, що безпосередньо впливає на строки вегетації, інтенсивність росту, формування врожаю, ризик літнього пригнічення рослин і якість плодів.

У зоні Полісся технологія вирощування яблук повинна насамперед компенсувати ґрунтові й водні обмеження. Для цієї території характерні дерново-підзолисті, дерново-опідзолені та оглеєні ґрунти з промивним водним режимом. Значна частина таких ґрунтів відзначається кислою реакцією, легким гранулометричним складом, недостатньою ємністю вбирання і порівняно низькою природною родючістю. У наукових джерелах для дерново-підзолистих ґрунтів Полісся зазначаються кислі горизонти з pH близько 4,6–4,9 у профілі та легкий механічний склад, а для окремих різновидів — невисокий уміст гумусу, особливо в супіщаних відмінах. За таких умов під час закладання саду обов’язковими стають агрохімічне обстеження, вапнування кислих ґрунтів, насичення орного шару органічною речовиною, глибоке розпушення й ретельне вирівнювання водного режиму.

Для поліських садів особливе значення має вибір ділянки, оскільки надмірне зволоження та застій води швидко призводять до пригнічення кореневої системи яблуні. На важчих або оглеєних ґрунтах тут доцільно передбачати поверхневий і, за потреби, підґрунтовий дренаж, а також використовувати підняті гряди або берми в рядах. У таких умовах важливо не перевантажувати сад надто загущеними схемами, щоб не посилювати затінення і тривалість зволоження листкового апарату після роси чи дощів. У вологі роки саме тривале утримання краплинної вологи на листках і плодах створює сприятливе середовище для поширення грибних хвороб, насамперед парші та плодових гнилей, тому для Полісся особливої ваги набуває провітрюваність крони, санітарне обрізування та інтегрований захист насаджень.

Лісостепова зона вважається найбільш сприятливою для промислового яблуневого садівництва, оскільки тут поєднуються достатні теплові ресурси, порівняно кращий баланс вологи та високородючі ґрунти. Офіційні матеріали з ґрунтового районування вказують, що для Лісостепу характерні типові й

опідзолені чорноземи, темно-сірі опідзолені, сірі та ясно-сірі лісові ґрунти, а водний режим у цій зоні змінюється від періодично-промивного до промивного залежно від підзони. Саме на таких ґрунтах найповніше реалізується потенціал інтенсивних садів, де за належного удобрення, обрізування, захисту та регулювання навантаження урожаєм можна отримувати стабільне плодоношення і високу товарність плодів.

Перевага Лісостепу полягає не тільки у сприятливішому ґрунтовому фоні, а й у можливості ефективного використання сучасних інтенсивних технологій. Саме для таких умов найбільш широко впроваджуються сади на клонових підщепах, із шпалерою, краплинним зрошенням і фертигацією, де кожне дерево працює в строго регульованому агрофоні. За даними навчально-методичних матеріалів з плодівництва, клонові підщепи забезпечують генетичну однорідність, дозволяють прогнозувати силу росту, скороплідність і продуктивність дерев, тобто формувати насадження із заданими параметрами. Це особливо важливо в умовах інтенсивного саду, де технологія базується на точному поєднанні сорту, підщепи, схеми садіння і системи формування крони.

Разом із тим навіть у межах Лісостепу технологія не повинна бути спрощеною. На сірих лісових і опідзолених ґрунтах більше уваги слід приділяти підтриманню реакції середовища, запасу органічної речовини та фосфорно-калійному живленню, тоді як на типових чорноземах акцент зміщується на збалансування азотного живлення, недопущення надмірного вегетативного росту та регуляцію навантаження врожаєм. У цій зоні особливо помітною стає різниця між екстенсивним і науково обґрунтованим садом: за однакових погодних умов кращі результати отримують ті господарства, які контролюють густоту крони, освітлення плодової зони, вологозабезпечення і режим мінерального живлення протягом усього сезону.

У степовій зоні технологія вирощування яблук повинна бути максимально водоощадною та стресостійкою. Для північного і південного Степу характерні чорноземи звичайні, південні чорноземи, а в сухішій частині — темно-каштанові й каштанові ґрунти з непромивним водним режимом. За офіційними даними, у підзонах Степу гідротермічний коефіцієнт зменшується до 0,68–0,89 у північному Степу і до 0,45–0,60 у сухостепових районах, що свідчить про суттєвий дефіцит природного зволоження. У таких умовах яблуня гостро реагує на нестачу води: послаблюється ріст пагонів, дрібнішають плоди, посилюється опадання зав’язі, знижується закладання генеративних бруньок під урожай наступного року.

Тому для Степу краплинне зрошення фактично стає не додатковим, а базовим елементом інтенсивної технології. За результатами дослідження для умов Північного Степу України, підтримання вологості ґрунту на рівні 80 % НВ у поєднанні з краплинним зрошенням забезпечувало врожайність сортів Голден Делішес, Корей, Айдоред та Глостер на рівні 23,8–31,2 т/га, а приріст урожайності порівняно з поливом по борознах становив 20–30 % при економії води 30–60 %. Це означає, що в степових районах урожайність яблуневого саду дедалі більше залежить не від загальної суми опадів, а від якості керування вологозабезпеченням у критичні фази росту плодів і закладання генеративних органів.

У степових садах змінюються й підходи до вибору підщеп і сили росту дерев. Надмірно слаборослі підщепи в умовах гострого дефіциту вологи можуть бути менш стабільними без досконало налагодженої системи поливу, тоді як сильнорослі або середньорослі варіанти інколи краще реалізують адаптивний потенціал на ділянках із нестабільним водозабезпеченням. У методичних матеріалах зазначено, що насіннєві підщепи, зокрема сіянці культурних сортів типу Антонівки звичайної, формують добре розгалужену кореневу систему, не потребують опори і характеризуються високою морозостійкістю кореневої системи. Отже, в посушливих або контрастних умовах вибір підщепи повинен визначатися не лише бажаною висотою дерева, а й доступом до зрошення, типом ґрунту та ризиком температурних стресів.

Одним із найважливіших елементів технології в усіх природних зонах залишається правильний добір сорту. Сучасні сорти яблуні для промислового садівництва повинні бути придатними до щільних схем садіння, достатньо зимостійкими і посухостійкими, толерантними або імунними до парші та борошнистої роси, а також здатними формувати високотоварні плоди з доброю лежкістю. Наукові публікації НААН прямо наголошують, що сорти мають бути пристосованими до ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Для вологіших районів більшу цінність мають сорти з вищою польовою стійкістю до грибних хвороб, а для південніших територій – генотипи з кращою посухо- і жаростійкістю та нижчою схильністю до періодичності плодоношення.

Важливою технологічною особливістю є також мікрорельєф і пов'язаний із ним ризик весняних заморозків. Навіть у відносно сприятливих регіонах неправильно обрана ділянка може звести нанівець переваги сорту та підщепи. Ділянки, де холодне повітря стікає й застоюється у пониженнях, становлять найбільшу небезпеку в період цвітіння. Крім того, південні експозиції схилів швидше прогріваються навесні, що може прискорювати цвітіння і, відповідно, підвищувати ризик пошкодження квіток пізніми приморозками. Для українських умов, де в окремі роки ймовірні весняні заморозки до середини травня, питання вибору рельєфу, сорту й строків виходу з періоду спокою є дуже важливим технологічним чинником.

Суттєво відрізняються між зонами й підходи до системи утримання ґрунту. У Поліссі пріоритетом є запобігання перезволоженню, поліпшення структури та поступове нарощування вмісту гумусу. У Лісостепу система утримання міжрядь зазвичай спрямована на поєднання збереження структури чорнозему з контролем бур'янів та оптимізацією водного режиму. У Степу ж кожний агрозахід повинен зменшувати непродуктивні втрати вологи, тому велике значення мають мульчування, локальне внесення добрив, мінімізація зайвих обробітків ґрунту та збереження ґрунтової структури в зоні змочування. Таким чином, навіть одна й та сама операція, наприклад утримання міжрядь або спосіб внесення добрив, повинна мати різне технологічне наповнення залежно від зони вирощування.

Не менш важливим є фітосанітарний аспект. У більш вологих регіонах посилюється тиск грибних захворювань, особливо парші, борошнистої роси та плодових гнилей, тоді як у тепліших і посушливіших районах частіше постає проблема стресового ослаблення дерев і пошкодження плодів сонячними опіками чи перегрівом. Тому інтегрована система захисту яблуневого саду має бути зонально диференційованою: у Поліссі й частині Лісостепу акцент робиться на ранньовесняну профілактику хвороб, регулювання густоти крони та зменшення тривалості зволоження листків, а в Степу – на підтримання фізіологічної стійкості дерев, водного балансу, запобігання розтріскуванню та збереження якості плодів у періоди високих температур.

Отже, технологія вирощування яблук в Україні повинна ґрунтуватися на принципі регіональної адаптації. Для Полісся визначальними є окультурення кислих і перезволожених ґрунтів, дренаж, фітосанітарна профілактика та ретельний вибір ділянки. Для Лісостепу – найбільш повне використання потенціалу інтенсивних насаджень на високородючих ґрунтах із точним регулюванням живлення, формування крони та навантаження врожаєм. Для Степу – бездефіцитне управління водним режимом, добір посухостійких сортопідщепних комбінацій і максимальне збереження ґрунтової вологи. Саме відповідність технологічних рішень природним умовам конкретного регіону забезпечує стабільну продуктивність яблуневих насаджень, високу якість плодів і економічну ефективність виробництва.

76. Міненко С.В., Литвиненко В.Ю., Кравчук М.Р. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

РОБОТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗДАВАННЯ КОРМІВ НА ВІДГОДІВЕЛЬНІЙ ФЕРМІ ЯК НАПРЯМ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА

У сучасних умовах розвитку тваринництва особливого значення набуває підвищення ефективності виробничих процесів на основі впровадження інноваційних технічних рішень. Однією з найбільш трудомістких і відповідальних операцій на відгодівельній фермі є процес приготування, транспортування та роздавання кормів. Саме від своєчасності виконання цієї операції, точності дотримання раціону та рівномірності розподілу кормової маси значною мірою залежать прирости живої маси тварин, рівень використання кормів, загальний стан поголів'я та економічні результати господарства. У традиційних умовах кормороздавання часто супроводжується значними витратами ручної праці, залежністю від людського фактора, нерівномірністю дозування та підвищеними втратами кормів. У зв'язку з цим роботизація даного процесу набуває особливої актуальності як напрям технічного переоснащення відгодівельних ферм.

Суть роботизації процесу роздавання кормів полягає у використанні автономних або напівавтономних технічних систем, здатних виконувати задані операції з мінімальною участю людини. Йдеться не лише про механізовану подачу корму до годівниць, а про створення комплексної інтелектуалізованої системи, яка охоплює планування маршрутів руху, визначення часу роздавання, дозування кормової суміші, контроль залишків та оперативне коригування режимів роботи. На відміну від звичайних кормороздавачів, роботизовані комплекси працюють за програмованими алгоритмами, можуть взаємодіяти з датчиками, системами зважування, програмами обліку поголів'я та базами даних

щодо раціонів. Це дає змогу суттєво підвищити технологічну дисципліну на фермі та забезпечити стабільне виконання годівельних операцій.

На відгодівельних фермах особливо важливо забезпечити регулярність годівлі та точне дотримання встановлених норм. Порушення ритму роздавання кормів, затримки в обслуговуванні або відхилення у складі раціону призводять до зниження інтенсивності росту тварин, збільшення витрат кормів на одиницю приросту та погіршення економічної ефективності виробництва. Роботизовані системи здатні мінімізувати ці ризики, оскільки працюють за чітко заданими параметрами і не залежать від втоми, неуважності чи нестачі персоналу. Вони забезпечують повторюваність операцій, високу точність дозування та своєчасне виконання циклів годівлі, що особливо важливо у великих виробничих підрозділах із значною концентрацією тварин.

Однією з ключових переваг роботизації є зменшення витрат праці. На багатьох фермах значна частина робочого часу витрачається саме на переміщення кормів, завантаження роздавачів, ручне коригування кількості корму та контроль його наявності в годівницях. Використання роботизованих засобів дає змогу скоротити потребу в постійному залученні працівників до цих операцій, перерозподілити трудові ресурси на інші важливі виробничі завдання та знизити залежність підприємства від кадрового дефіциту. У сучасних умовах це є надзвичайно важливим, оскільки аграрний сектор стикається з нестачею кваліфікованих працівників, а підвищення заробітної плати не завжди супроводжується зростанням продуктивності праці.

Не менш важливою є можливість забезпечення високої точності дозування кормів. Для відгодівельного поголів’я критично значущим є дотримання збалансованого раціону за поживністю, структурою та масою згодовуваної суміші. Навіть незначні систематичні відхилення в дозуванні можуть призводити до суттєвих економічних втрат у масштабах усього підприємства. Роботизовані системи, оснащені ваговими датчиками, електронними блоками керування та програмами рецептного дозування, дозволяють точно відміряти й подавати кормову суміш у потрібній кількості. Завдяки цьому досягається не лише економія кормів, а й покращується конверсія корму, тобто зменшуються витрати поживних речовин на формування одиниці приросту живої маси.

Роботизація процесу роздавання кормів також позитивно впливає на рівномірність споживання корму тваринами. У разі нерівномірної роздачі окремі групи тварин можуть отримувати різну кількість корму, що призводить до конкуренції біля годівниць, стресу, порушення поведінки та неоднорідності приростів. Автономні кормороздавачі здатні підтримувати однакову швидкість руху, задану норму подачі та рівномірний розподіл суміші вздовж фронту годівлі. Це створює більш стабільні умови для всього поголів’я, сприяє вирівнюванню продуктивності та покращує загальний технологічний режим утримання. Крім того, систематичне підгортання кормів роботизованими пристроями стимулює їх поїдання та зменшує кількість залишків у кормових проходах.

Важливим напрямом розвитку роботизованого кормороздавання є інтеграція із цифровими системами управління фермою. Сучасні роботи можуть працювати не ізольовано, а в єдиному інформаційному середовищі, обмінюючись даними з програмами обліку, контролю приростів, моніторингу мікроклімату та управління запасами кормів. У такому випадку процес роздавання кормів перетворюється з окремої механічної операції на частину загальної цифрової технології виробництва. Це дозволяє аналізувати продуктивність тварин у зв’язку з режимами годівлі, швидко виявляти відхилення, коригувати раціони та формувати обґрунтовані управлінські рішення на основі фактичних даних. Такий підхід підвищує рівень керованості фермою та створює передумови для більш точного і ресурсоефективного тваринництва.

Окремої уваги заслуговує питання енергетичної та ресурсної ефективності роботизованих систем. Традиційне кормороздавання за допомогою тракторних агрегатів або самохідних машин часто пов’язане з підвищеними витратами пального, частими маневрами в обмежених приміщеннях, шумом та додатковим навантаженням на підлогу і конструктивні елементи ферми. Роботизовані установки, особливо електрифіковані, відзначаються нижчим рівнем енергоспоживання на одиницю виконаної роботи, меншою шумністю та можливістю функціонування за оптимальними маршрутами. Це сприяє зниженню експлуатаційних витрат, покращенню виробничого середовища та підвищенню загальної культури виробництва. У довгостроковій перспективі саме сукупність таких факторів може забезпечити суттєвий економічний ефект.

Водночас упровадження роботизації на відгодівельній фермі потребує врахування низки технічних та організаційних умов. Передусім ферма повинна мати відповідну інфраструктуру: достатню ширину кормових проходів, належний стан підлогового покриття, продуману схему завантаження

кормів, стабільне електроживлення та можливість технічного обслуговування обладнання. Крім того, необхідно адаптувати систему управління виробництвом до нової техніки, навчити персонал працювати з програмним забезпеченням, забезпечити належну діагностику та сервісне супроводження роботизованих комплексів. Якщо ці умови не виконані, очікуваний ефект від упровадження може бути нижчим за прогнозований. Тому роботизацію доцільно розглядати не як окреме придбання машини, а як елемент комплексної модернізації ферми.

Економічна доцільність роботизації визначається не лише прямим скороченням витрат праці, а й низкою опосередкованих результатів. До них належать зменшення перевитрат кормів, підвищення приростів, скорочення простоїв техніки, зниження потреби у пальному, підвищення точності виконання технологічних операцій та покращення контролю виробничих процесів. У великих господарствах із високою концентрацією поголів'я роботизація зазвичай окуповується швидше, оскільки ефект від стабільності годівлі та оптимізації трудових ресурсів проявляється значніше. У менших господарствах питання ефективності потребує більш ретельного техніко-економічного обґрунтування, проте навіть там роботизовані системи можуть бути виправданими за умови дефіциту робочої сили, високої вартості кормів або потреби у точному управлінні технологією відгодівлі.

Ще одним важливим аспектом є вплив роботизації на якість управління стадом. За наявності автоматизованого обліку можна відстежувати частоту та обсяги роздавання кормів, аналізувати споживання по окремих секціях, оцінювати динаміку залишків та оперативно реагувати на зміни у поведінці тварин. Це особливо цінно в умовах інтенсивного виробництва, де навіть незначні відхилення можуть швидко трансформуватися в помітні економічні втрати. Роботизована система стає джерелом технологічної інформації, а не лише засобом механізації. Такий підхід підвищує точність управлінських рішень і сприяє переходу від традиційного досвідного ведення господарства до аналітичної моделі управління виробництвом.

Не можна залишити поза увагою і питання надійності роботизованих систем. На відгодівельній фермі техніка працює в умовах підвищеної запиленості, вологості, агресивного середовища та інтенсивного навантаження. Тому для стабільної роботи роботизованих кормороздавачів необхідно застосовувати зносостійкі матеріали, захищені електронні вузли, надійні приводи та системи самодіагностики. Велике значення має також своєчасне технічне обслуговування, профілактичний контроль та наявність сервісної підтримки. Лише за умов поєднання високого технічного рівня обладнання і правильної організації експлуатації роботизація може повною мірою реалізувати свій потенціал.

Перспективи подальшого розвитку роботизації процесу роздавання кормів пов'язані з впровадженням систем штучного інтелекту, машинного зору, адаптивного керування та прогнозної аналітики. У майбутньому роботизовані комплекси зможуть не лише виконувати команду на роздавання корму, а й самостійно оцінювати стан годівниць, визначати фактичну інтенсивність поїдання, аналізувати поведінку тварин і підлаштовувати режим роботи до реальної ситуації у виробничому приміщенні. Це відкриває можливість переходу до ще більш точного, індивідуалізованого та економічно обґрунтованого управління годівлею. Відповідно, роль людини поступово зміщуватиметься від безпосереднього виконання операцій до контролю, налаштування та аналізу системи.

Таким чином, роботизація процесу роздавання кормів на відгодівельній фермі є важливим і перспективним напрямом підвищення ефективності виробництва. Її впровадження забезпечує скорочення витрат праці, підвищення точності дозування, зменшення втрат кормів, стабілізацію технологічного процесу та покращення виробничих показників. Особливе значення роботизація має в умовах інтенсивного тваринництва, де результативність кожної технологічної операції безпосередньо впливає на економіку підприємства. Разом із тим успішне застосування роботизованих систем потребує комплексного підходу, який включає технічну підготовку ферми, економічне обґрунтування, навчання персоналу та інтеграцію обладнання в загальну систему управління виробництвом.

Роботизація роздавання кормів є не лише засобом механічного вдосконалення окремої операції, а стратегічним інструментом модернізації відгодівельної ферми. Вона створює передумови для переходу до більш точного, керованого та економічно ефективного тваринництва. Основними результатами її впровадження є підвищення продуктивності праці, покращення використання кормових ресурсів, стабілізація режимів годівлі та зростання загальної ефективності виробництва. Подальший розвиток цього напряму повинен бути пов'язаний із цифровізацією, інтелектуалізацією технічних систем та їх адаптацією до конкретних умов функціонування сучасних відгодівельних ферм.

77. Савченко В.М., Павлюк В.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТАХ ПОЛІССЯ

Картопля традиційно залишається однією з провідних продовольчих культур Полісся, однак ефективність її вирощування значною мірою залежить від урахування зональних ґрунтово-кліматичних особливостей. Для Полісся характерний помірно континентальний клімат, річна кількість опадів у межах 550–700 мм, низинний рельєф, широкі заболочені долини річок і високий рівень ґрунтових вод. У цій зоні переважають дерново-підзолисті ґрунти, для яких типовими є кисла реакція, невисокий уміст гумусу та поживних речовин, обмежений кореневмісний шар і несприятливі водно-фізичні властивості. Саме тому перенесення універсальних схем вирощування без адаптації до умов Полісся не забезпечує повної реалізації продуктивного потенціалу картоплі.

Проблема удосконалення технології вирощування картоплі на дерново-підзолистих ґрунтах полягає не лише у підвищенні врожайності, а й у забезпеченні стабільності виробництва та збереженні родючості ґрунту. Для таких ґрунтів критично важливими є заходи, спрямовані на накопичення органічної речовини, зниження негативного впливу кислотності, поліпшення аерації та водного режиму, а також обмеження деградаційних процесів. У рекомендаціях НААН щодо відтворення родючості дерново-підзолистих ґрунтів Полісся прямо наголошено на важливості дотримання сівозмін і використання побічної продукції рослинництва та інших органічних джерел для компенсації втрат гумусу.

Одним із базових напрямів удосконалення технології є раціональна організація сівозміни. Інститут картоплярства НААН рекомендує на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся чотири- та п’ятипільні сівозміни з насиченням картоплею 20–25%, а частка просапних культур у спеціалізованій картопляній сівозміні не повинна перевищувати 50%. Такі сівозміни дають змогу обмежити накопичення збудників хвороб і шкідників, стабілізувати поживний режим ґрунту та краще використовувати післядію органічних і сидеральних добрив. Отже, удосконалення технології слід розглядати не як набір окремих операцій, а як побудову агротехнологічної системи, у якій картопля займає науково обґрунтоване місце.

Не менш важливим є відтворення органічної речовини ґрунту. За матеріалами НААН, лише частина втрат гумусу компенсується за рахунок кореневих і післяжнивних решток, тому решта має відшкодовуватися внесенням органічних добрив, побічної продукції та сидератів. Для Полісся цей напрям має особливе значення, оскільки саме органічна речовина визначає буферність ґрунту, його структурний стан, вологоємність і біологічну активність. Тому удосконалення технології вирощування картоплі на дерново-підзолистих ґрунтах повинно передбачати системне використання органічних ресурсів господарства, а не лише епізодичне внесення добрив під окрему культуру.

Практичну цінність такого підходу підтверджують результати польових досліджень у Західному Поліссі. У дослідах 2019–2021 років на дерново-підзолистих зв’язно-піщаних ґрунтах внесення 60 т/га гною забезпечило врожайність картоплі 30,7 т/га, що на 5,6 т/га більше за контроль, а крохмальність підвищилась на 2,4%. Використання редьки олійної на сидерат із формуванням близько 20 т/га зеленої маси дало приріст урожайності на 4,1 т/га та підвищило вміст крохмалю в бульбах на 2,5%; крім того, цей варіант виявився найбільш економічно вигідним із окупністю додаткових витрат 2,4 грн на 1 грн затрат. Це свідчить, що для господарств Полісся сидерація може бути не допоміжним, а повноцінним елементом технології вирощування картоплі.

Окремого значення набуває регулювання кислотності ґрунту. Картопля потребує добре структурованого, дренованого ґрунту й найкраще росте за реакції ґрунтового середовища близько pH 5,5–7,0, хоча в практиці вирощується і в ширшому діапазоні. За нижчих значень pH зростає ризик токсичної дії алюмінію та обмежується доступність окремих елементів живлення, насамперед фосфору і молібдену. Водночас надмірне підвищення pH небажане, оскільки воно збільшує схильність картоплі до ураження звичайною паршею. Тому на кислих дерново-підзолистих ґрунтах Полісся вапнування має бути не формальним прийомом, а частиною системи окультурення ґрунту, причому його доцільно проводити завчасно, щонайменше за кілька місяців до садіння картоплі.

Ще одним напрямом удосконалення є оптимізація механічного обробітку ґрунту. Для Полісся він повинен бути спрямований на підвищення ефективної родючості, збагачення ґрунту органічною речовиною, поліпшення водно-фізичних і біологічних властивостей, усунення зайвої кислотності та

захист від ерозійних процесів. Оскільки для дерново-підзолистих ґрунтів водний режим є одним із провідних чинників формування врожаю, логічним є пріоритет таких прийомів, що поліпшують дренованість і повітрообмін у зоні формування бульб, а також запобігають переущільненню орного шару. Саме тому гребеневий спосіб вирощування, підтримання пухкого профілю гребеня та недопущення ущільнення ґрунту колесами техніки мають розглядатися як важливі елементи технологічного вдосконалення. Це є висновком із вимог культури до добре дренованого й аерованого ґрунту та даних про провідну роль водного режиму на Поліссі.

Формування гребенів має не лише технологічне, а й фізіологічне значення. За даними агрономічних узагальнень, вирощування картоплі на гребенях покращує дренування, аерацію, прискорює прогрівання холодних ґрунтів, сприяє рівномірнішому розвитку бульб і знижує ризик їх позеленіння. Для умов Полісся, де часто поєднуються весняне перезволоження і повільне прогрівання орного шару, це особливо актуально. Тому вдосконалення технології має полягати не в механічному збільшенні кількості міжрядних обробітків, а в забезпеченні оптимальної форми й стійкості гребеня протягом усього періоду вегетації.

Важливим резервом підвищення ефективності картоплярства є науково обґрунтований вибір строків садіння. У сучасному огляді українських досліджень зазначено, що для Полісся оптимальним періодом садіння вважаються друга-третя декади квітня. Разом із цим наголошується, що строки садіння не можна розглядати ізольовано від інших елементів технології: найбільший ефект досягається тоді, коли вони поєднуються з адаптованою системою живлення, використанням біологічних препаратів та добором стресостійких сортів. Отже, зміщення строків садіння саме по собі не є універсальним рішенням, але у складі інтегрованої технології воно суттєво впливає на дружність сходів, темпи бульбоутворення і кінцеву продуктивність насаджень.

Не менш вагомим є сортовий фактор. Дослідження адаптивності сортів картоплі в умовах Полісся та Лісостепу показали, що коефіцієнт адаптивності може ефективно використовуватися для добору сортів, краще пристосованих до мінливих погодних умов. Автори дійшли висновку, що вирощування сортів із підвищеною адаптивністю є важливим чинником зростання виробництва високоврожайної картоплі, насамперед у системі насінництва та сортозаміни. Це означає, що вдосконалення технології на дерново-підзолистих ґрунтах має включати не лише агрофони й обробіток, а й постійне оновлення сортового складу з орієнтацією на локальну пристосованість, а не лише на потенційно високу врожайність у сприятливих умовах.

Система удобрення картоплі на Поліссі повинна бути збалансованою та спиратися на ґрунтову діагностику. На кислих і малогумусних дерново-підзолистих ґрунтах мінеральне живлення не може повністю замінити органічні джерела, але має працювати в поєднанні з ними. Саме поєднання органічної речовини, сидерації, регулювання pH і пристосованої системи живлення формує передумови для кращого засвоєння елементів живлення, активізації мікробіологічних процесів і зростання частки товарної фракції врожаю. У сучасних умовах доцільно орієнтуватися не на максимальні разові дози, а на оптимізацію живлення в межах інтегрованої біологізованої технології. Такий висновок випливає з рекомендацій щодо відтворення органічної речовини ґрунтів Полісся та огляду сучасних підходів до технології картоплі в Україні.

Таким чином, удосконалення технологічних прийомів вирощування картоплі на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся має базуватися на комплексному підході. Найвищу ефективність забезпечує не окремий агрозахід, а узгоджене поєднання короткоротаційної сівозміни, систематичного внесення органічної речовини, сидерації, обґрунтованого регулювання кислотності, поліпшення водно-повітряного режиму за рахунок раціонального обробітку і гребеневої технології, оптимізації строків садіння та використання адаптивних сортів. Саме така модель дає змогу підвищити врожайність і якість бульб, знизити ризики, пов’язані з нестабільністю погодних умов, та забезпечити довготривале збереження родючості дерново-підзолистих ґрунтів Полісся.

На дерново-підзолистих ґрунтах Полісся головними напрямами вдосконалення технології вирощування картоплі слід вважати: науково обґрунтоване місце культури в короткоротаційній сівозміні; системне відтворення органічної речовини ґрунту через гній, побічну продукцію та сидерати; регулювання кислотності з урахуванням вимог картоплі до pH; поліпшення водно-фізичних властивостей орного шару та застосування гребеневої технології; вибір оптимальних строків садіння; використання адаптивних сортів і якісного насіннєвого матеріалу. Реалізація цих заходів у комплексі є основою підвищення продуктивності картоплярства в поліській зоні.

78 Савченко В.М., Терещук О.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна

ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ КОРЕНЕПЛОДІВ СТОЛОВИХ БУРЯКІВ

Столові буряки є однією з найважливіших овочевих культур, у якій економічна ефективність вирощування визначається одночасно врожайністю і якісними показниками продукції. Для виробника важливими є маса та вирівняність коренеплодів, а для переробки і споживання — вміст сухих речовин, цукрів, інтенсивність внутрішнього забарвлення, твердість тканин, здатність до зберігання та безпечний рівень нітратів. Саме тому система удобрення для столових буряків повинна розглядатися не як окремий технологічний прийом, а як інструмент керування фізіологічними процесами рослини, що визначають і величину врожаю, і його споживчі властивості. Дослідження з якості коренеплодів показують, що живлення здатне змінювати твердість, забарвлення, вміст сахарози, розчинних сухих речовин і стабільність цих показників під час зберігання, а азотний режим безпосередньо пов'язаний із накопиченням нітратів.

У сучасному овочівництві підхід до удобрення столових буряків дедалі більше спирається на принципи інтегрованого управління живленням рослин. FAO визначає Integrated Plant Nutrient Management як систему, що передбачає раціональне, орієнтоване на урожай і конкретні умови поля використання поживних речовин, поєднання мінеральних та органічних добрив, урахування взаємодії елементів живлення та мінімізацію втрат у довкілля. Для столових буряків це означає, що оптимальна система удобрення не може бути універсальною: вона залежить від типу ґрунту, запасів доступних елементів, реакції ґрунтового розчину, попередника, рівня зволоження, строку сівби та напряму використання продукції. Отже, найвищий ефект дає не максимальна норма будь-якого одного елемента, а збалансована, ґрунтово обґрунтована система живлення.

Серед усіх елементів живлення провідна роль у формуванні врожаю належить азоту. Саме азот забезпечує розвиток листкового апарату, активність фотосинтезу і нагромадження біомаси, тому його дефіцит швидко обмежує продуктивність посіву. Водночас столові буряки належать до культур, для яких азотне живлення є особливо чутливим фактором якості. У дослідженні Feller і Fink показано, що збільшення азотного забезпечення підвищувало врожай, але водночас суттєво збільшувало вміст нітратного азоту в коренеплодах. Особливо небезпечним виявилося поєднання підвищеного азотного фону з пізнішими строками сівби: посіви після червня мали вміст нітратного азоту до 3027 мг/кг свіжої маси, а середня втрата врожаю порівняно з квітневим строком сівби становила 46%. Це свідчить про те, що азот у технології буряків не можна оцінювати ізольовано від строку сівби та умов вегетації.

Дуже показовим є те, що за ранніх строків сівби навіть високий рівень азотного забезпечення не завжди призводив до критичного погіршення якості. У тому ж досліді за ранньої сівби вміст нітратного азоту в коренеплодах при збиранні залишався нижчим за 563 мг/кг навіть за загального забезпечення азотом на рівні 250 кг/га, тоді як за пізніх строків сівби азотне живлення доводилося зменшувати, щоб утримати показник нижче 2500 мг/кг, який використовувався як технологічний орієнтир для переробної промисловості. Звідси випливає практично важливий висновок: ефективна азотна система для столових буряків має бути не просто достатньою, а синхронізованою з темпами росту рослин. На цій підставі доцільно застосовувати помірні стартові дози, уникати запізнілих азотних підживлень і коригувати живлення за результатами аналізу ґрунту та стану посіву. Такий підхід узгоджується і з принципами FAO щодо site-specific та yield-targeted управління живленням.

Фосфор у системі удобрення столових буряків виконує значно ширшу функцію, ніж просто забезпечення енергетичного обміну. Він визначає розвиток кореневої системи, активність ростових процесів на ранніх етапах органогенезу, синтез нуклеїнових кислот, мембранних структур і транспорт асимілянтів до коренеплоду. У дослідженні Gashash та співавт. підвищення рівня фосфорного живлення в поєднанні з цинком забезпечило збільшення кількості листків, свіжої та сухої маси коренеплоду, а також його діаметра. Особливо важливо, що на цьому фоні зростали показники якості: вміст розчинних сухих речовин, аскорбінової кислоти, загальних цукрів та пігментів. Для столових буряків це означає, що фосфор не лише підсилює ріст, а й формує біохімічні передумови для кращих смакових властивостей та інтенсивнішого забарвлення м'якуша.

З практичного погляду роль фосфору особливо велика на ґрунтах із недостатнім його вмістом, у прохолодний період початку вегетації та за умов, коли рослини мають розвинути потужний асиміляційний апарат у короткий строк. Фосфорне живлення сприяє кращому використанню води й

елементів мінерального живлення, а також більш інтенсивному переміщенню продуктів фотосинтезу до коренеплоду. Тому нестача фосфору на ранніх фазах росту часто зумовлює не лише зниження урожаю, а й затримку формування товарної фракції. У поєднанні з мікроелементами, насамперед із цинком, цей елемент здатний суттєво поліпшувати фізіолого-біохімічний стан рослин, однак надмірне внесення фосфору без контролю ґрунтового забезпечення також є небажаним, оскільки може порушувати баланс інших елементів.

Не менш важливим елементом для культури є калій. Якщо азот переважно визначає інтенсивність росту, а фосфор — стартові процеси розвитку та накопичення сухих речовин, то калій у значній мірі відповідає за технологічну якість коренеплоду. Дослідження щодо різних джерел калію показало, що калійне удобрення позитивно впливало на якість столових буряків незалежно від форми застосованого добрива. За внесення калію відзначали підвищення кислотності, кращу твердість тканин, вищу інтенсивність кольору та лінійне збільшення вмісту сахарози. Після зберігання ці показники суттєвіше погіршувалися в коренеплодах без калійного живлення, тоді як у варіантах із калієм якість зберігалася краще. Отже, калій потрібно розглядати не тільки як елемент формування врожаю, а і як основу післязбиральної стабільності продукції.

Для столових буряків характерною є висока чутливість до бору, і саме цей мікроелемент найчастіше визначає наявність або відсутність прихованих дефектів коренеплоду. За даними MSU Extension, бор є важливим для синтезу білків, формування клітинних стінок, регуляції вуглеводного обміну та переміщення цукрів у рослині. У чутливих до дефіциту культурах нестача бору проявляється некрозом точок росту, деформацією листя, а у коренеплодів буряка, ріпи та брукви — утворенням внутрішніх порожнин, опробковілих тканин і знебарвлених або побурілих ділянок. Для товарного виробництва це особливо небезпечно, адже зовні коренеплід може виглядати прийнятно, але в розрізі мати серйозні внутрішні пошкодження, що різко знижують його цінність.

Каліфорнійські рекомендації для вирощування table beets додатково підтверджують критичну роль бору саме для цієї культури. У документі зазначено, що борний дефіцит, відомий як canker, у деяких районах може бути дуже сильним, а нестача вологи погіршує прояв симптомів. Також підкреслюється, що бор не слід вносити локально в стрічку; його потрібно рівномірно розподіляти по площі поля, а за сильного дефіциту ґрунтове внесення поєднувати з позакореневими обробками. Це ще раз доводить, що система удобрення столових буряків має обов’язково включати не лише NPK, а й мікроелементну складову, особливо на легких ґрунтах, у посушливих умовах або за наявності історії прояву борної недостатності.

Ефективність удобрення столових буряків не можна розглядати без урахування водного режиму та кислотності ґрунту. Університет Каліфорнії вказує, що дефіцит вологи особливо небезпечний у другій половині вегетації, коли коренеплід формує основну частину своєї маси, а водний стрес у цей період найбільше знижує врожай. Там само наголошується, що нестача вологи підсилює прояви борного дефіциту. Крім того, table beets менш толерантні до кислотності, ніж деякі інші овочеві культури, і за pH 5,8 та нижче рекомендоване вапнування. Отже, система удобрення повинна бути узгоджена з меліоративними заходами та режимом зрошення, оскільки навіть правильно підібрані норми добрив не реалізують свій потенціал у разі несприятливої реакції ґрунту або тривалого водного стресу.

Окремої уваги заслуговує поєднання мінерального й органічного живлення. FAO підкреслює, що виробнича ефективність зростає за умови комбінованого використання мінеральних, органічних і біологічних ресурсів, коли норми та способи внесення відповідають реальним потребам культури й мінімізують втрати елементів у повітря та воду. Для червоного буряка це особливо актуально, оскільки культура є азотовимогливою, і навіть у системах органічного виробництва перед сівбою часто використовують дозволені добрива, що містять частку мінерально доступного азоту. Така практика пояснюється потребою забезпечити рослини доступним живленням на початку вегетації, коли мінералізація органічної речовини ще не здатна повністю покрити попит культури. Водночас органічні добрива залишаються важливими як засіб поліпшення фізичних, біологічних і гідрологічних властивостей ґрунту.

Таким чином, система удобрення столових буряків має будуватися за принципом функціональної спеціалізації елементів живлення. Азот повинен забезпечувати активний стартовий ріст, але не провокувати надлишкове накопичення нітратів. Фосфор має підтримувати розвиток кореневої системи та синтез сухих речовин і цукрів. Калій повинен формувати якість тканин, покращувати колір, смак і лежкість. Бор має запобігати внутрішнім фізіологічним дефектам коренеплодів. За такого підходу

продуктивність і якість не протиставляються одна одній, а стають взаємопов'язаними результатами збалансованого живлення. Особливо важливо, що вплив кожного елемента виявляється не ізольовано, а через взаємодію з погодними умовами, строком сівби, вологозабезпеченням і властивостями ґрунту.

З практичної точки зору для отримання високого та якісного врожаю столових буряків доцільно застосовувати адаптивну систему удобрення, яка включає агрохімічне обстеження ґрунту, помірне та дробне внесення азоту, достатнє забезпечення фосфором і калієм, контроль кислотності ґрунту, підтримання стабільного водного режиму та своєчасну борну корекцію на чутливих полях. Саме такий підхід відповідає сучасній концепції інтегрованого живлення рослин і дозволяє одночасно підвищити урожайність, поліпшити товарні та біохімічні показники коренеплодів і знизити ризик отримання продукції з надмірним умістом нітратів або прихованими фізіологічними дефектами.

Система удобрення є визначальним чинником формування як продуктивності, так і якості коренеплодів столових буряків. Надмірне або несвоєчасне азотне живлення може підвищувати врожай, але водночас збільшувати накопичення нітратів. Достатнє фосфорне забезпечення сприяє активному росту, нагромадженню сухих речовин, цукрів та пігментів. Калій покращує твердість, колір, вміст сахарози та лежкість коренеплодів. Бор запобігає розвитку внутрішніх порожнин, опробковінню та побурінню тканин. Найбільш ефективною є збалансована органо-мінеральна система удобрення, адаптована до ґрунтово-кліматичних умов, строків сівби та фактичної забезпеченості ґрунту елементами живлення.

79. Міненко С.В., Степовий А.В., Вікарчук В.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЇХНЬОЇ ПОЖИВНОЇ ЦІННОСТІ ТА ОДНОРІДНОСТІ

У сучасних умовах розвитку тваринництва особливого значення набуває питання виробництва повноцінних комбікормів, здатних забезпечити високий рівень продуктивності тварин і птиці, раціональне використання кормових ресурсів та зниження собівартості продукції галузі. Комбікорми є складними багатокомпонентними системами, у яких поєднуються зернові, білкові, мінеральні, вітамінні та функціональні добавки. Саме тому їхня ефективність визначається не лише рецептурою, а й якістю реалізації технологічного процесу на всіх стадіях виробництва. Навіть за наявності науково обґрунтованого рецепта недосконале подрібнення, неточне дозування або недостатнє змішування можуть суттєво знизити поживну цінність готового продукту та спричинити його неоднорідність.

Підвищення поживної цінності комбікормів нерозривно пов'язане із забезпеченням максимальної доступності поживних речовин для організму тварин. Це означає, що технологічний процес має створювати умови для збереження протеїну, амінокислот, вітамінів, мікроелементів, ферментів та інших біологічно активних компонентів. Одночасно важливо досягати високого ступеня однорідності суміші, оскільки навіть незначна нерівномірність розподілу компонентів призводить до того, що окремі тварини отримують надлишок одних речовин і дефіцит інших. У результаті знижується конверсія корму, погіршується здоров'я поголів'я, зростають непродуктивні витрати та зменшується економічна ефективність виробництва.

Технологічний процес виробництва комбікормів включає приймання та зберігання сировини, її очищення, подрібнення, дозування, змішування, за потреби кондиціювання, гранулювання або експандування, охолодження, просіювання та фасування. Кожна з цих операцій впливає на кінцеву якість продукту. Саме тому вдосконалення виробництва комбікормів повинно мати комплексний характер і базуватися на системному підході, за якого технологічні параметри окремих стадій узгоджуються між собою відповідно до властивостей сировини, виду тварин, рецептури та форми готового корму.

Першочергове значення має якість вихідної сировини. Низька однорідність зерна за вологістю, крупністю, натурою, вмістом домішок і поживних речовин ускладнює подальше дозування та змішування. Наявність пилу, сторонніх домішок, металомагнітних частинок або мікотоксинів не лише погіршує технологічні властивості, а й створює ризик зниження безпечності готового комбікорму. Тому удосконалення технологічного процесу слід розпочинати з ефективного очищення, сортування і стабілізації параметрів сировини. Чим вищою є однорідність вхідного матеріалу, тим простіше забезпечити стабільність характеристик готового корму.

Однією з найважливіших операцій є подрібнення сировини. Саме ступінь подрібнення значною мірою визначає доступність поживних речовин для ферментативного перетравлення у шлунково-кишковому тракті тварин. Надто крупний помел знижує перетравність корму та ускладнює формування однорідної суміші. Надто дрібний помел супроводжується перевитратами енергії, збільшенням кількості пилоподібних часток, погіршенням сипкості та ризиком зниження споживання корму. Оптимізація гранулометричного складу повинна здійснюватися диференційовано залежно від виду тварин, їхнього віку, фізіологічного стану та способу згодовування. Для молодняку і птиці зазвичай потрібні дрібніші частки, тоді як для великої рогатої худоби надмірно тонкий помел не завжди є доцільним.

Підвищення ефективності подрібнення досягається завдяки використанню сит з раціонально підібраними отворами, регулюванню швидкості обертання робочих органів, застосуванню попереднього сортування та поетапного помелу. Доцільним є впровадження контролю гранулометричного складу із застосуванням ситового аналізу та автоматизованих систем моніторингу. Це дозволяє зменшити коливання розміру часток у партіях корму та створити передумови для більш якісного змішування компонентів. Особливо важливим є забезпечення близьких за дисперсністю параметрів основних інгредієнтів і мікродобавок, оскільки різка відмінність у розмірах часток провокує сегрегацію суміші під час транспортування та зберігання.

Наступною критичною стадією є дозування компонентів. Саме помилки дозування найчастіше стають причиною відхилень від рецептури та нерівномірного надходження поживних речовин до готового продукту. Для макрокомпонентів навіть незначне відхилення змінює загальний вміст протеїну, клітковини та обмінної енергії, а для мікрокомпонентів помилки можуть бути ще небезпечнішими, оскільки йдеться про біологічно активні речовини, ферменти, антиоксиданти, вітаміни та мікроелементи, що вносяться у малих кількостях. Удосконалення процесу дозування передбачає застосування високоточних вагових систем, автоматичного контролю навантаження, окремих ліній для мікродобавок та попереднього приготування преміксів.

Особливої уваги потребує введення компонентів, частка яких у рецептурі є незначною. Якщо такі добавки вносити без попереднього розведення або без спеціального обладнання, забезпечити їх рівномірний розподіл у суміші практично неможливо. Тому одним з ефективних напрямів удосконалення технології є дво- або триступеневе введення мікрокомпонентів через попередньо виготовлені премікси. Такий підхід знижує ризик локальних концентрацій активних речовин і сприяє підвищенню однорідності комбікорму в цілому.

Не менш важливою операцією є змішування. Саме на цій стадії формується структурна однорідність кормової суміші, від якої залежить рівномірність поживної дії. Ефективність змішування визначається конструкцією змішувача, тривалістю процесу, ступенем заповнення робочої камери, послідовністю подачі компонентів, їхніми фізико-механічними властивостями та вологістю. Недостатній час змішування не забезпечує потрібного розподілу інгредієнтів, а надмірний може спричинити розшарування або руйнування крихких часток. Тому вибір режиму змішування має спиратися на експериментально встановлені оптимуми для конкретної рецептури.

Для підвищення однорідності комбікорму доцільно використовувати змішувачі, які забезпечують інтенсивний, але контрольований рух часток у всьому об’ємі маси. Важливим є дотримання правильної послідовності завантаження: спочатку вводять основні компоненти, далі білкові добавки, потім мінеральні та вітамінні домішки, а рідкі компоненти додають у фазі, коли маса вже досягла достатнього ступеня перемішування. За потреби застосовують багатостадійне змішування, коли частина компонентів поєднується попередньо, а потім вводиться до загальної маси. Це особливо ефективно для складних рецептур із великою кількістю інгредієнтів.

Важливим напрямом удосконалення є використання рідких компонентів, зокрема жирів, меляси, ферментних розчинів та функціональних добавок. Вони можуть значно підвищувати енергетичну цінність корму, покращувати його смакові властивості, зменшувати запиленість та сприяти кращому засвоєнню поживних речовин. Однак внесення рідких інгредієнтів потребує спеціального дозувального обладнання та систем дрібнодисперсного розпилення. Нерівномірне нанесення рідких компонентів викликає злипання часток, формування грудок і погіршення однорідності суміші. Тому удосконалення цієї стадії пов’язане з точним контролем температури рідин, тиску подачі, розміру крапель і моменту внесення у технологічний цикл.

Підвищення поживної цінності комбікормів значною мірою пов’язане також із застосуванням тепловологої обробки. Кондиціювання перед гранулюванням сприяє частковій клейстеризації

крохмалю, інактивації небажаної мікрофлори, підвищенню міцності гранул та покращенню споживних властивостей корму. Разом з тим надмірна температура або тривале термічне навантаження можуть викликати руйнування термолабільних вітамінів, зниження активності ферментів і погіршення біологічної повноцінності білка. Отже, удосконалення процесу кондиціювання повинно ґрунтуватися на виборі таких параметрів температури, вологості і тривалості, які забезпечують необхідний технологічний ефект без істотних втрат поживних речовин.

Гранулювання є завершальною стадією, що суттєво впливає як на однорідність, так і на споживчі властивості комбікорму. Гранульований корм має кращу сипкість, менше розшаровується під час транспортування, знижує вибіркове поїдання компонентів тваринами та забезпечує вищу щільність продукту. Усе це позитивно впливає на фактичне споживання поживних речовин. Водночас отримання якісних гранул можливе лише за правильно підібраних параметрів вологості маси, температури кондиціювання, діаметра отворів матриці, тиску пресування та режиму охолодження. Недотримання цих вимог призводить до крихкості гранул, підвищеного вмісту дріб'язку й погіршення товарних показників продукції.

Після гранулювання важливо забезпечити ефективне охолодження і стабілізацію корму. Гарячі гранули мають підвищену вологість і є нестійкими до механічних навантажень, тому без належного охолодження вони легко руйнуються. Крім того, залишкова волога створює умови для розвитку мікрофлори під час зберігання. Саме тому вдосконалення технології повинно охоплювати не лише процес утворення гранул, а й стадію їх доведення до стабільного стану. Рівномірне охолодження, видалення надлишкової вологи та відсів дрібних часток дозволяють зберегти однорідність продукту і покращити його зберігання.

Окремим резервом підвищення поживної цінності комбікормів є введення ферментних препаратів, пробіотиків, органічних кислот, сорбентів мікотоксинів, синтетичних амінокислот та інших функціональних інгредієнтів. Проте ефективність цих речовин значною мірою залежить від способу їх включення в технологічний процес. Наприклад, термочутливі компоненти доцільно вводити після теплової обробки або у формі захищених препаратів. Таким чином, удосконалення виробництва комбікормів полягає не лише у механічному змішуванні сировини, а й у створенні таких технологічних умов, за яких біологічно активні добавки максимально зберігають свою ефективність.

Важливу роль у забезпеченні однорідності готового комбікорму відіграє мінімізація сегрегації суміші на етапах транспортування, зберігання і відвантаження. Навіть добре змішаний корм може втратити однорідність через різницю у розмірі, формі та густині часток. Для запобігання цьому необхідно раціонально проектувати транспортні лінії, зменшувати висоту вільного падіння матеріалу, уникати зайвих перевантажень, застосовувати засоби рівномірного вивантаження із бункерів та силосів. У випадку розсипних комбікормів доцільним є контроль сипкості та гранулометричного складу, а у випадку гранульованих — контроль міцності гранул і кількості дріб'язку після транспортування.

Суттєвим чинником удосконалення технологічного процесу є автоматизація виробництва. Сучасні автоматизовані системи управління дозволяють контролювати масу компонентів, параметри подрібнення, тривалість змішування, температуру та вологість кондиціювання, навантаження на обладнання, а також вести облік кожної партії сировини і готового корму. Це підвищує точність виконання технологічних операцій, зменшує вплив людського фактора та створює можливість стабільного відтворення якості. Автоматизація особливо важлива для підприємств, що працюють з великою номенклатурою рецептур та повинні оперативно переходити від одного виду продукції до іншого без втрати точності.

Не менш значущим є лабораторний і виробничий контроль якості комбікормів. Для об'єктивної оцінки результатів удосконалення технології потрібно систематично визначати вологість, вміст сирого протеїну, жиру, клітковини, золи, рівень мікроелементів, ступінь однорідності суміші, гранулометричний склад, міцність гранул та санітарно-гігієнічні показники. Лише за наявності постійного контролю можна виявляти слабкі місця технологічного процесу і своєчасно коригувати режими роботи обладнання. Особливо важливим показником є коефіцієнт варіації вмісту контрольного компонента, який характеризує ступінь однорідності змішування.

Економічний аспект удосконалення виробництва комбікормів також має велике значення. Підвищення поживної цінності та однорідності корму дозволяє зменшити перевитрату дорогих білкових і вітамінно-мінеральних компонентів, поліпшити конверсію корму, скоротити строки відгодівлі або підвищити молочну, м'ясну чи яєчну продуктивність. Крім того, оптимізація процесів подрібнення, змішування і гранулювання сприяє зниженню енергоспоживання, зменшенню втрат

сировини та скороченню браку готової продукції. У результаті вдосконалення технології має подвійний ефект: біологічний, що проявляється у покращенні дії корму, і виробничо-економічний, що відображається у зниженні собівартості.

Таким чином, удосконалення технологічного процесу виробництва комбікормів є одним із ключових шляхів підвищення їхньої поживної цінності та однорідності. Найбільш вагомих результатів можна досягти за умови комплексного підходу, який охоплює стабілізацію якості сировини, оптимізацію подрібнення, точне дозування компонентів, раціональне змішування, ефективне введення рідких і мікродобавок, контрольовану тепловологу обробку, удосконалене гранулювання та мінімізацію сегрегації на завершальних етапах виробництва. Поєднання цих заходів із засобами автоматизації та систематичним контролем якості забезпечує стабільне отримання комбікормів високої технологічної та біологічної якості.

Удосконалення технологічного процесу виробництва комбікормів повинно розглядатися як системний інструмент підвищення ефективності кормовиробництва. Поживна цінність комбікорму залежить не лише від рецептури, а й від здатності технології зберігати та рівномірно розподіляти всі поживні й біологічно активні компоненти. Основними напрямами вдосконалення є підвищення точності дозування, оптимізація гранулометричного складу, інтенсифікація процесу змішування, раціональне застосування тепловологої обробки та зниження сегрегації суміші. Реалізація цих заходів сприяє підвищенню однорідності комбікормів, покращенню їхнього засвоєння тваринами, зменшенню втрат цінних речовин та підвищенню економічної ефективності виробництва. Перспективи подальших досліджень пов’язані з розробкою адаптивних технологічних режимів для різних видів сировини, впровадженням цифрового контролю якості та використанням функціональних добавок нового покоління.

80. Савченко В.М., Підручний М.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СТОЛОВИХ БУРЯКІВ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Столові буряки є цінною овочевою культурою, яка поєднує відносно короткий період вегетації, універсальність використання та добру адаптивність до помірного клімату. Водночас ця культура дуже чутлива до фізичного стану ґрунту, оскільки товарна частина врожаю формується безпосередньо в орному шарі. Саме тому система основного обробітку тут впливає не лише на польову схожість і густоту стояння рослин, а й на вирівняність коренеплодів, їх форму, інтенсивність забарвлення та частку стандартної продукції. Для буряків найкращими є прохолодні умови вирощування; надмірна спека під час наливу коренеплодів може погіршувати якість, а надто кислі або погано дреновані ґрунти пригнічують ріст культури.

За біологічними вимогами столові буряки найкраще ростуть на глибоких, добре дренованих, пухких ґрунтах із доброю структурою та реакцією ґрунтового розчину переважно в межах pH 6,0–6,8, хоча культура може переносити і дещо вищі значення pH. У рекомендаціях для комерційного вирощування підкреслюється необхідність добре підготовленого насіннєвого ложа, висіву в зволожений верхній шар і недопущення кіркоутворення. На важких глинистих або запливаючих ґрунтах частіше виникають проблеми зі сходами та деформацією коренеплодів, а каміння й великі грудки додатково погіршують товарність продукції.

Окремої уваги потребує початковий період росту. Буряки, як і інші дрібнонасінні коренеплідні культури, потребують постійної вологи в перші тижні після сівби. За даними Університету Міннесоти, нерівна поверхня поля та грудкуватість спричиняють несталу глибину загортання насіння і нерівномірний доступ до вологи, а на ґрунтах, схильних до запливання, вкрай важливо підтримувати вологість верхнього шару, щоб запобігти утворенню кірки. Це означає, що навіть найенергоощадніший спосіб основного обробітку не буде ефективним, якщо він не забезпечує достатньо вирівняного і розпушеного посівного шару.

Полицевий основний обробіток, передусім оранка, традиційно вважається базовим варіантом для столових буряків. Його перевага полягає у глибокому розпушенні орного шару, заробці рослинних решток, частковому зменшенні забур’яненості та формуванні більш однорідного посівного горизонту. У виробничих рекомендаціях для буряків підкреслюється, що поле має бути добре підготовленим, вирівняним, із грудкувато-крихкою структурою та достатнім запасом вологи; окремі настанови радять

проводити основний обробіток на 15–20 см для руйнування брил і поліпшення стану ґрунту перед сівбою. Саме на важких, холодних або перезволожених ґрунтах полицевий обробіток найчастіше забезпечує найстабільніші сходи і вирівняніший урожай.

Разом із тим, інтенсивний полицевий обробіток має і обмеження. Багаторазове перевертання пласта підвищує витрати пального, посилює мінералізацію органічної речовини, збільшує ризик пересушування верхнього шару та на схилових землях може активізувати ерозійні процеси. Саме тому в сучасному овочівництві зростає інтерес до зменшення інтенсивності обробітку. Університет Міннесоти розглядає reduced tillage у системах овочівництва як підхід, що дозволяє зменшувати ущільнення, краще працювати з рослинними рештками та покращувати керування вологою. У споріднених дослідженнях на буряках смуговий обробіток також пов’язують зі скороченням кількості проходів техніки та потенційним зменшенням викидів парникових газів.

Безполицевий і мінімальний обробіток мають найбільші переваги там, де потрібно зберегти структуру ґрунту та вологу, особливо в посушливі роки. Проте їх ефективність для столових буряків істотно залежить від вихідного стану поля. Якщо в орному шарі є переущільнення, поверхнева кірка або надмірна кількість рослинних решток, сходи стають нерівномірними, а коренеплоди — менш вирівняними. У роботах із цукровими буряками, які можна використовувати як близький біологічний аналог роду Beta vulgaris, показано, що ущільнення погіршує проростання, початковий ріст, кінцевий урожай і показники якості коренів. Крім того, за reduced tillage боротьба з бур’янами ускладнюється, оскільки поверхневі рештки можуть знижувати ефективність частини гербіцидів і змінювати динаміку забур’янення.

Практичний інтерес становлять результати досліджень прямосівних буряків у системах reduced-till і no-till. У дослідах HortScience conventional till без укриття часто давав вищий урожай, ніж reduced-till або no-till, але за використання тентів, які пригнічували бур’яни, різниця між системами обробітку зникала, а врожай у no-till і reduced-till ставав співставним із традиційним обробітком. Автори прямо зазначають, що застосування тентів зменшувало відмінності між no-till, reduced-till і conventional-till як за масою бур’янів, так і за врожайністю буряків. Це дуже важливий висновок: сам по собі мінімальний обробіток не гарантує високого результату, але в поєднанні з технологіями раннього контролю бур’янів може бути цілком конкурентним.

Ще один показовий блок даних дають дослідження на цукрових буряках щодо strip-till. У роботі MDPI strip-till забезпечив достовірне зростання врожаю коренів на 6,6 % і технологічного виходу цукру на 8,2 % порівняно з conventional till, причому напрям змін був стабільним у різні роки досліджень. Для столових буряків ці дані не можна переносити механічно, оскільки вимоги до товарної форми коренеплоду у свіжому ринку жорсткіші, ніж у переробці. Проте вони переконливо свідчать, що зменшення інтенсивності основного обробітку не обов’язково веде до зниження продуктивності, якщо смуга рядка залишається достатньо розпушеною, а міжряддя зберігають вологу та структуру.

Водночас результати польових досліджень показують, що реакція буряків на спосіб основного обробітку дуже залежить від року та погодних умов. У литовському досліді за нижчих температур і середнього зволоження вищий урожай отримали на інтенсивно обробленому ґрунті, а за тепліших умов і нерівномірного розподілу опадів — навпаки, перевага була вже не такою однозначною. Якість коренів при цьому істотно не змінювалася, але характер росту та рівень галуження могли різнитися. Звідси випливає, що вибір способу обробітку для столових буряків повинен бути не універсальним, а адаптивним — з урахуванням механічного складу, запасів вологи, засміченості поля та технічного забезпечення господарства.

Для важких суглинкових, запливаючих і холодних ґрунтів більш доцільним є глибший полицевий або комбінований обробіток із ретельним передпосівним вирівнюванням поверхні. Для легких і структурних ґрунтів, особливо за ризику весняного пересихання, перспективними є безполицевий, чизельний або strip-till, але лише за умови якісного контролю бур’янів, відсутності плужної підошви та забезпечення рівномірної глибини сівби. На полях, схильних до ущільнення, варто переходити до гряд або піднятих гребенів, оскільки навіть у практиці овочівництва raised beds часто дають кращий товарний урожай коренеплодів завдяки меншому ущільненню й кращому дренажу.

Отже, для столових буряків система основного обробітку ґрунту є одним із ключових факторів реалізації потенціалу врожайності та якості. Полицевий обробіток залишається найбільш надійним способом на проблемних ґрунтах, де необхідно швидко усунути ущільнення, зруйнувати брилуватість і сформувати дрібногрудочкувате насіннєве ложе. Безполицевий, мінімальний і смуговий обробіток є перспективними насамперед у ресурсозберігальних технологіях, але потребують вищої культури

землеробства, доброго контролю бур'янів і уважного управління вологістю ґрунту. Найбільш раціональною стратегією для сучасного овочівництва слід вважати диференційований вибір способу обробітку залежно від типу ґрунту, погодних умов року та вимог до товарної якості коренеплодів.

81. Козаченко О.В., Волковський О.М., Гаврилін О.А. Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРУЖНОГО СТОЯКА ДИСКАТОРА З РЕГУЛЯТОРОМ ЖОРСТКОСТІ

Сучасні технології поверхневого обробітку грунту передбачають широке застосування грунтообробних знарядь з дисковими робочими органами, що зумовлює доцільність наукового обгрунтування їх конструктивно-режимних параметрів для підвищення якості підготовки до посіву та мінімізації витрат енергії на виконання роботи. На сьогодні найбільш привабливими, з точки зору ефективності виконання процесу обробітку грунту, є дискові знаряддя із індивідуальним кріпленням робочих органів на пружних стояках, що передбачає отримання низки переваг [1]. Не дивлячись на значну кількість виконаних досліджень [2, 3], проблемними є питання відповідності вимогам сучасних ресурсозберігаючих технологій землеробства: стійкість ходу робочих органів по глибіні, мінімізація тягового опору, відсутність забивання рослинними рештками тощо. Розв'язання цієї проблеми передбачає комплексне обгрунтування конструктивно-режимних параметрів дискових робочих органів на пружних стояках із змінними характеристиками жорсткості, створення узагальнених математичних моделей взаємодії грунтообробного знаряддя з грунтовим середовищем в широкому діапазоні умов.

Метою досліджень є підвищення ефективності функціонування дискових робочих органів шляхом обґрунтування конструктивно-режимних параметрів дискового знаряддя з пружними стояками та регулятором жорсткості.

Запропонована конструкція дискатора [4], представлена на рис. 1, включає раму, до якої кріпляться сферичні диски на окремих пружних стояках складної просторової форми, яка забезпечує встановлення диска з одним кутом атаки та кутом нахилу у вертикально-повздовжній площині. Пружні стояки в місті кріплення обладнані пружними регулювальними пластинами жорсткості аналогічної кривизни з можливістю їх сумісного кріплення до рами дискатора. Додатково встановлені клиноподібні вставки для забезпечення кута повороту стійки відносно вертикальної вісі.

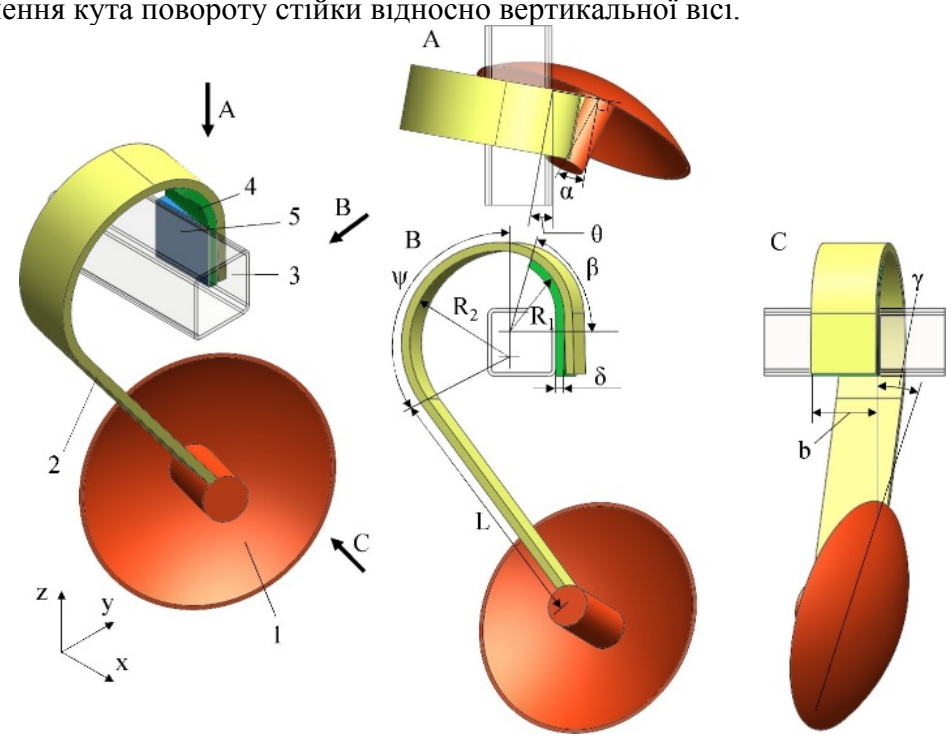


Рисунок 1 – Запропонований робочий орган дискатора на пружному стояку

Постановка задачі теоретичних досліджень використано результати попередніх досліджень [5]. При вирішенні задачі прийнято, що на диск діють проєкції сили опору ґрунтового середовища F_x, F_y, F_z і вага навантаження з боку рами грунтообробного знаряддя – F_p = 500 Н. Для аналітичного рішення, застосовано чисельне моделюванням в програмному пакеті SOLIDWORKS Simulation в режимі лінійної

динаміки випадкового коливання [6, 7]. Для демонстрації результатів приймнято наступні геометричні параметри дискового робочого органу на пружому стояку: R_1 = 80 мм; R_2 = 150 мм; L = 400 мм, δ = 10 мм, b = 90 мм. Кути атаки диска α = 15 °, укоса диска γ = 15 °, встановлення регулювальної пластина жорсткості β = 60 °, клиноподібної вставки θ = – 10 °, другого згину стояку ψ = 140 °. В програмному пакеті SOLIDWORKS Simulation складено відповідний фізико-математичний апарат, який оцінює пікову реакцію системи в стаціонарному стані на гармонійні навантаження. Проведений аналіз коливання стояка дозволив обрати критерії оцінки: значення максимальної абсолютної деформації стояка в місці кріплення диска ΔL_1 і частини рами знаряддя ΔL_2; значення максимальних напруженостей на вигинах стояка і регулятора жорсткості σ_{R2}, σ_{R1}; частоти власних коливань стояка в трьох напрямках ω_x, ω_y, ω_z; запропоновано проводили чисельне моделювання за трьома етапами: перший етап із конструктивними параметрами R_1 (60–140 мм), R_2 (120–200 мм), L (300–500 мм), ψ (100–160 °); другий етап із конструктивними параметрами b (80–130 мм), δ (8–16 мм); третій етап із конструктивними параметрами α (0–30 °), γ (0–30 °), β (10–50 °), θ (–10–10 °). За результатами чисельного моделювання в програмному пакеті SOLIDWORKS Simulation отримано візуалізацію зміни розподілу абсолютної деформації і напруженості пружного стояка з часом та його амплітудно-частотну характеристику коливання. В результаті обробки отриманих даних отримано залежності зміни значень максимальної абсолютної деформації пружного стояка в місці кріплення диска ΔL_1 і частини рами знаряддя ΔL_2 та максимальних напруженостей на вигинах стояка і регулятора жорсткості σ_{R2}, σ_{R1} від геометричних розмірів стояка R_1, R_2, L, ψ, b, δ , кутів атаки і укоса диска α, γ, кута встановлення регулювальної пластина жорсткості θ та кута другого згину стояка ψ та обґрунтувані раціональні параметри геометричних розмірів пружного стояка R_1 = 107 мм, R_2 = 152 мм, L = 421 мм, ψ = 125 °, b = 109 мм, δ = 14 мм та конструктивні параметри його розміщення у просторі α = 9,7 °, γ = 15 °, β = 31,8 °, θ = 5,2 °.

Список використаних джерел

1. Теслюк Г. В., Волик Б. А., Сокол С. П., Кобець О. М., Семенюта А. М. (2016). Ґрунтообробні агрегати на основі дискових робочих органів: монографія. ДДАЕУ. 144 с.
2. Шевченко І. А. (2016) Керування агрофізичним станом ґрунтового середовища. К.: Видавничий дім «Вініченко». 320 с.
3. Шевченко І. А. (2003). Обґрунтування технологій та технічних засобів для обробітку ґрунтів на базі їх агрофізичних показників. Дис… докт. техн. наук: 05.05.11. Таврійський державний агротехнологічний університет. 403 с.
4. Козаченко О. В., Бакум М. В., Волковський О. М., Крекот М. М. (2023). Патент України на корисну модель 153663. Дискатор. МПК (2023.01) A01B 23/00, A01B 23/06 (2006.01). Заявник: Державний біотехнологічний університет, № u 2023 00183. Заявл. 19.01.2023. Опубл. 09.08.2023, бюл. № 32.
5. Козаченко О. В., Сєдих К. В., Волковський О. М. (2020). Фізико-математична модель взаємодії диска з ґрунтом. Інженерія природокористування, 2 (16): 69–77. DOI: 10.37700/enm.2020.2(16). С. 69-77.
6. Алієв Е. Б. (2023). Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва: підручник. Київ: Аграрна наука, 340 с. ISBN 978-966-540-584-9. DOI: 10.31073/978-966-540-584-9.
7. Kobets A., Aliiev E., Tesliuk H., Aliieva O. (2023). Simulation of the interaction between the working bodies of tillage machines and the soil in Simcenter STAR-CCM+. Machinery & Energetics, 14 (1), 9–23. DOI: 10.31548/machinery/1.2023.09.

82. Грудовий Р.С., Жуковський Н.Р. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна. Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НАНЕСЕННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Сільськогосподарські машини працюють у складних виробничих умовах, які супроводжуються інтенсивним абразивним, корозійним і втомним зношуванням деталей. Під час експлуатації тракторів, комбайнів, ґрунтообробних, посівних і кормозаготівельних машин значна кількість поверхонь втрачає початкові геометричні розміри, точність посадок, шорсткість та міцнісні характеристики. Це призводить до зниження надійності техніки, збільшення простоїв, погіршення якості виконання технологічних операцій і підвищення собівартості виробництва продукції.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності ремонту є відновлення зношених деталей замість їх повної заміни. Такий підхід дозволяє істотно зменшити витрати матеріалів, енергії та

трудових ресурсів, а також скоротити строки технічного обслуговування. Серед різних способів відновлення важливе місце займає нанесення гальванічних покриттів, що базується на електрохімічному осадженні металу на поверхню деталі.

Гальванічні покриття набули поширення завдяки можливості точно регулювати товщину шару, отримувати рівномірне покриття, забезпечувати високу твердість, корозійну стійкість і зносостійкість поверхонь. Крім того, процес гальванічного осадження супроводжується відносно невеликим тепловим впливом на основу, що є важливою перевагою при відновленні деталей складної форми або термічно зміцнених елементів.

Відновлення деталей гальванічними методами ґрунтується на осадженні металу з електроліту під дією постійного електричного струму. Деталь, що підлягає відновленню, виконує роль катода, а аноди виготовляють із металу, який осаджується, або із нерозчинних матеріалів залежно від типу електроліту. У процесі електролізу іони металу переміщуються до поверхні деталі та утворюють суцільний металевий шар, який компенсує втрату розмірів, а в окремих випадках покращує експлуатаційні властивості поверхні.

Технологічний процес нанесення гальванічного покриття включає кілька взаємопов’язаних етапів, порушення яких призводить до зниження адгезії, появи пористості, тріщин, відшарування або нерівномірної товщини покриття. Першочергове значення має підготовка поверхні деталі. Зношену поверхню очищають від бруду, мастил, продуктів корозії, оксидних плівок і залишків старих покриттів. Для цього застосовують механічне очищення, шліфування, піскоструминну обробку, знежирення в лужних розчинах та травлення в кислотних середовищах. Якість очищення безпосередньо впливає на міцність зчеплення металевого шару з основою.

Після очищення і знежирення проводять контроль геометричних параметрів деталі, визначають фактичний знос, необхідну товщину покриття та припуски на подальшу механічну обробку. На практиці важливо враховувати, що гальванічний шар повинен не лише компенсувати втрату розмірів, а й забезпечувати достатній запас для шліфування або доведення до номінального розміру. При цьому надмірна товщина покриття є небажаною, оскільки підвищує тривалість процесу, збільшує внутрішні напруження у шарі та може погіршити його експлуатаційні властивості.

Однією з найпоширеніших технологій є хромування. Хромові покриття характеризуються високою твердістю, зносостійкістю, низьким коефіцієнтом тертя та добрими антикорозійними властивостями. Вони доцільні для відновлення шийок валів, штоків гідроциліндрів, плунжерів, втулок, посадочних поверхонь під підшипники та інших деталей, що працюють в умовах тертя ковзання або за наявності агресивного впливу зовнішнього середовища. Разом з тим хромування потребує точного дотримання температури електроліту, густини струму та тривалості осадження, оскільки ці параметри визначають мікротвердість, блиск, пористість і внутрішню напруженість покриття.

Під час відновлення зношених деталей сільськогосподарських машин також широко застосовують залізнення. Цей процес дає змогу отримати порівняно товсті шари металу за відносно високої продуктивності, що робить його вигідним для ремонту значної кількості типових деталей. Електролітичне залізо характеризується доброю оброблюваністю різанням, достатньою твердістю та міцністю зчеплення з основою. Перевагою залізнення є економічність і можливість нарощування істотних зносів, особливо на поверхнях валів, осей, посадочних шийок та деталей трансмісійних вузлів.

Нікелювання застосовують у випадках, коли потрібно підвищити корозійну стійкість поверхні, покращити її декоративний вигляд або створити проміжний підшар перед нанесенням інших металів. Нікелеві покриття мають високу щільність, добру рівномірність осадження і достатню твердість. У ремонтному виробництві їх можуть використовувати як самостійне покриття для деталей, що працюють у вологому середовищі, або як технологічний шар для забезпечення кращої адгезії багатошарових систем.

Міднення найчастіше використовується як проміжна операція при відновленні деталей, коли необхідно вирівняти поверхню, покращити електропровідність або забезпечити надійне зчеплення наступного шару. У деяких випадках мідні покриття застосовують для відновлення посадочних поверхонь із невеликими навантаженнями, проте через невисоку твердість вони рідше виступають як кінцевий експлуатаційний шар.

Суттєвим чинником, що визначає якість гальванічного покриття, є правильний вибір електроліту. Склад електроліту повинен забезпечувати стабільне осадження металу, високу катодну ефективність, мінімальну схильність до утворення пор, напливів, дендритів та інших дефектів. На якість осадження впливають концентрація солей металу, кислотність середовища, температура розчину, наявність

добавок, ступінь забруднення та інтенсивність перемішування. У ремонтній практиці важливим є систематичний контроль електроліту, оскільки накопичення домішок і продуктів побічних реакцій різко погіршує властивості покриття.

Важливе значення має і режим електролізу. Зі збільшенням густини струму підвищується швидкість осадження, однак надмірне її зростання може викликати перегрівання поверхні, появу грубокристалічної структури, підпалів і зниження міцності зчеплення. Недостатня густина струму, навпаки, зменшує продуктивність процесу та може спричинити утворення пухких або матових шарів. Температура електроліту також повинна підтримуватися в оптимальних межах, оскільки вона впливає на електропровідність розчину, швидкість масопереносу та структуру осадженого металу.

При відновленні деталей складної конфігурації особливу проблему становить нерівномірність розподілу струму по поверхні. Виступи, крайки, різкі переходи та торцеві ділянки отримують більшу густину струму, внаслідок чого на них осаджується товстіший шар металу, ніж у заглибленнях. Для компенсації цього явища застосовують екрани, додаткові аноди, спеціальні підвіски, ізолювання окремих ділянок та оптимізацію міжелектродної відстані. Такі заходи дозволяють покращити рівномірність покриття та зменшити витрати часу на подальшу механічну обробку.

Не менш важливою є проблема водневого насичення металу основи та покриття. У процесі електролітичного осадження, особливо при хромуванні, може відбуватися виділення водню, частина якого проникає в метал і викликає підвищення крихкості. Це явище особливо небезпечне для високоміцних сталей, пружних елементів і деталей, що працюють під циклічними навантаженнями. Для зменшення негативного впливу водню застосовують термічну обробку після покриття, оптимізують режими осадження та використовують відповідні технологічні добавки.

Після завершення гальванічного осадження деталі промивають, нейтралізують залишки електроліту, сушать і піддають контрольним операціям. Залежно від призначення деталі виконують шліфування, хонінгування, полірування або інші види фінішної обробки. Саме на цьому етапі формується остаточний розмір, шорсткість і точність посадки. Гальванічні покриття, особливо тверді хромові та залізні, дозволяють отримати поверхні з високою точністю, що є принципово важливим для прецизійних з’єднань.

Контроль якості відновлених деталей включає перевірку товщини покриття, адгезії, мікротвердості, пористості, зовнішнього вигляду та геометричних параметрів. У ряді випадків застосовують металографічний аналіз, випробування на зношування, корозійну стійкість і контактну втому. Для деталей сільськогосподарських машин, які експлуатуються в умовах підвищеної запиленості, вологи, контакту з добривами та агресивними речовинами, оцінка експлуатаційної надійності покриття має особливе значення.

Технологія нанесення гальванічних покриттів є особливо ефективною при відновленні валів коробок передач, осей важелів, пальців шарнірів, штоків гідроциліндрів, посадочних місць під підшипники, деталей паливної апаратури, елементів насосів і розподільників. Для кожної групи деталей необхідно враховувати характер зношування, матеріал основи, величину дефекту, допустиму товщину покриття та подальші умови роботи. Так, для деталей, що працюють за абразивного зношування, перевагу доцільно надавати твердим зносостійким покриттям, а для елементів, що контактують з вологою або хімічно активними речовинами, більшого значення набуває корозійна стійкість.

Порівняно з наплавленням і газотермічним напиленням гальванічні методи мають низку вагомих переваг. Вони забезпечують високу точність відновлення без значного нагрівання деталі, що зменшує ризик короблення, утворення термічних тріщин і зміни структури основного металу. Крім того, гальванічні покриття дозволяють відновлювати малі зноси, обробляти деталі складної форми і створювати поверхні з наперед заданими функціональними властивостями. Недоліками є тривалість окремих процесів, підвищені вимоги до чистоти виробництва, потреба в спеціальному обладнанні та необхідність дотримання екологічних і санітарних норм під час роботи з електролітами.

В умовах ремонтних підприємств агропромислового комплексу впровадження гальванічних технологій сприяє формуванню ресурсозберігаючої системи технічного сервісу. Відновлення деталей дозволяє зменшити залежність від постачання дорогих запасних частин, скоротити витрати на ремонт і підвищити коефіцієнт технічної готовності машин. Особливо актуальним це є для господарств, які експлуатують техніку тривалий час або працюють у складних логістичних умовах.

Гальванічні покриття є ефективним технологічним засобом відновлення зношених деталей сільськогосподарських машин, який дозволяє відновлювати геометричні розміри, покращувати зносостійкість, корозійну стійкість та довговічність робочих поверхонь. Найважливішими умовами

отримання якісного покриття є ретельна підготовка поверхні, правильний вибір виду покриття, стабільний склад електроліту, оптимальні режими електролізу та якісна фінішна обробка. Найпоширенішими видами покриттів при ремонті є хромування, залізнення, нікелювання та міднення, кожне з яких має свої технологічні переваги та сферу застосування. Використання гальванічних методів у ремонтній практиці забезпечує зменшення матеріальних витрат, підвищення ресурсу деталей і загальну ефективність технічного сервісу машинно-тракторного парку. Перспективним напрямом подальших досліджень є вдосконалення складу електролітів, підвищення екологічної безпеки процесів, розробка комбінованих покриттів і оптимізація режимів осадження для конкретних умов експлуатації деталей.

83. Савченко В.М., Куторженко С.І. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна. Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ДІАГНОСТУВАННЯ МАШИН У СИСТЕМІ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Діагностування машин у сучасній системі технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрних підприємств є одним із найважливіших напрямів забезпечення стабільної, безпечної та економічно доцільної експлуатації техніки. Умови функціонування сільськогосподарського виробництва вимагають високого рівня готовності тракторів, комбайнів, ґрунтообробних, посівних, кормозаготівельних, транспортних та інших машин до виконання значних обсягів робіт у чітко визначені агротехнічні строки. Будь-яке порушення працездатності техніки в період посіву, догляду за посівами або збирання врожаю спричиняє не лише прямі витрати на ремонт, а й призводить до зниження продуктивності, недобору врожаю, збільшення витрат пального, трудових ресурсів і часу. Саме тому в системі технічного сервісу аграрних підприємств дедалі більшого значення набуває не лише своєчасне технічне обслуговування, а й постійний контроль фактичного технічного стану машин на основі сучасних методів діагностування.

Значення технічної діагностики зростає у зв’язку з ускладненням конструкцій машин, зростанням рівня їх енергонасиченості, поширенням електронних систем керування та необхідністю підтримання високої надійності техніки за обмежених фінансових можливостей підприємств. У практиці експлуатації машинно-тракторного парку вже недостатньо орієнтуватися лише на встановлені міжсервісні інтервали або календарні строки проведення обслуговування. Одна й та сама машина в різних господарствах і навіть у межах одного підприємства може працювати в неоднакових навантажувальних режимах, на різних типах ґрунтів, за різного рівня пилового, температурного чи вологісного впливу. Тому регламентне технічне обслуговування без урахування реального технічного стану не завжди дає очікуваний результат. У таких умовах діагностування стає базовим інструментом об’єктивного оцінювання стану вузлів і агрегатів, виявлення відхилень у роботі систем та запобігання переходу незначних дефектів у складні відмови.

Під діагностуванням машин слід розуміти сукупність організаційних, технічних і аналітичних заходів, спрямованих на визначення технічного стану машини або її окремих складових без повного розбирання чи за мінімального втручання в конструкцію. Воно дає змогу встановити ступінь працездатності машини, рівень зношення окремих деталей, наявність прихованих несправностей, а також прогнозувати імовірність подальшої безвідмовної роботи. На відміну від візуального огляду, який часто має суб’єктивний характер, технічне діагностування ґрунтується на використанні діагностичних параметрів, які кількісно відображають фактичний стан машини. Це можуть бути значення тиску, температури, компресії, сили струму, напруги, частоти обертання, вібрації, витрати пального, герметичності систем, шумових характеристик та інших показників, зміна яких свідчить про розвиток дефектів або порушення робочого процесу.

У системі технічного сервісу машинно-тракторного парку діагностування виконує декілька важливих функцій. Насамперед воно є засобом оперативного контролю технічного стану машин у процесі їх експлуатації. Крім того, за його допомогою здійснюється обґрунтування строків і змісту технічного обслуговування, визначається потреба у поточному або капітальному ремонті, контролюється якість сервісних робіт після відновлення машин. Не менш важливою є прогностична функція діагностики, адже своєчасне виявлення тенденцій до погіршення параметрів дає змогу планувати ремонтні втручання до настання раптової відмови. Це особливо актуально в умовах

сезонного характеру використання техніки, коли навіть короткочасний простій у період пікових навантажень може мати суттєві виробничі наслідки.

Для аграрних підприємств проблема надійності машинно-тракторного парку має комплексний характер. З одного боку, у господарствах використовується техніка різних років випуску, різних виробників і різного технічного рівня. З іншого боку, рівень забезпечення запасними частинами, сервісними матеріалами та кваліфікованими фахівцями не завжди є достатнім. За таких умов рішення про ремонт або подальшу експлуатацію машини не може прийматися інтуїтивно. Воно повинно базуватися на достовірних даних про технічний стан конкретної машини. Саме тому діагностування виступає основою технічно обґрунтованого управління машинним парком. Воно дозволяє не лише визначати, яка машина потребує першочергового втручання, а й розподіляти ресурси сервісної служби більш раціонально, уникати зайвих витрат і підтримувати оптимальний рівень технічної готовності парку.

Особливо велике значення технічне діагностування має для двигунів внутрішнього згоряння, які є найбільш відповідальними і навантаженими агрегатами сільськогосподарських машин. У процесі експлуатації двигуна змінюються параметри циліндро-поршневої групи, газорозподільного механізму, паливної апаратури, системи змащування та охолодження. Ці зміни можуть тривалий час не призводити до повної відмови, але вже викликають перевитрату пального, зниження потужності, нестійку роботу, утруднений пуск, перегрів або надмірне димлення. Визначення компресії в циліндрах, тиску мастила, стану форсунок, частоти обертання колінчастого вала, температурних режимів і складу відпрацьованих газів дає змогу об’єктивно оцінити стан двигуна та прийняти рішення про доцільність регулювань, профілактичних заходів чи ремонту. Своєчасна діагностика двигуна дозволяє уникнути серйозних пошкоджень, які можуть виникати внаслідок несвоєчасного виявлення зношення або розрегулювання його систем.

Не менш важливим об’єктом діагностування є трансмісія тракторів і самохідних машин. У вузлах трансмісії під час роботи виникають значні динамічні навантаження, тертя, нагрівання, ударні впливи, що спричиняє поступове спрацювання зубчастих передач, підшипників, шліцьових з’єднань, муфт та інших елементів. Ознаками погіршення технічного стану можуть бути шуми, вібрації, підвищене нагрівання картерів, ускладнене перемикання передач, ривки під час руху, люфти або витікання мастила. Завдяки діагностичним методам можна встановити джерело цих явищ без повного розбирання агрегату, що істотно знижує трудомісткість контролю та скорочує час простою техніки. Для трансмісій особливо важливим є спостереження за динамікою зміни параметрів, оскільки поступове зростання шуму або вібрації часто є ранньою ознакою розвитку дефекту, який у майбутньому може спричинити відмову.

У системі технічного сервісу окремого значення набуває діагностування гідравлічних систем, які широко застосовуються у тракторах, навантажувачах, обприскувачах, посівних комплексах, ґрунтообробній та кормозаготівельній техніці. Робота гідросистем суттєво впливає на функціональну придатність машини, точність виконання операцій і загальну продуктивність агрегату. Порушення герметичності, зниження тиску, внутрішні витоки, зношення насосів, несправність розподільників або гідроциліндрів часто не призводять до миттєвого припинення роботи машини, але спричиняють зниження швидкодії, нестійкість руху робочих органів, перевитрати енергії та ускладнення керування. Саме тому контроль тиску, витрати робочої рідини, температури, чистоти мастила та часу спрацьовування механізмів є важливою частиною діагностичного процесу.

Діагностування електрообладнання та електронних систем сучасних машин має свою специфіку. Якщо техніка попередніх поколінь переважно вимагала контролю стану акумуляторів, генераторів, стартерів, освітлювальних і сигнальних приладів, то сучасні трактори та комбайни оснащуються складними блоками електронного керування, мережею датчиків, цифровими панелями приладів, системами автоматичного водіння, контролю висіву, норм внесення добрив, телематики та супутникової навігації. У таких умовах діагностування виходить за межі традиційних вимірювань і передбачає використання комп’ютерних сканерів, програмних засобів, зчитування кодів помилок, аналізу сигналів датчиків і перевірки електронних модулів у реальному часі. Це суттєво підвищує точність виявлення несправностей, проте водночас потребує вищої кваліфікації персоналу, наявності спеціалізованого обладнання та доступу до технічної документації виробників.

Важливим завданням діагностування є не лише встановлення факту несправності, а й визначення глибини її розвитку та можливих наслідків для роботи суміжних систем. У цьому полягає принципова перевага технічної діагностики над традиційним усуненням вже наявних відмов. Коли машина

ремонтується лише після очевидного виходу з ладу, підприємство стикається з аварійним простоєм, додатковими витратами та нерідко з пошкодженням інших вузлів. Натомість діагностичний підхід дозволяє виявити дефект на стадії його зародження, коли втручання ще є відносно простим, дешевим і не вимагає тривалого виведення машини з експлуатації. Саме ця профілактична спрямованість робить діагностування одним із найефективніших інструментів підвищення надійності машинно-тракторного парку.

У практиці аграрних підприємств доцільно поєднувати різні види діагностування залежно від виробничої ситуації. Передсезонне діагностування дозволяє оцінити готовність техніки до напружених періодів польових робіт і виявити приховані дефекти, що могли сформуватися під час зберігання. Поточне діагностування у процесі експлуатації забезпечує постійний контроль технічного стану машин, які задіяні у виробничому процесі. Післяремонтне діагностування необхідне для оцінювання якості відновлювальних робіт і підтвердження працездатності машини після технічного втручання. Оперативне діагностування при появі нетипових ознак у роботі техніки дозволяє швидко встановити джерело порушення і не допустити розвитку серйозної відмови. Такий підхід формує цілісну систему інформаційного супроводу експлуатації машин, у межах якої кожне діагностичне вимірювання має не одноразове, а накопичувальне значення.

В умовах сучасного аграрного виробництва особливої актуальності набуває перехід від планово-попереджувальної системи технічного обслуговування до системи обслуговування за фактичним технічним станом. Суть цього підходу полягає в тому, що рішення щодо обслуговування або ремонту приймаються не лише за напрацюванням чи календарем, а на основі реальних даних про стан агрегатів. Це дозволяє уникати передчасного виконання сервісних операцій, які ще не є необхідними, та водночас не допускати запізнення з ремонтом, коли дефект уже набув небезпечного характеру. Для аграрних підприємств такий підхід є особливо доцільним, оскільки машини працюють нерівномірно, із різним завантаженням та в різних умовах. Отже, універсальний регламент не може повною мірою враховувати індивідуальні особливості експлуатації кожної одиниці техніки.

Організація ефективного діагностування на аграрному підприємстві потребує відповідного матеріально-технічного та кадрового забезпечення. Великі господарства можуть створювати спеціалізовані діагностичні пости у складі ремонтно-обслуговуючих майстерень, оснащені компресометрами, манометрами, тестерами, мотор-тестерами, газоаналізаторами, тепловізорами, віброметрами, стендами для перевірки паливної апаратури та електрообладнання, а також комп’ютерними засобами контролю. Для підприємств із розосередженими виробничими підрозділами ефективним рішенням є використання пересувних сервісно-діагностичних засобів, які можуть проводити перевірку техніки безпосередньо на місці її роботи. Водночас навіть наявність сучасного обладнання не гарантує високої результативності діагностики без кваліфікованих фахівців, здатних правильно проводити вимірювання, інтерпретувати отримані дані та співвідносити їх із реальною поведінкою машини під навантаженням.

Особливої уваги потребує питання документування результатів діагностування. У багатьох господарствах результати перевірок фіксуються неповно або взагалі не накопичуються системно, що не дозволяє простежити історію технічного стану конкретної машини. Натомість формування електронної бази даних щодо параметрів роботи, виявлених дефектів, проведених регулювань, заміни вузлів і деталей дає можливість накопичувати цінну інформацію для аналізу надійності техніки, виявлення повторюваних несправностей, планування запасів деталей і підвищення обґрунтованості управлінських рішень. Така інформаційна база перетворює діагностування з окремої сервісної операції на інструмент стратегічного управління машинно-тракторним парком.

Економічний ефект від впровадження системного діагностування проявляється в декількох напрямах. Передусім скорочуються витрати на аварійні ремонти, які зазвичай є дорожчими через необхідність термінового втручання, складніші пошкодження та простої техніки. Крім того, знижується частка необґрунтованих розбирально-складальних робіт, які самі по собі можуть погіршувати технічний стан вузлів через порушення приробoтаних з’єднань. Завдяки діагностиці підвищується точність визначення обсягів ремонту, зменшуються перевитрати паливно-мастильних матеріалів, зростає коефіцієнт технічної готовності машин і стабільність виконання польових робіт. Важливо й те, що своєчасне виявлення дефектів дозволяє продовжити строк служби техніки, що має особливе значення в умовах обмежених можливостей оновлення машинного парку.

Суттєвий вплив на розвиток технічної діагностики мають цифрові технології, які поступово змінюють сам підхід до технічного сервісу. Сучасні машини дедалі частіше оснащуються датчиками,

бортовими комп'ютерами, телематичними модулями та системами дистанційної передачі даних. Це дає змогу отримувати інформацію про навантаження на двигун, витрати пального, робочі параметри гідросистем, температурні режими, коди помилок, місцезнаходження машини та інші показники в режимі, близькому до реального часу. У результаті діагностування перестає бути лише періодичною процедурою і перетворюється на безперервний моніторинг технічного стану. Такий підхід відкриває широкі перспективи для впровадження прогнозного сервісу, коли система не лише фіксує наявні відхилення, а й попереджає про імовірність виникнення відмови в майбутньому.

Разом із тим широке впровадження сучасного діагностування в аграрному секторі стримується низкою чинників. До них належать висока вартість спеціалізованого обладнання, обмежена доступність сервісного програмного забезпечення, потреба в системній підготовці кадрів, а також різнорідність наявного машинного парку, де поряд із новими цифровими машинами продовжують експлуатуватися технічні засоби попередніх поколінь. Однак навіть за таких умов поступове впровадження елементів діагностичного підходу є доцільним і необхідним. Уже базовий контроль основних параметрів двигуна, трансмісії, гідросистеми та електрообладнання здатний суттєво підвищити обґрунтованість технічного сервісу. У перспективі ж інтеграція класичних методів контролю з цифровими технологіями дозволить сформувати більш гнучку, адаптивну й економічно ефективну систему управління технічним станом машин.

Отже, діагностування машин у системі технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрних підприємств слід розглядати як одну з основних умов забезпечення високої технічної готовності, надійності та економічної ефективності експлуатації техніки. Воно забезпечує своєчасне виявлення несправностей, створює інформаційну основу для планування технічного обслуговування і ремонту, сприяє зменшенню аварійних простоїв, підвищує якість сервісних робіт і дозволяє більш раціонально використовувати матеріальні та фінансові ресурси господарства. У сучасних умовах діагностика перестає бути допоміжною процедурою і перетворюється на важливий елемент системи управління машинно-тракторним парком. Подальший розвиток цього напряму має бути пов'язаний із удосконаленням організації сервісу, розширенням застосування інструментальних і цифрових методів контролю, підготовкою фахівців нового рівня та переходом до обслуговування техніки за її фактичним технічним станом. Саме такий підхід найбільшою мірою відповідає сучасним вимогам аграрного виробництва та забезпечує стабільність функціонування технічної бази аграрних підприємств.

84. Дерев'янко Д.А. Клименко В.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ СОЄВИХ БОБІВ ЯК ПЕРЕДУМОВА ПІДВИЩЕННЯ ВИХОДУ ТА ЯКОСТІ СОЄВОГО МОЛОКА

Соєве молоко належить до найбільш поширених рослинних напоїв завдяки високому вмісту білка, наявності ізофлавонів та технологічній універсальності. Водночас його споживчі властивості значною мірою обмежуються типовим «бобовим» запахом, нестабільністю дисперсної системи, осадоутворенням і варіабельністю складу, що прямо пов'язано як з особливостями зерна, так і з режимами його попередньої підготовки. Огляди з технології соєвих напоїв підкреслюють, що якість сировини, спосіб обробки та умови зберігання визначають поживну цінність і сенсорні характеристики продукту не менше, ніж завершальні стадії пастеризації чи гомогенізації.

У традиційних схемах виробництва соєвого молока основними стадіями є замочування, мокре подрібнення, нагрівання та фільтрування. Проте сучасні дослідження показують, що найбільший резерв підвищення виходу білка і сухих речовин міститься саме в зоні передекстракційної підготовки бобів, оскільки вона впливає на ступінь гідратації тканин, руйнування клітинних структур, інтенсивність окиснення ліпідів, перебіг ферментативних реакцій та подальший розподіл компонентів між молоком і окарою.

Початковою умовою ефективної переробки є належна якість сировини. Для соєвих бобів істотними факторами під час зберігання й подальшого використання є вологість, вміст сторонніх домішок і ступінь гідролітичних змін жиру, що відображається, зокрема, у показнику вільних жирних кислот. Тому перед запуском у виробництво доцільно передбачати очищення, видалення металомагнітних домішок, калібрування за розміром, відбракування пошкоджених, недозрілих або уражених зерен, оскільки неоднорідна сировина ускладнює однакове набухання та знижує відтворюваність екстракції.

Очищення і сортування слід розглядати не як допоміжну, а як технологічно значущу операцію. Наявність пилу, часток оболонки, рослинних залишків і мінеральних домішок погіршує санітарний стан процесу, впливає на смак та колір молока і збільшує навантаження на подрібнювальне та фільтрувальне обладнання. Крім того, однорідність партії за крупністю важлива для формування близьких кінетичних параметрів водопоглинання, а отже — для стабільного розм’якшення зерна перед подрібненням.

Провідне місце в системі підготовки займає замочування, яке забезпечує гідратацію насінини, зниження міцності тканин і створення умов для ефективного мокрого подрібнення. У наукових оглядах підкреслюється, що замочування полегшує подальшу екстракцію поживних речовин, підвищує засвоюваність та зменшує частину антипоживних компонентів, а підвищення температури замочування в певних межах сприяє зростанню виходу твердих речовин у молоко. Водночас надмірно тривале замочування або порушення температурного режиму може посилювати вимивання розчинних компонентів у воду та погіршувати санітарний стан процесу.

Оптимізація замочування має спиратися на компроміс між повнотою гідратації та мінімізацією втрат сухих речовин. У практиці виробництва це означає доцільність переходу від надто довгого «пасивного» замочування до керованих режимів із контролем температури, тривалості та співвідношення зерно : вода. За даними окремих досліджень, попереднє бланшування може пластифікувати оболонку, прискорювати наступне водопоглинання та скорочувати потрібний час замочування, особливо за відносно низьких температур. Такий підхід є перспективним, оскільки одночасно зменшує початкове мікробне обсіменіння.

Окремої уваги заслуговує лущення соєвих бобів. Оболонка насіння характеризується підвищеним умістом клітковини та нижчим умістом білка і ліпідів порівняно з ядром, а її наявність обмежує масоперенесення під час екстракції. Дослідження показують, що використання дехульованої сировини полегшує вилучення соєвого білка та покращує якість продуктів переробки; крім того, відсутність оболонки зменшує надходження грубодисперсних часток у суспензію і сприяє формуванню м’якшої консистенції напою.

З технологічної точки зору лущення бажано проводити після часткового набухання або в поєднанні з короткочасною тепловою підготовкою, коли оболонка легше відокремлюється, а ядро менше травмується. Така послідовність дає змогу зменшити вміст нерозчинних баластних речовин у молоці, знизити інтенсивність забарвлення та поліпшити умови для тонкого подрібнення. Одночасно скорочується навантаження на фільтраційні операції, а втрата білка з окарою стає меншою.

Критично важливою стадією є гідротермічна обробка, насамперед бланшування, метою якого є інактивація ліпоксигенази та часткове зниження активності інгібіторів трипсину. Саме ліпоксигеназа каталізує окиснення ліпідів під час контакту подрібненого зерна з водою та киснем, унаслідок чого утворюються леткі сполуки, відповідальні за небажаний «трав’янисто-бобовий» аромат. У літературі бланшування в інтервалі приблизно 70–85 °C протягом від 0,5 до 10 хв описується як ефективний спосіб послаблення стороннього присмаку і часткового зниження трипсин-інгібуючої активності, а в окремому дослідженні для подальшої UHT-обробки були відібрані умови 80 °C протягом 2 хв як такі, що забезпечували відсутність гексаналю в продукті.

Разом із тим теплова підготовка не повинна бути надмірною. Надлишкове нагрівання може спричиняти денатурацію та агрегацію білків ще до стадії вилучення, що здатне знижувати їх розчинність, погіршувати фільтрування і провокувати осадоутворення в готовому напої. Тому удосконалення процесу передбачає не просто підвищення температури, а вибір такого режиму, який достатній для інактивації ферментів і антипоживних чинників, але не руйнує функціональні властивості білкової системи.

Наступною ланкою є мокре подрібнення, де формуються умови для переходу білків, олії та розчинних сухих речовин у водну фазу. Дослідження характеристик мокрого подрібнення показало, що розмір частинок істотно впливає на вилучення білка, а максимальний рівень його переходу в молоко в досліді досягав 89,3 %. Одночасно автори зафіксували, що температура та тривалість теплової обробки при «гарячій» екстракції впливали на білковий вихід і в’язкість, а колоїдний млин був перспективним для промислового використання.

Для практики це означає, що підготовка бобів має бути синхронізована з типом подрібнювального обладнання. Недостатньо гідратоване або неякісно лущене зерно потребує більших енерговитрат, дає грубіший помел і збільшує частку білка, що залишається в окарі. Навпаки, рівномірно замочені та попередньо оброблені боби легше руйнуються, формують дрібнішу дисперсію і

забезпечують кращий масообмін між твердою та рідкою фазами. Саме тому режими підготовки не можна оптимізувати у відриві від параметрів млина, гідромодуля і температури екстракції.

Важливою проблемою залишається формування небажаного аромату під час подрібнення. У роботах, присвячених мокрому помелу та ароматоутворенню, підкреслюється, що наявність води й кисню під час руйнування тканин активізує окиснення ліпідів; саме тому технології «гарячого» подрібнення, попереднього бланшування або швидкої ферментної інактивації мають помітний сенсорний ефект. Огляди також вказують, що теплова інактивація ліпоксигенази є одним із найпоширеніших способів покращення смаку соєвого молока.

Отже, удосконалений технологічний підхід до підготовки соєвих бобів доцільно будувати за такою логікою: приймання і контроль якості зерна; сухе очищення та сортування; миття; короткочасна гідротермічна обробка для часткової інактивації ферментів; кероване замочування; лущення; мокре подрібнення в умовах, що обмежують ферментативне окиснення; подальше фільтрування та остаточна теплова стабілізація. Перевага цієї схеми полягає в тому, що вона зменшує роль випадкових коливань окремих операцій і переводить процес у режим керованої підготовки сировини.

З позицій якості готового продукту така система забезпечує відразу кілька позитивних ефектів. По-перше, зростає вихід білка і сухих речовин у молоко завдяки кращому гідратаційному стану ядра та ефективнішому руйнуванню його структури під час помелу. По-друге, знижується інтенсивність небажаного запаху через інактивацію ліпоксигенази та зменшення утворення гексаналю й споріднених летких сполук. По-третє, поліпшується колоїдна стабільність напою внаслідок дрібнішої дисперсності й кращої розчинності білкових компонентів.

Не менш важливим є вплив підготовки на харчову цінність. Теплова обробка та замочування зменшують активність частини антипоживних факторів, зокрема трипсин-інгібуючих сполук, що підвищує біологічну повноцінність продукту. Разом з тим занадто інтенсивні режими можуть викликати небажані зміни білків, тому вдосконалення процесу має спиратися на принцип достатності: стільки тепла і води, скільки потрібно для гідратації, ферментної інактивації та екстракції, але без невиправданих втрат поживних речовин.

Перспективними напрямами подальшого розвитку технології є використання інтенсифікувальних методів на стадії підготовки — ультразвуку, імпульсних електричних полів та комбінованих схем екстракції. За даними сучасних робіт, такі підходи можуть покращувати вилучення білків, жирів та сухих речовин, сприяти зменшенню розміру частинок і покращувати фізичну стабільність напою. Проте їх промислове впровадження доцільне лише після оптимізації базових операцій підготовки зерна, оскільки без правильно організованих очищення, замочування й лущення навіть інноваційні методи не дають максимального ефекту.

Удосконалення технологічного процесу підготовки соєвих бобів є однією з головних передумов підвищення виходу та якості соєвого молока. Найбільш значущими операціями є очищення і сортування сировини, кероване замочування, лущення та раціональна гідротермічна обробка перед мокрим подрібненням. Саме узгодження цих стадій дає змогу підвищити вилучення білка і сухих речовин, послабити «бобовий» присмак, зменшити вміст антипоживних компонентів і покращити стабільність готового напою.

Науково й технологічно обґрунтована система підготовки соєвих бобів повинна базуватися не на окремих локальних удосконаленнях, а на комплексній оптимізації всього передекстракційного блоку. Для виробництва це означає перехід до регламентованих режимів підготовки сировини з контролем гідратації, температури, стану оболонки та дисперсності помелу. Саме такий підхід створює підґрунтя для одержання соєвого молока з високими споживчими властивостями та прогнозованою якістю.

85. Савченко В.М., Макаревич В.Л. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Хоменко С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРОКІВ СІВБИ ТА НОРМ ВИСІВУ ГРЕЧКИ ЯК СКЛАДОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Гречка належить до важливих круп’яних культур, які мають значну продовольчу, агротехнічну та економічну цінність. Вона відзначається високими поживними властивостями зерна, відносно коротким вегетаційним періодом, здатністю формувати врожай у різних ґрунтово-кліматичних умовах та важливою роллю у сівозмінах. Разом із тим гречка є культурою, яка дуже чутливо реагує на умови вирощування, особливо на початкових етапах органогенезу. Саме тому успіх її вирощування значною

мірою залежить від правильного вибору строків сівби та норм висіву, які виступають одними з найважливіших складових технологічного процесу. Від цих параметрів залежить повнота сходів, рівномірність формування агрофітоценозу, інтенсивність росту і розвитку рослин, особливості проходження генеративних фаз та кінцева врожайність культури. У сучасних умовах господарювання питання оптимізації строків сівби та норм висіву гречки набуває особливого значення, оскільки зміни клімату, коливання весняних температур, нерівномірність зволоження та зростання вимог до економічної ефективності виробництва потребують більш гнучкого і науково обґрунтованого підходу до технології вирощування.

Біологічні особливості гречки значною мірою визначають її вимоги до умов сівби. Насіння культури починає проростати за відносно невисокої температури, однак для отримання дружних і вирівняних сходів необхідне достатнє прогрівання ґрунту в посівному шарі. Рослини гречки є досить чутливими до пізніх весняних приморозків, а також до надмірно високих температур у період цвітіння та запліднення. Водночас культура характеризується тривалим періодом цвітіння, нерівномірністю достигання та здатністю частково компенсувати густоту стояння за рахунок галуження і формування додаткових генеративних органів. Саме ці біологічні властивості пояснюють, чому строки сівби і норми висіву не можуть визначатися формально, лише за календарними датами або типовими середніми рекомендаціями. Для кожного господарства, а нерідко і для кожного окремого поля, вони повинні уточнюватися з урахуванням температурного режиму, запасів вологи, особливостей ґрунту, рівня засміченості, сортових характеристик та способу сівби.

Строк сівби є одним із головних факторів, що визначає стартовий розвиток посіву. За надто ранньої сівби, коли ґрунт ще недостатньо прогрітий, насіння проростає повільно, а сходи з’являються нерівномірно. У таких умовах збільшується тривалість перебування насіння в ґрунті, підвищується ризик його ураження патогенами, а також зростає небезпека пошкодження молодих рослин поворотними холодами. Ослаблені та зріджені сходи втрачають конкурентоспроможність щодо бур’янів, що ускладнює подальший догляд за посівами та негативно впливає на формування майбутнього врожаю. Крім того, за ранньої сівби темпи росту на початкових етапах можуть бути уповільненими, а це призводить до розтягування періоду проходження фенологічних фаз і подовження загального циклу розвитку рослин.

Надто пізня сівба також несе низку ризиків. У цьому випадку гречка часто потрапляє у фази бутонізації, цвітіння і формування зерна в умовах підвищених температур та дефіциту ґрунтової вологи. Відомо, що саме період цвітіння є одним із найвідповідальніших у формуванні врожайності культури, оскільки від активності процесів запилення та запліднення залежить кількість повноцінно сформованих плодів. За спеки і суховіїв знижується життєздатність пилку, скорочується тривалість функціонування квіток, зменшується активність комах-запилювачів, унаслідок чого значна частина зав’язі абортує. У результаті навіть добре розвинені рослини не реалізують свій продуктивний потенціал, а зерно формується щуплим, знижуються його технологічні якості та маса 1000 зерен. Пізні посіви нерідко характеризуються меншою дружністю дозрівання, що ускладнює організацію збирання і підвищує втрати врожаю.

Оптимальні строки сівби гречки повинні забезпечувати таке поєднання зовнішніх умов, за якого насіння швидко проростає, сходи з’являються дружно, а найбільш чутливі фази розвитку не збігаються з дією екстремальних температурних і водних стресів. Практичне значення має не стільки календарна дата, скільки реальний стан ґрунту і повітряного середовища. Температура ґрунту на глибині загортання насіння, запаси продуктивної вологи в орному шарі, рівень фізичної стиглості ґрунту та прогноз подальшого розвитку погодних умов є тими показниками, на які слід орієнтуватися при визначенні моменту початку сівби. Для гречки надзвичайно важливо, щоб на початковому етапі розвитку рослини не відчували дефіциту тепла, а пізніше, під час цвітіння, були максимально убезпечені від дії високих температур і посухи. Саме тому правильно обраний строк сівби дозволяє не лише забезпечити кращі сходи, а й створити передумови для повноцінного проходження всього циклу розвитку культури.

Норма висіву є не менш важливим технологічним параметром, оскільки вона формує густоту стояння рослин і визначає характер внутрішньовидової конкуренції в посіві. Гречка належить до культур, які здатні досить помітно змінювати свою індивідуальну продуктивність залежно від площі живлення. За недостатньої густоти рослини формують більше бічних пагонів, утворюють більшу кількість суцвіть і мають змогу краще використовувати світло, вологу та поживні речовини. Проте така компенсаційна здатність має певні межі. Якщо густота надто низька, загальна кількість продуктивних рослин на одиниці площі виявляється недостатньою для отримання високого врожаю. Крім того, у

зріджених посівах погіршується затінення поверхні ґрунту, посилюється випаровування вологи, зростає забур'яненість, а формування врожаю стає нерівномірним. Таким чином, занижена норма висіву не забезпечує повноцінного використання продуктивного потенціалу поля.

Завищена норма висіву також не є ефективною. За надмірного загущення рослини посилено конкурують між собою за основні фактори життя. У них зменшується площа живлення, послаблюється галуження, знижується кількість суцвіть та погіршується освітленість нижніх ярусів. Такі рослини формують менш розвинену кореневу систему, стають більш чутливими до нестачі вологи, а за певних умов можуть бути схильними до вилягання. Внаслідок цього зменшується кількість повноцінних плодів, погіршується налив зерна, а продуктивність окремої рослини істотно падає. У ряді випадків висока початкова густота не лише не забезпечує зростання врожайності, а й спричиняє її зниження через надмірне загущення агрофітоценозу. Отже, оптимальна норма висіву повинна забезпечити таку густоту стояння, за якої досягається раціональне поєднання кількості рослин на площі з індивідуальною продуктивністю кожної з них.

Важливо наголосити, що строки сівби та норми висіву перебувають у тісному взаємозв'язку. За ранніх строків сівби, коли існує певний ризик зниження польової схожості внаслідок недостатнього прогрівання ґрунту або впливу несприятливих погодних факторів, може виникати потреба в коригуванні норми висіву у бік збільшення. Це дозволяє частково компенсувати можливе зрідження посіву і забезпечити належну густоту рослин після появи сходів. Натомість за пізніших строків сівби, коли рослини мають скорочений період для формування вегетативної маси, надмірне загущення стає особливо небажаним, оскільки посилює конкуренцію і обмежує галуження. У такій ситуації надмірно висока норма висіву може ще більше погіршити умови розвитку рослин і знизити ефективність використання вологи та поживних речовин. Саме тому обидва параметри повинні розглядатися не ізольовано, а у взаємозалежності, як єдина система регулювання просторової організації посіву та адаптації культури до конкретних умов року.

Значний вплив на вибір оптимальної норми висіву має спосіб сівби. За звичайного рядкового способу формується більш рівномірне розміщення рослин по площі, однак площа живлення окремої рослини є відносно обмеженою, тому надмірне загущення тут особливо небажане. За широкорядної сівби рослини мають більше простору для галуження, краще освітлюються і часто формують вищу індивідуальну продуктивність. У таких умовах допустимим є дещо зменшення норми висіву порівняно зі звичайною рядковою сівбою. Разом із тим широкорядні посіви потребують кращої культури землеробства, ретельнішого контролю бур'янів та якісного міжрядного обробітку. Тому вибір норми висіву повинен враховувати не лише біологічні особливості культури, а й технічні можливості господарства, тип посівної техніки, рівномірність висіву та можливість забезпечення якісного догляду за посівами протягом вегетації.

Не менш важливе значення мають сортові особливості гречки. Сорти можуть істотно різнитися за висотою рослин, інтенсивністю галуження, тривалістю вегетаційного періоду, реакцією на фотоперіод, стійкістю до вилягання та адаптивністю до стресових умов. Сорти з високою здатністю до галуження краще компенсують меншу густоту стояння, тому можуть ефективніше реалізовувати продуктивний потенціал за помірно знижених норм висіву. Натомість форми з компактнішим габітусом і слабшим галуженням вимагають точнішого дотримання оптимальної густоти. Крім того, ранньостиглі та середньостиглі сорти можуть по-різному реагувати на строки сівби, оскільки мають різні темпи проходження фенологічних фаз. У зв'язку з цим адаптація технології повинна базуватися на чіткому врахуванні сортової специфіки, а універсальні рекомендації без урахування генетичних особливостей сорту не завжди забезпечують високий виробничий ефект.

Ґрунтово-кліматичні умови зони вирощування безпосередньо визначають ефективність того чи іншого поєднання строків сівби та норм висіву. На легких супіщаних і піщаних ґрунтах посівний шар навесні швидше прогрівається, однак і швидше втрачає вологу, тому тут особливо важливо не допустити запізнення із сівбою. На важких суглинкових ґрунтах, навпаки, прогрівання відбувається повільніше, і передчасна сівба може призвести до повільної появи сходів та нерівномірності розвитку рослин. У районах недостатнього зволоження особливу увагу слід приділяти максимальному використанню весняних запасів вологи та уникненню збігу фази цвітіння з літньою спекою. У зонах більш стабільного зволоження важливішим стає забезпечення рівномірності сходів, стримування надмірного вегетативного росту та отримання дружнішого дозрівання. Таким чином, регіональні особливості природного середовища є одним із ключових критеріїв оптимізації технологічних параметрів сівби.

Суттєвий вплив на результативність сівби має передпосівний стан ґрунту. Якісно підготовлене посівне ложе забезпечує рівномірну глибину загортання насіння, добрий контакт насіння з ґрунтом та дружну появу сходів. За недостатнього вирівнювання поверхні поля, надмірної грудкуватості, пересушення верхнього шару або, навпаки, його перезволоження навіть правильно визначені строки сівби і норма висіву не забезпечать очікуваного результату. Особливе значення має збереження дрібногрудочкуватої структури верхнього шару ґрунту та запобігання втратам вологи до моменту сівби. Оскільки насіння гречки порівняно невелике, воно потребує акуратного загортання на оптимальну глибину, що повинна відповідати стану ґрунту та його вологості. Надто глибоке загортання затримує появу сходів, а надто мілке підвищує ризик пересихання насіння в посівному шарі. Відтак оптимізація строків сівби та норм висіву повинна поєднуватися з високою якістю передпосівного обробітку та чітким дотриманням технічних параметрів сівби.

Окремої уваги заслуговує вплив густоти посіву на формування структури врожаю. Відомо, що врожайність гречки є результатом складної взаємодії кількості рослин на одиниці площі, ступеня їх галуження, кількості суцвіть, числа виповнених зерен на рослині та маси 1000 зерен. За зрідженого стояння кожна рослина зазвичай формує більше бічних пагонів і суцвіть, але сумарна кількість продуктивних стебел на площі залишається низькою. За надмірної густоти зростає кількість рослин на одиниці площі, але різко знижується продуктивність кожної з них. Найвищий результат досягається тоді, коли густота стояння забезпечує достатню кількість рослин і водночас не пригнічує їх здатність до формування повноцінних генеративних органів. Саме тому оптимальна норма висіву повинна розглядатися як інструмент управління структурою врожаю, а не просто як норма витрати посівного матеріалу.

Економічне значення оптимізації строків сівби та норм висіву є надзвичайно важливим у сучасних умовах. Насіння гречки, добрива, паливно-мастильні матеріали, засоби захисту рослин і технічне забезпечення формують значну частку собівартості продукції, тому будь-які технологічні помилки, пов’язані з невиправдано завищеною нормою висіву або вибором невдалого строку сівби, неминуче призводять до економічних втрат. Раціонально обрана норма висіву дозволяє уникнути перевитрати насіння без ризику зрідження посіву, а правильно визначений строк сівби сприяє ефективнішому використанню природної вологи та потенціалу сорту. Крім того, оптимізований агрофітоценоз краще пригнічує бур’яни, рівномірніше дозріває та менше ускладнює організацію збирання. У підсумку підвищується не лише біологічна врожайність культури, а й економічна віддача кожного гектара посіву.

У сучасному землеробстві, де погодні умови стають дедалі менш передбачуваними, все більшого значення набуває адаптивний підхід до встановлення строків сівби та норм висіву. Якщо раніше агротехнічні рішення часто базувалися на багаторічних усереднених даних, то нині така практика не завжди є достатньо ефективною. Весняні періоди можуть істотно відрізнятися між собою за темпами прогрівання ґрунту, кількістю опадів, частотою похолодань та характером подальшого літнього теплового режиму. За таких умов агроному необхідно орієнтуватися на оперативний моніторинг температури ґрунту, вологості посівного шару, короткострокові погодні прогнози та фактичний стан поля. Гнучке коригування строків сівби та норм висіву залежно від ситуації конкретного року дозволяє знизити ризики і стабілізувати врожайність гречки навіть за нестійких погодних умов.

Не можна також ігнорувати роль запилення у формуванні продуктивності гречки. Ця культура значною мірою залежить від активності комах-запилювачів, а тому агротехнічні умови, створені під час сівби, мають вплив і на подальшу ефективність запилення. Надмірно загущені посіви можуть формувати менш сприятливий мікроклімат усередині стеблостою, а неправильно обраний строк сівби може призвести до того, що період масового цвітіння збігатиметься з несприятливими умовами для льоту бджіл та інших комах. У разі ж оптимального поєднання строку сівби, густоти стояння та погодних умов створюються кращі передумови для активного запилення, вищої зав’язуваності плодів і повнішого наливу зерна. Це ще раз підтверджує, що технологічні рішення на початковому етапі вирощування мають довготривалий вплив на всі подальші етапи формування врожаю.

Оптимізація строків сівби та норм висіву тісно пов’язана і з системою удобрення. За достатнього забезпечення рослин елементами живлення вони здатні краще реалізувати потенціал продуктивності навіть за дещо підвищеної густоти. Водночас за обмеженого мінерального живлення надмірне загущення посіву різко посилює конкуренцію між рослинами та негативно впливає на структуру врожаю. Особливо чутливо гречка реагує на дисбаланс поживного режиму в поєднанні зі стресовими погодними умовами. Тому визначення норми висіву повинно враховувати не лише біологічні та

кліматичні фактори, а й агрохімічний стан ґрунту та рівень ресурсного забезпечення господарства. Лише у комплексі з іншими елементами технології цей показник здатний забезпечити максимальний ефект.

Важливо підкреслити, що правильна оптимізація строків сівби і норм висіву не повинна розглядатися як разове технічне рішення. Це постійний процес удосконалення технології, який базується на аналізі попереднього досвіду, виробничих спостереженнях, результатах польових досліджень та особливостях конкретного року. Для отримання стабільно високих урожаїв необхідно вести систематичний облік польової схожості, густоти рослин після сходів, рівня забур'яненості, тривалості проходження фенологічних фаз, умов цвітіння та показників структури врожаю. Саме зіставлення цих даних із фактичними строками сівби та використаними нормами висіву дозволяє уточнювати технологічні параметри та підвищувати їхню ефективність у майбутньому. Таким чином, оптимізація набуває характеру науково обґрунтованого управління агрофітоценозом, а не механічного дотримання загальних рекомендацій.

Отже, строки сівби та норми висіву гречки є базовими елементами технологічного процесу, від яких безпосередньо залежить успішність вирощування культури. Саме вони визначають умови проростання насіння, формування повноцінного стеблостою, здатність рослин ефективно використовувати вологу, світло і поживні речовини, а також можливість реалізації біологічного потенціалу сорту. Надто рання або запізніла сівба, так само як і необґрунтоване зменшення чи збільшення норми висіву, призводять до порушення структури врожаю, зниження продуктивності посівів та погіршення економічних результатів виробництва. Найвищої ефективності можна досягти лише за умови адаптивного підходу, коли строки сівби і норми висіву встановлюються з урахуванням температури ґрунту, запасів продуктивної вологи, способу сівби, сортових властивостей, агрофону та конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Саме така система дає змогу сформувати високопродуктивний агрофітоценоз гречки, забезпечити стабільний урожай зерна та підвищити загальну ефективність технології її вирощування.

86. Дерев'янко Д.А., Хіміч О.А. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Хоменко С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЯК ЕКОЛОГІЧНА СКЛАДОВА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІКИ

У сучасних умовах розвитку машиновикористання питання раціонального використання паливо-мастильних матеріалів набуває особливої актуальності. Це пояснюється тим, що експлуатація будь-якої техніки, незалежно від її галузевого призначення, пов'язана з інтенсивним використанням енергетичних ресурсів і значним впливом на навколишнє середовище. Паливо є основним джерелом енергії для функціонування машин, а мастильні матеріали забезпечують зменшення тертя, зношування, нагрівання та передчасного виходу з ладу вузлів і агрегатів. Проте саме ці матеріали за неправильного використання можуть стати вагомим чинником забруднення довкілля. Тому екологічно відповідальна експлуатація техніки неможлива без належної організації обліку, зберігання, використання та утилізації паливо-мастильних матеріалів.

Проблема раціонального використання ПММ має комплексний характер. Вона охоплює технічні, організаційні, економічні та екологічні аспекти. З одного боку, паливо й мастила визначають працездатність техніки, стабільність виконання технологічних операцій і рівень виробничих витрат. З іншого боку, саме від якості цих матеріалів, правильності їх добору та дотримання режимів застосування залежить обсяг викидів продуктів згоряння, токсичність відпрацьованих газів, кількість небезпечних відходів і рівень техногенного навантаження на довкілля. У практиці експлуатації техніки часто простежується тенденція розглядати паливо й мастила лише як витратні матеріали, однак такий підхід є спрощеним. Насправді вони виступають важливим елементом екологічної безпеки виробництва.

Раціональне використання паливо-мастильних матеріалів передбачає насамперед зменшення непродуктивних витрат пального. У значній кількості випадків перевитрати виникають не через об'єктивну необхідність, а внаслідок технічної несправності машин, порушення регулювань паливної апаратури, недосконалих режимів роботи двигуна, тривалих простоїв на холостому ходу, перевантаження машин або неправильної організації технологічного процесу. Кожен додатково витрачений літр пального означає не лише економічні втрати, а й зростання кількості викидів

вуглекислого газу, оксидів азоту, оксиду вуглецю, вуглеводнів та твердих частинок. Саме тому скорочення питомої витрати пального слід розглядати не лише як резерв енергозбереження, а і як реальний захід екологізації технічної експлуатації.

Особливе значення має технічний стан двигуна та паливної системи. Двигун, що працює з порушенням регулювань, зношеними форсунками, засміченими фільтрами або несправними елементами системи подачі повітря, споживає більше пального і водночас утворює більш токсичний вихлоп. Неякісне згоряння паливної суміші знижує ККД двигуна, підвищує нагароутворення, прискорює спрацювання деталей циліндро-поршневої групи та погіршує загальну екологічну характеристику машини. За таких умов технічне обслуговування виступає не лише заходом забезпечення працездатності, а й важливою умовою зменшення шкідливого впливу техніки на атмосферне повітря. Своєчасна діагностика та регулювання паливної апаратури дозволяють стабілізувати процес згоряння пального та знизити рівень токсичних викидів.

Не менш важливою є роль мастильних матеріалів у системі екологічно безпечної експлуатації техніки. Мастила виконують цілу низку функцій: зменшують коефіцієнт тертя, відводять тепло від поверхонь тертя, захищають деталі від корозії, ущільнюють зазори та виносять продукти зношування із зони контакту. Якщо мастильний матеріал підібрано неправильно або його фізико-хімічні властивості не відповідають умовам роботи агрегату, відбувається посилення тертя, підвищення температури, інтенсифікація спрацювання деталей і збільшення витрат енергії на подолання внутрішніх опорів. У результаті підвищується витрата пального, скорочується ресурс техніки та зростає обсяг відходів, пов’язаних із передчасною заміною деталей і мастил. Отже, правильний вибір мастильних матеріалів є вагомим чинником не лише технічної надійності, а й екологічної доцільності експлуатації машин.

Раціональне використання мастильних матеріалів неможливе без дотримання вимог до їх зберігання та використання. Забруднення олив пилом, вологою, механічними домішками або змішування різних марок мастил різко знижує їх експлуатаційні властивості. У результаті мастильна система втрачає ефективність, а деталі працюють у режимах, що прискорюють спрацювання і потребують додаткових енерговитрат. Крім того, зіпсовані або забруднені мастильні матеріали швидше втрачають придатність, а отже, збільшується кількість відпрацьованих нафтопродуктів, які потребують спеціального поводження. Саме тому належне зберігання ПММ у герметичних ємностях, унеможливлення потрапляння сторонніх домішок і суворе дотримання правил транспортування мають важливе екологічне значення.

Суттєвим резервом раціонального використання пального є вдосконалення режимів роботи техніки. Багато машин працюють у змінних навантажувальних умовах, і неправильний вибір режиму призводить до перевитрат енергії. Для тракторів, автомобілів, комбайнів, навантажувачів та іншої мобільної техніки велике значення має оптимізація швидкісних режимів, недопущення зайвих пробігів, зниження тривалості роботи на холостому ходу, правильне агрегатування та раціональне планування маршрутів руху. Для стаціонарних машин важливими є рівномірність навантаження, своєчасне очищення систем охолодження та змащування, а також недопущення режимів перевантаження. Усі ці заходи безпосередньо впливають на скорочення витрат пального, а отже, і на зменшення екологічного навантаження.

Окрему проблему становлять витоки паливо-мастильних матеріалів під час експлуатації техніки. Навіть незначні підтікання палива, моторних або гідравлічних олив у місцях з’єднань, через ущільнення, сальники, тріщини в трубопроводах чи несправну арматуру в сукупності можуть спричиняти суттєві втрати ресурсів. Водночас ці витоки часто потрапляють безпосередньо на ґрунт, дорожнє покриття або виробничі майданчики, а згодом змиваються атмосферними опадами у водойми та дренажні системи. У результаті формується локальне хімічне забруднення, яке негативно впливає на ґрунтову мікрофлору, рослинність і водні екосистеми. Саме тому герметичність систем живлення, мащення та гідроприводу повинна розглядатися як обов’язковий елемент екологічно безпечної експлуатації техніки.

Серйозні екологічні ризики пов’язані також із відпрацьованими оливами та мастильними матеріалами. У процесі експлуатації вони накопичують продукти старіння, окиснення, згоряння, метали зношування, механічні домішки та інші шкідливі компоненти. Через це відпрацьовані мастильні матеріали не можна розглядати як звичайні виробничі відходи. Їх неправильне зливання на ґрунт, у каналізацію або несанкціоноване спалювання завдає значної шкоди довкіллю. Організація збору, тимчасового зберігання, транспортування та передавання відпрацьованих олив на регенерацію або спеціалізовану утилізацію є важливою складовою екологічної політики підприємства. Раціональне

використання ПММ у цьому аспекті означає не лише економне витрачання, а й повний контроль за подальшою долею відпрацьованих продуктів.

У сільськогосподарському виробництві проблема раціонального використання ПММ набуває особливої гостроти. Це зумовлено великою кількістю мобільної техніки, її роботою на значних площах, сезонним характером навантаження, складністю оперативного контролю та високою часткою польових умов експлуатації. У таких обставинах будь-які відхилення в організації заправлення, обліку витрат пального, технічного обслуговування чи контролю за станом агрегатів можуть призводити до істотних перевитрат і забруднення довкілля. Для аграрних підприємств важливою є організація польових заправних пунктів із дотриманням екологічних вимог, використання справних ємностей для пального, недопущення проливів під час заправлення, регулярний контроль за станом паливної апаратури та систем мащення машинно-тракторного парку. Такий підхід дозволяє поєднати виробничу ефективність із вимогами природоохоронної безпеки.

Значну роль у забезпеченні раціонального використання ПММ відіграє облік і нормування. Без точного контролю за рухом паливно-мастильних ресурсів неможливо об’єктивно оцінити рівень їх використання, виявити причини перевитрат та своєчасно вжити коригувальних заходів. Нормування витрат пального повинно базуватися на реальних умовах експлуатації техніки, характері виконуваних робіт, технічному стані машин, дорожніх і кліматичних умовах. Облік дозволяє не лише вести економічний контроль, а й формувати екологічну відповідальність персоналу. Коли витрати ПММ стають прозорими та підконтрольними, зменшується імовірність необґрунтованих втрат, підвищується дисципліна експлуатації та формується більш раціональне ставлення до використання ресурсів.

Важливою умовою екологічно доцільного використання ПММ є підготовка та відповідальність обслуговуючого персоналу. Навіть за наявності технічно справної машини перевитрати пального можуть виникати через неправильні дії оператора, водія або механізатора. Агресивний стиль керування, різкі розгони та гальмування, порушення режимів навантаження, недотримання температурних режимів прогрівання двигуна, несвоєчасне виявлення підтікань та несправностей істотно погіршують як економічні, так і екологічні показники роботи техніки. Саме тому питання раціонального використання паливо-мастильних матеріалів слід включати до системи професійної підготовки персоналу. Формування у працівників екологічної культури експлуатації техніки має не менше значення, ніж технічне оснащення виробництва.

Раціональне використання ПММ також пов’язане з використанням сучасних засобів контролю й моніторингу. На багатьох підприємствах дедалі ширше застосовуються електронні системи обліку витрати пального, датчики рівня у баках, телематичні системи, GPS-моніторинг руху машин, програмне забезпечення для аналізу навантаження та продуктивності техніки. Такі рішення дають змогу виявляти нераціональні режими експлуатації, фіксувати непродуктивні простої, контролювати фактичну витрату пального та оперативно знаходити причини відхилень. У результаті підприємство отримує інструменти не лише для підвищення економічної ефективності, а й для зменшення екологічного сліду технічної діяльності. Технологічна цифровізація управління ПММ стає одним із перспективних напрямів екологізації машиновикористання.

Необхідно підкреслити і зв’язок раціонального використання ПММ із ресурсозбереженням. Коли паливо та мастила використовуються обґрунтовано, зменшується потреба у видобутку, транспортуванні, переробці та постачанні нафтових ресурсів. Це означає, що позитивний екологічний ефект проявляється не лише на етапі безпосередньої експлуатації техніки, а й у ширшому ресурсному циклі. Зниження загального обсягу споживання нафтопродуктів сприяє економії природних ресурсів, зменшенню вуглецевого навантаження та формуванню більш сталих виробничих систем. Таким чином, раціональне використання ПММ виходить за межі локального питання технічного обслуговування і стає частиною загальної стратегії сталого розвитку.

У сучасних умовах особливого значення набуває також питання використання якісних палив і мастильних матеріалів. Низькоякісне паливо погіршує процес згоряння, сприяє утворенню відкладень, знижує потужність двигуна і підвищує токсичність вихлопу. Неякісні мастильні матеріали, у свою чергу, втрачають стабільність властивостей, гірше виконують захисні функції і можуть викликати прискорене зношування вузлів. У результаті виникає подвійний негативний ефект: погіршується технічний стан машин і збільшується екологічне навантаження. Саме тому підприємства повинні приділяти увагу контролю якості ПММ, дотриманню рекомендацій виробників техніки та використанню сертифікованих матеріалів.

Раціональне використання паливо-мастильних матеріалів слід розглядати і в контексті продовження строку служби техніки. Зменшення інтенсивності зношування вузлів, стабільна робота агрегатів, менша кількість відмов і поломок означають, що машина довше зберігає працездатність і не потребує передчасної заміни. Це має екологічне значення, оскільки виробництво нових машин, запасних частин, технічних рідин і комплектуючих також супроводжується використанням енергії, сировини та формуванням промислових викидів. Таким чином, якісне мащення і правильне використання ПММ опосередковано сприяють зниженню екологічного навантаження через збільшення довговічності техніки.

Важливим напрямом удосконалення системи використання ПММ є створення на підприємствах внутрішніх регламентів екологічно безпечного поводження з ними. Такі регламенти повинні охоплювати порядок приймання, зберігання, видачі та обліку пального й мастил, вимоги до стану складів і заправних пунктів, правила ліквідації аварійних розливів, порядок збору відпрацьованих олив, відповідальність посадових осіб та інструктаж персоналу. Наявність чіткої системи організації робіт дає змогу мінімізувати людський фактор, зменшити ризики втрат і забезпечити більш високий рівень екологічної дисципліни.

Отже, раціональне використання паливо-мастильних матеріалів є важливою екологічною складовою експлуатації техніки. Воно охоплює не лише питання економії пального й мастил, а й підтримання технічно справного стану машин, оптимізацію режимів роботи, профілактику витоків, контроль якості ПММ, правильне поводження з відпрацьованими матеріалами та підвищення культури експлуатації. Саме комплексний підхід до управління паливо-мастильними матеріалами забезпечує зменшення шкідливого впливу техніки на атмосферу, ґрунти й водні ресурси, сприяє зниженню собівартості робіт і підвищенню довговічності машин. У сучасних умовах екологізації виробництва та посилення вимог до ресурсозбереження раціональне використання ПММ має розглядатися як один із базових принципів ефективної й відповідальної експлуатації техніки.

87. Деревянко Д.А. Горай І.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Федорсук А.О. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМОСУМІШЕЙ ДЛЯ ГОДІВЛІ КРОЛІВ

Кролівництво належить до тих галузей тваринництва, де саме якість корму найшвидше відображається на виробничому результаті. Висока інтенсивність росту молодняку, короткий відтворний цикл, значна чутливість до порушень травлення та відносно низька помилка, допустима у формуванні раціону, зумовлюють потребу в особливо точному обґрунтуванні складу кормосумішей. На відміну від багатьох інших видів сільськогосподарських тварин, кролі гостро реагують як на дефіцит структурної клітковини, так і на надмірний вміст крохмалю або незбалансованого протеїну. Саме тому сучасний підхід до складання концентрованих сумішей повинен спиратися на фізіологію сліпокишкової ферментації, цекотрофію, вікові потреби та технологію згодовування корму.

Наукове обґрунтування рецептури починається з урахування фізіологічної групи тварин. За даними MSD Veterinary Manual, для кролів на підтриманні достатнім є близько 12% загального протеїну, для росту й відгодівлі – 16%, для сукрільних самок – 15%, а для лактуючих – 17%; вміст жиру має становити приблизно 1,5–2% у тварин на підтриманні, 2–4% у молодняку на рості, 2–3% у період сукрільності й 2,5–3,5% під час лактації. Уміст клітковини також варіює: 14–20% для підтримання, 14–16% для росту та сукрільності і 12–14% для лактації. Це означає, що одна універсальна суміш для всіх виробничих груп може застосовуватися лише як компромісне рішення, тоді як спеціалізовані рецептури дають вищу продуктивність і кращу збереженість поголів’я.

Особливість кроля як травоїдної тварини полягає в тому, що клітковина виконує не просто роль наповнювача, а є ключовим регулятором моторики травного тракту, швидкості пасажу хімусу та стабільності мікробіоценозу сліпої кишки. У великому огляді T. Gidenne зазначено, що для зниження ризику післявідлучних травних розладів у раціонах молодняку необхідний мінімальний рівень ADF близько 18% і лігніну понад 5%, а співвідношення перетравної клітковини до ADF бажано утримувати нижче 1,3. FAO також наголошує, що коли частка неперетравної клітковини падає нижче 10% раціону, різко зростає ризик тяжких діарей, однак і надмірне огрублення корму небажане, бо воно знижує енергетичну цінність суміші. Отже, обґрунтований комбікорм для кролів має включати не будь-яку клітковину, а саме таку, що одночасно забезпечує структурність, помірну ферментованість і нормальну роботу кишечника.

Протеїнове живлення кролів також не може оцінюватися лише за валовим показником сирого протеїну. FAO прямо вказує, що для росту вирішальне значення має не тільки загальний уміст білка, а і забезпеченість незамінними амінокислотами. Для молодняку рекомендована наявність у раціоні щонайменше близько 0,6% лізину та сірковмісних амінокислот і не менше 0,8% аргініну, а для відгодівельних кролів 15–16% сирого протеїну за доброї амінокислотної збалансованості вважається достатнім рівнем. Для маточного поголів'я, особливо в лактації, потреба підвищується до 17–18% протеїну, оскільки синтез молока потребує інтенсивного білкового та мінерального обміну. Таким чином, білковий блок кормосуміші слід добирати не за принципом максимального вмісту шроту, а за принципом амінокислотної повноцінності.

Разом із цим надлишок протеїну також не є оптимальним. Дослідження Birolo та співавт. показало, що у швидкорослих кросів кролів раціони з нижчим умістом сирого протеїну на рівні близько 144 г/кг за достатнього забезпечення енергією не погіршували показників росту, конверсії корму та тушкових ознак, водночас сприяючи зменшенню азотного навантаження. Практичне значення цього висновку полягає в тому, що рецептуру кормосуміші потрібно оптимізувати не тільки для приростів, а й для економії дорогих білкових компонентів та зниження виділення азоту з екскрементами. Для господарства це означає менші витрати на білкову сировину та кращі санітарно-екологічні умови утримання.

Енергетична поживність концентрованої кормосуміші повинна забезпечувати інтенсивний ріст, але не створювати ризику кишкових дисфункцій. FAO вказує, що коли енергетична цінність раціону знижується нижче приблизно 2200 ккал перетравної енергії на 1 кг, продуктивність починає погіршуватися. Однак підвищення енергії за рахунок крохмалистих компонентів також має межі доцільності. У статті Yang та співавт. підкреслено, що заміщення частини крохмалю перетравною клітковиною може покращувати стан сліпокишкового вмісту й мікробіоти, а за наявності в раціоні щонайменше 18% ADF часткове заміщення крохмалю на перетравні волокна вважається виправданим. Отже, зернові інгредієнти в кормосуміші для кролів повинні виступати джерелом енергії, але не витісняти клітковинний каркас раціону.

Саме тому у складі концентрованих кормосумішей для кролів доцільно поєднувати дві групи вуглеводних компонентів: крохмалисті зернові корми та джерела перетравної клітковини. Ячмінь і овес є технологічно зручними та досить безпечними енергетичними компонентами, тоді як пшениця і кукурудза потребують стриманішого введення через вищу частку швидкодоступного крохмалю. Як джерела перетравної клітковини доцільно використовувати пшеничні висівки, сухий буряковий жом та інші побічні продукти, багаті на геміцелюлози й пектини. У роботі Yang та співавт. показано, що вуглеводна частина раціону, побудована з урахуванням співвідношення перетравної клітковини до крохмалю, впливає не лише на фізіологію травлення, а й на якість самих гранул, їхню міцність та кількість крихти. Це особливо важливо для комбікормового виробництва, де стабільність гранул є не менш значущою, ніж хімічний склад.

Під час обґрунтування конкретних інгредієнтів особливе місце посідає люцернове борошно. За даними Merck Veterinary Manual, раціони, що містять не менше 30% люцернового борошна, зазвичай забезпечують достатній рівень вітаміну A. Крім того, люцерна одночасно є джерелом протеїну, кальцію, каротиноїдів і структурних волокон, тому в комбікормі для молодняку та лактуючих самок вона виконує одразу кілька функцій. Водночас надмірне і тривале використання люцернових раціонів для дорослих некормлячих тварин небажане, оскільки високий рівень кальцію може сприяти утворенню кальцієвих відкладень у сечовивідних шляхах; Merck рекомендує для нелактуючих дорослих кролів знижувати рівень кальцію до 0,4–0,5% раціону. Це ще раз підтверджує, що склад концентрованої суміші повинен бути диференційованим залежно від призначення поголів'я.

Мінеральне живлення у кролів тісно пов'язане з фазою продуктивного циклу. FAO підкреслює, що потреба в кальції та фосфорі у лактуючих самок істотно вища, ніж у молодняку, оскільки значні кількості мінералів переходять у молоко; у період повної лактації самка переносить у молоко 7–8 г мінеральних речовин за добу, і приблизно чверть із цієї кількості становить кальцій. Якщо комбікорм дефіцитний за кальцієм і фосфором, лактуючі самки змушені мобілізувати власні кісткові резерви, але ці резерви обмежені, тому довготривала експлуатація такого поголів'я стає проблематичною. Звідси випливає необхідність обов'язкового введення до рецептури крейди, монокальційфосфату або інших мінеральних компонентів, а також точного контролю кальцієво-фосфорного співвідношення.

Вітамінне забезпечення також має враховувати особливості травлення кролів. За даними Merck, вітаміни A, D та E обов'язково повинні надходити з кормом, тоді як вітаміни групи B та вітамін K у

значній мірі синтезуються кишковою мікрофлорою і повторно використовуються завдяки цекотрофії. У FAO вказано, що для швидкорослих тварин може бути корисним додаткове введення окремих водорозчинних вітамінів, зокрема B1, B2, B6 та ніацину. Практично це означає, що навіть за наявності якісної основної сировини концентрована кормосуміш для інтенсивного виробництва повинна містити повноцінний премікс, оскільки саме він забезпечує стабільність поживності, страхує від коливань складу сировини і зменшує ризик прихованих гіповітамінозів.

З урахуванням наведених наукових положень для молодняку кролів на відгодівлі можна запропонувати таку орієнтовну структуру концентрованої гранульованої кормосуміші: 28–35% люцернового борошна, 15–22% пшеничних висівок, 12–18% ячменю, 8–12% вівса, 8–12% пшениці або кукурудзи в обмеженій частці, 10–14% соняшникового чи соєвого шроту, 6–10% сухого бурякового жому, 1–2% рослинної олії, 0,8–1,2% кормової крейди, 0,5–0,8% фосфатної добавки, 0,3–0,5% кухонної солі та 0,5–1,0% преміксу. Така схема дозволяє вийти на цільові показники близько 15,5–16,5% сирого протеїну, 14–16% клітковини і помірну енергетичну насиченість, якщо фактичний хімічний склад сировини відповідає середнім значенням. Для лактуючих самок доцільно підвищувати частку білкових і мінеральних компонентів та не допускати дефіциту кальцію. Це не готовий універсальний стандарт, а модель рецептури, яку слід коригувати за лабораторним аналізом інгредієнтів.

Не менш важливим елементом обґрунтування є технологія виготовлення корму. FAO зазначає, що кролі погано переносять запилені борошнисті суміші, тому після змішування компонентів доцільно проводити гранулювання. Оптимальний діаметр гранул для звичайних кормів становить близько 3–4 мм, а довжина – 8–10 мм; надмірно великі гранули підвищують втрати корму. Merck також вказує, що саме гранульовані раціони забезпечують добру поживність і технологічну зручність, а дослідження Yang та співавт. доводить, що склад вуглеводної частини корму впливає ще й на стійкість гранул до руйнування. Тому науково обґрунтована кормосуміш для кролів – це не лише хімічно збалансована формула, а й технологічно правильно підготовлений гранульований продукт.

З виробничої точки зору доцільність збалансованої концентрованої кормосуміші полягає у поєднанні біологічної ефективності та економічної окупності. FAO зазначає, що для невеликих кролеферм універсальний змішаний корм може бути виправданим як компроміс між потребами молодняку і лактуючих самок, але в господарствах більшого масштабу доцільно використовувати принаймні дві спеціалізовані суміші: одну для маточного поголів'я, другу – для молодняку на рості. Такий підхід зменшує перевитрати дорогих компонентів, дозволяє краще контролювати стан травлення у різних вікових групах і підвищує технологічну дисципліну годівлі. Саме тому питання складу кормосуміші треба розглядати не лише як елемент рецептури, а як частину всієї системи організації кролівничого виробництва.

Отже, обґрунтування складу концентрованих кормосумішей для годівлі кролів повинно базуватися на поєднанні кількох принципів: відповідності фізіологічній групі тварин, достатнього, але не надлишкового рівня протеїну, обов'язкової наявності структурної та перетравної клітковини, помірного вмісту крохмалю, адекватного мінерально-вітамінного забезпечення та придатності суміші до гранулювання. Для молодняку найбільш доцільними є рецептури з близько 16% протеїну і 14–16% клітковини, а для лактуючих самок – із підвищеним рівнем протеїну та мінералів. Основа таких кормосумішей має формуватися з люцернового борошна, висівок, зернових компонентів, бурякового жому, білкових шротів і преміксів. Саме збалансована за структурою, а не просто концентрована за поживністю суміш забезпечує стабільний ріст, високу збереженість молодняку, ефективну лактацію та економічну результативність кролівництва.

88. Грудовий Р.С. Кравченко А.Ю. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
Руденко В.Г. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна

ВПЛИВ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

Сучасний розвиток тваринництва неможливий без удосконалення кормової бази та підвищення ефективності використання кормових ресурсів. У структурі витрат на виробництво продукції тваринництва корми займають найбільшу частку, тому саме рівень їхньої поживності, доступності та раціонального використання значною мірою визначає економічні результати господарства. Особливе місце в системі годівлі сільськогосподарських тварин належить концентрованим кормам, які є важливим джерелом енергії, протеїну, мінеральних речовин і вітамінів.

Концентровані корми застосовують для покриття дефіциту поживних речовин у раціонах, що формуються на основі грубих, соковитих і зелених кормів. Їх використання особливо важливе у високопродуктивному тваринництві, де організм тварин потребує значної кількості легкоперетравної енергії та пластичних речовин. За допомогою концентратів можна суттєво підвищити молочну продуктивність корів, інтенсивність росту молодняку, відгодівельні показники свиней, несучість птиці та якість отриманої продукції.

Водночас ефективність використання концентрованих кормів залежить від багатьох чинників: їхнього складу, ступеня подрібнення, способу підготовки до згодовування, співвідношення з іншими компонентами раціону та відповідності фізіологічному стану тварин. Надмірне або незбалансоване використання концентратів може призводити до порушення обміну речовин, погіршення здоров'я тварин і зростання собівартості продукції. Саме тому дослідження впливу концентрованих кормів на ефективність виробництва продукції тваринництва є важливим як у науковому, так і у практичному аспектах.

Концентровані корми являють собою групу кормових засобів, які характеризуються високим вмістом поживних речовин при відносно низькому вмісті вологи і клітковини. До них належать зерно злакових і зернобобових культур, висівки, шроти, макуха, комбікорми, білково-вітамінно-мінеральні добавки та інші продукти переробки рослинної сировини. Їхня висока енергетична цінність і добра перетравність роблять їх незамінними компонентами раціонів для тварин із високим рівнем продуктивності.

Однією з головних переваг концентрованих кормів є здатність швидко забезпечувати організм тварини доступною енергією. Це особливо важливо у молочному скотарстві, оскільки синтез молока потребує значних енергетичних витрат. При нестачі енергії в раціоні знижується молочна продуктивність, погіршуються відтворні функції, збільшується період відновлення після отелення. Уведення до раціону оптимальної кількості концентратів сприяє стабілізації лактаційної кривої, підвищенню добових надоїв і поліпшенню вмісту білка в молоці.

У відгодівлі великої рогатої худоби концентровані корми відіграють важливу роль у забезпеченні інтенсивного приросту живої маси. Високий уміст крохмалю, протеїну та інших поживних речовин у концентрованих кормах забезпечує активізацію обмінних процесів, сприяє кращому використанню поживних речовин основного раціону та скорочує тривалість відгодівлі. Це дозволяє отримувати більші прирости живої маси за коротший період і знижувати витрати кормів на одиницю продукції.

У свинарстві значення концентрованих кормів є ще більш вираженим, оскільки свині належать до тварин із однокамерним шлунком і мають обмежену здатність перетравлювати грубі корми. Саме тому основу їхнього раціону становлять зернові компоненти, білкові добавки та комбікорми. Якісні концентровані корми забезпечують інтенсивний ріст молодняку, високу скоростиглість, добру конверсію корму та отримання м'ясної продукції належної якості. При цьому важливого значення набуває збалансування раціонів за амінокислотами, мінеральними речовинами та вітамінами.

У птахівництві концентровані корми фактично є основою годівлі, оскільки саме вони здатні задовольнити високу потребу птиці у поживних речовинах при відносно малому об'ємі споживання корму. Від складу концентрованих кормів залежать прирости бройлерів, несучість курей, маса яєць, міцність шкаралупи та загальна життєздатність птиці. Використання повнораціонних комбікормів, збалансованих за енергією, сирим протеїном, кальцієм, фосфором, лізином, метіоніном і вітамінами, дозволяє досягати високих виробничих результатів.

Важливою умовою ефективного використання концентрованих кормів є їхня якість. Низькоякісне зерно, уражене грибами, забруднене домішками або таке, що зберігалося з порушенням технологічних вимог, може не лише знижувати продуктивність тварин, а й викликати серйозні порушення їхнього здоров'я. Тому при організації годівлі необхідно приділяти увагу контролю вологості, чистоти, вмісту токсичних речовин і мікотоксинів у кормовій сировині. Від якості концентратів безпосередньо залежить їхня поживна цінність і безпечність.

Суттєвий вплив на результативність використання концентрованих кормів має також технологія їх підготовки до згодовування. Подрібнення зерна, плющення, екструдування, гранулювання, змішування з іншими компонентами раціону сприяють підвищенню засвоюваності поживних речовин. Разом із тим надмірно дрібний помел може негативно позначатися на функціонуванні травної системи, особливо у жуйних тварин. Отже, вибір технологічного способу обробки кормів повинен здійснюватися з урахуванням виду тварин, їхнього віку та напряму продуктивності.

Ефективність концентрованих кормів проявляється не тільки у збільшенні валового обсягу продукції, а й у покращенні її якості. У молочному скотарстві за збалансованої годівлі покращується вміст жиру та білка в молоці. У м'ясному тваринництві підвищується інтенсивність росту м'язової тканини, формується бажаний рівень вгодованості, поліпшуються забійні показники. У птахівництві збалансовані концентровані корми позитивно впливають на масу яєць, колір жовтка, якість м'яса та збереженість поголів'я.

Разом з позитивним впливом слід враховувати і ризики надмірного використання концентрованих кормів. У раціонах жуйних надлишок концентратів при нестачі структурної клітковини може спричинювати ацидоз рубця, зниження жуйки, погіршення перетравності кормів та інші метаболічні порушення. У свиней і птиці дисбаланс між енергією та протеїном може призводити до нераціонального використання поживних речовин, ожиріння або зниження темпів росту. Тому для досягнення високої ефективності важливо не просто збільшувати частку концентратів, а науково обґрунтовувати їхню норму у складі повноцінного раціону.

З економічної точки зору концентровані корми є одночасно і важливим фактором інтенсифікації виробництва, і вагомою статтею витрат. Їхня вартість зазвичай є вищою порівняно з грубими та соковитими кормами, тому господарства повинні прагнути до максимально раціонального використання кожного кілограма концентратів. Економічна доцільність їх застосування визначається рівнем приросту продуктивності, зменшенням витрат корму на одиницю продукції та зниженням питомих витрат праці й часу на виробничий цикл.

Раціональна система використання концентрованих кормів передбачає їхнє поєднання з об'ємними кормами високої якості. У скотарстві це означає, що концентрати повинні доповнювати раціони на основі сінажу, силосу, сіна, зеленої маси та інших кормів, а не повністю їх замінювати. Такий підхід дозволяє зберігати нормальне функціонування травної системи, покращувати використання поживних речовин та зменшувати ризики захворювань. У свинарстві та птахівництві основна увага приділяється точному балансуванню рецептур комбікормів залежно від віку, маси тіла та виробничого призначення тварин.

В умовах сучасного тваринництва дедалі більшого значення набуває застосування повнораціонних комбікормів і кормосумішей, виготовлених із використанням концентрованих компонентів. Такі корми дають можливість забезпечити точне дозування поживних речовин, стабільність раціонів і спрощення організації годівлі. Їх застосування особливо ефективне на великих промислових комплексах, де автоматизація процесів годівлі сприяє зменшенню втрат кормів і підвищенню виробничої дисципліни.

Не менш важливим є питання використання місцевої сировини для виробництва концентрованих кормів. Вирощування зернових і зернобобових культур у господарстві або регіоні дозволяє знижувати залежність від зовнішніх постачальників, скорочувати логістичні витрати та формувати більш стійку кормову базу. Використання власного зерна, сої, гороху, люпину та побічних продуктів переробки сільськогосподарської продукції може бути економічно вигідним за умови належного аналізу поживності та коригування рецептур.

Ефективність виробництва продукції тваринництва значною мірою пов'язана з рівнем конверсії корму. Концентровані корми, особливо у складі збалансованих комбікормів, сприяють кращому перетворенню поживних речовин корму в молоко, м'ясо чи яйця. Це означає, що на одиницю продукції витрачається менше кормів, знижується собівартість виробництва та підвищується конкурентоспроможність господарства. Однак досягнення такого ефекту можливе лише за умови точного нормування та дотримання технологічної дисципліни.

Значний вплив концентрованих кормів простежується і на відтворну здатність тварин. За недостатнього забезпечення енергією та протеїном спостерігається погіршення заплідненості, збільшення сервіс-періоду, народження слабкого приплоду та інші негативні явища. Оптимізація годівлі за рахунок концентратів дозволяє підвищити фізіологічну повноцінність раціонів, підтримати нормальний перебіг репродуктивних процесів і забезпечити кращу збереженість молодняку.

Слід також враховувати екологічний аспект використання концентрованих кормів. Нераціональне введення надлишкових доз протеїну або мінеральних добавок призводить до збільшення виведення азоту і фосфору з організму тварин, що може посилювати антропогенне навантаження на довкілля. Збалансована годівля дозволяє не лише підвищити продуктивність, а й зменшити втрати поживних речовин у навколишнє середовище. Отже, ефективне використання концентратів є важливою умовою екологізації сучасного тваринництва.

У практиці господарювання доцільно використовувати диференційований підхід до згодовування концентрованих кормів. Для високопродуктивних груп тварин норми концентратів повинні бути вищими, тоді як для тварин із нижчим рівнем продуктивності їхня частка може бути обмежена без шкоди для виробничих показників. Такий підхід дає можливість більш раціонально розподіляти дорогі кормові ресурси та підвищувати загальну економічну віддачу кормовиробництва.

Отже, концентровані корми є одним із ключових чинників інтенсифікації тваринництва. Вони забезпечують високу продуктивність, стабільність виробничих процесів, покращення якості продукції та підвищення рентабельності галузі. Водночас їх застосування потребує науково обґрунтованого підходу, постійного контролю якості, збалансування раціонів і врахування біологічних особливостей тварин.

Концентровані корми мають визначальний вплив на ефективність виробництва продукції тваринництва, оскільки є основним джерелом легкодоступної енергії, протеїну та інших поживних речовин, необхідних для реалізації генетичного потенціалу продуктивності тварин. Їх застосування сприяє підвищенню надоїв, приростів живої маси, несучості, покращенню якості молока, м’яса та яєць, а також зниженню витрат кормів на одиницю продукції.

Висока ефективність концентрованих кормів досягається лише за умови їх раціонального використання у складі збалансованих раціонів. Надмірне або безсистемне введення концентратів може зумовити метаболічні порушення, перевитрати дорогих кормів і зниження економічної доцільності виробництва. Тому важливими умовами є контроль якості кормової сировини, оптимальна технологія підготовки до згодовування, точне нормування та врахування виду, віку і продуктивного стану тварин.

Перспективи підвищення ефективності тваринництва пов’язані з удосконаленням рецептур комбікормів, ширшим використанням місцевих кормових ресурсів, автоматизацією процесів годівлі та впровадженням сучасних підходів до оцінки поживності кормів. Саме комплексний підхід до використання концентрованих кормів забезпечує не лише зростання обсягів продукції, а й підвищення економічної та екологічної стійкості тваринницьких підприємств.

89. Грудовий Р.С., Креденцер В.Г. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Пеценко А.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ

Цукрові буряки є однією з найважливіших технічних культур, від ефективності вирощування та збирання якої значною мірою залежить стабільність сировинної бази цукрової промисловості. Висока врожайність і цукристість коренеплодів не гарантують одержання очікуваного економічного результату, якщо під час збирання виникають значні втрати маси, забруднення вороху, механічні пошкодження або погіршення технологічних показників сировини. Саме тому етап збирання є завершальною, але надзвичайно відповідальною ланкою всієї технології вирощування. У цей період поєднуються агротехнічні, технічні, організаційні та природно-кліматичні чинники, що визначають кінцевий результат виробництва.

На відміну від багатьох інших польових культур, цукрові буряки формують урожай у ґрунті, а тому процес їх збирання безпосередньо залежить від фізичного стану ґрунтового середовища. Будь-яка зміна вологості, щільності, структури чи несучої здатності ґрунту одразу позначається на роботі викопувальних органів, систем очищення, транспортних механізмів і ходової частини машин. Крім того, на якість виконання збиральних робіт суттєво впливають температура повітря, інтенсивність опадів, тривалість бездощового періоду, імовірність ранніх заморозків та загальний характер осінньої погоди. Тому технологія збирання цукрових буряків не може бути сталою для всіх умов, а повинна коригуватися відповідно до фактичного стану поля та прогнозованих погодних ризиків.

Особливість сучасного збирання цукрових буряків полягає в тому, що воно виконується високопродуктивними самохідними або причіпними бурякозбиральними машинами, які поєднують кілька операцій у єдиному технологічному циклі. До цих операцій належать зрізування гички, доочищення головки коренеплоду, підкопування, витягування коренів із ґрунту, первинне очищення від домішок, завантаження у бункер або транспортний засіб. Якість виконання кожної з цих операцій залежить від налаштування робочих органів і від того, наскільки точно вони узгоджені з умовами конкретного поля. Навіть незначне відхилення від оптимальних параметрів може призвести до додаткових втрат, особливо в складних ґрунтово-кліматичних умовах.

Одним із найважливіших чинників, що визначає перебіг збирального процесу, є вологість ґрунту. За надмірного зволоження ґрунт набуває підвищеної липкості, що ускладнює відокремлення коренеплодів від ґрунтової маси. У таких умовах на поверхні буряків залишається значна кількість налиплого ґрунту, знижується ефективність очищувальних органів, збільшується маса вороху, що транспортується, і зростають витрати енергії на збирання. Крім того, підвищена вологість зменшує несучу здатність поля, через що важкі бурякозбиральні машини й транспортні засоби спричиняють глибокі колії, пробуксовування та ущільнення орного шару. Такі умови не лише погіршують якість збирання, а й негативно впливають на подальший обробіток ґрунту та формування врожаю наступних культур.

На важких глинистих і суглинкових ґрунтах проблема перезволоження проявляється особливо різко. Такі ґрунти повільніше віддають вологу, довше залишаються пластичними після дощів і характеризуються підвищеним опором робочим органам машин. Унаслідок цього копачі працюють у нестабільному режимі, очисні транспортери перевантажуються, а буряки частіше зазнають тертя, ударів і стискання. За таких умов оператор змушений зменшувати швидкість руху агрегату, що знижує продуктивність збирання і подовжує строки виконання робіт. Якщо ж роботи ведуться без зниження швидкості, виникає небезпека різкого збільшення пошкоджень коренеплодів та втрат у полі.

На відміну від важких ґрунтів, легкі супіщані та структурні чорноземні ґрунти зазвичай забезпечують кращі умови для механізованого збирання. Вони легше кришаться, менше налипають на поверхню коренеплодів і робочих органів, що сприяє ефективнішому очищенню вороху. Проте за тривалого бездощового періоду навіть такі ґрунти можуть пересихати, ущільнюватися і створювати труднощі для викопування коренеплодів. Пересушений ґрунт збільшує опір підкопуванню, особливо якщо утворюється щільна кірка або тверді грудки. У цьому випадку можливе часткове обрізання нижньої частини кореня, обламування хвостика, а також неповне витягування коренеплоду із ґрунту.

Стан ґрунту безпосередньо пов’язаний із правильністю встановлення глибини ходу викопувальних органів. Якщо глибина недостатня, частина кореня може залишатися в ґрунті, що призводить до прямих кількісних втрат урожаю. Якщо ж заглиблення надмірне, збільшується захоплення ґрунтової маси, навантаження на робочі органи та витрати енергії, а також підвищується забрудненість вороху. Тому в різних ґрунтових умовах глибина підкопування повинна коригуватися з урахуванням форми коренеплодів, глибини їх залягання, твердості ґрунту та фактичної вологості. Вирішальне значення тут має не формальне дотримання нормативного параметра, а його оперативне пристосування до польової ситуації.

Не менш важливим є режим роботи систем очищення коренеплодів від ґрунтових домішок і рослинних решток. На перезволожених ґрунтах очищення ускладнюється через злипання частинок ґрунту, тому інколи виникає спокуса підвищити інтенсивність очищувального впливу. Однак надмірно жорсткий режим роботи турбін, вальців, транспортерів чи інших очисних елементів може спричинити поверхневе пошкодження коренів, утворення тріщин, ударних вм’ятин і зрізів. Це погіршує не лише зовнішній вигляд сировини, а й її фізіолого-біохімічний стан. Через пошкодження посилюється дихання тканин, активізуються мікробіологічні процеси, збільшуються втрати цукру при зберіганні та погіршується переробна придатність коренеплодів.

У сухих умовах очищення вороху, як правило, відбувається легше, однак зростає інший ризик — механічне травмування коренеплодів внаслідок ударної взаємодії з жорсткими грудками ґрунту, металевими елементами машин і транспортних механізмів. Пересушений коренеплід, особливо сформований у стресових умовах вегетації, може мати нижчу стійкість до ударів і стирання. У таких випадках пошкодження можуть бути не завжди помітними зовні, але вони негативно впливають на збереженість буряків у кагатах і сприяють підвищенню втрат цукристої речовини. Це свідчить про те, що оптимальне збирання полягає не в максимальному очищенні будь-якою ціною, а в досягненні збалансованого режиму, за якого забезпечується прийнятна чистота вороху при мінімальному травмуванні коренеплодів.

Важливим складником технології є правильне видалення гички та доочищення головки коренеплоду. Якщо зрізування виконується занадто високо, на коренеплоді залишається частина листкових черешків і головки, що знижує якість сировини, підвищує вміст небажаних домішок і може погіршити технологічні показники переробки. Якщо ж зріз надто низький, разом із гичкою видаляється частина кореня, яка містить цукор, тобто виникають прямі втрати маси і цукристості. Умови поля, нерівномірність рельєфу, різний ступінь заглиблення коренеплодів і неоднорідність розвитку рослин

ускладнюють точне виконання цієї операції. Тому в складних ґрунтово-кліматичних умовах особливого значення набувають системи копіювання рельєфу та точність налаштування гичкозбиральних апаратів.

Ґрунтово-кліматичні умови впливають не лише на сам процес викопування, а й на вибір строків збирання. У практиці буряківництва важливо знайти раціональний компроміс між бажанням продовжити вегетацію для накопичення маси й цукру та необхідністю уникнути погіршення погодних умов, що ускладнюють збирання. За теплої та сухої осені можна довше підтримувати посіви в полі, однак за затяжних дощів, різкого похолодання або загрози приморозків затягування строків збирання стає ризикованим. У таких ситуаціях господарство може втратити більше через погіршення умов роботи техніки, ніж одержати від подальшого приросту врожаю. Отже, прийняття рішення про початок масового збирання повинно ґрунтуватися не тільки на календарних строках, а й на поточному стані поля та прогнозі погоди.

Температурний фактор має особливе значення в пізній осінній період. Зниження температури уповільнює фізіологічні процеси в коренеплодах, але водночас створює небезпеку підмерзання тканин. Пошкоджені низькими температурами буряки швидко втрачають якість, стають нестійкими до зберігання та потребують негайної переробки. Особливо небезпечними є цикли заморожування й відтавання, які руйнують структуру клітин і сприяють інтенсивному розвитку мікрофлори. Тому в регіонах або роках з високою ймовірністю ранніх осінніх заморозків технологія збирання повинна бути максимально оперативною, а логістика вивезення та закладання у кагати — чітко організованою.

Залежно від ґрунтово-кліматичних умов змінюється і характер польових втрат урожаю. Частина втрат виникає у вигляді невикопаних коренеплодів або їх фрагментів, які залишаються в ґрунті. Інша частина пов’язана з надмірним обрізанням головок, обламуванням хвостиків, розколюванням або сильним забрудненням коренів. За вологих умов збільшується ймовірність втрат через налипання ґрунту і нестабільну роботу очисної системи, а за сухих — через недостатню глибину підкопування та механічну ламкість коренеплодів. Таким чином, структура втрат змінюється залежно від умов, а тому й заходи щодо їх зниження мають бути різними.

Окремої уваги потребує проблема ущільнення ґрунту під час збирання. Сучасні бурякозбиральні комбайни та транспортні засоби мають значну масу, а в умовах підвищеної вологості це створює високий ризик деформації ґрунтового профілю. Ущільнення зменшує пористість ґрунту, порушує водно-повітряний режим, погіршує розвиток кореневої системи наступних культур і потребує додаткових енергозатрат на глибоке розпушування. Тому технологія збирання повинна враховувати не лише поточну ефективність, а й довгострокові наслідки для родючості ґрунту. Для цього доцільно обмежувати безсистемний рух транспорту по полю, використовувати раціональні маршрути вивезення, зменшувати навантаження на вісь та за можливості застосовувати машини з ширшими шинами або іншими засобами зниження питомого тиску на ґрунт.

Суттєвий вплив на якість збирання має рельєф поля та його вирівняність. На ділянках із нерівною поверхнею важче забезпечити стабільну глибину ходу робочих органів і точне зрізування гички. Це призводить до нерівномірного викопування, підвищення втрат та збільшення навантаження на машину. У районах, де ґрунтово-кліматичні умови сприяють утворенню щільної кірки, ерозійних процесів або грудкуватої поверхні, якість передзбирального стану поля набуває особливої ваги. Таким чином, технологічні особливості збирання залежать не лише від поточних погодних факторів, а й від якості виконання попередніх агротехнічних операцій.

Важливим елементом технологічної адаптації є вибір робочої швидкості бурякозбиральної машини. Надмірне збільшення швидкості у складних умовах зазвичай супроводжується зниженням точності копіювання рядка, порушенням режиму роботи викопувальних і очисних органів, посиленням ударних навантажень на коренеплоди та збільшенням втрат. Натомість занадто низька швидкість зменшує продуктивність і може призвести до затягування збиральної кампанії, що також є небажаним, особливо за нестійкої осінньої погоди. Отже, раціональна швидкість повинна визначатися з урахуванням вологості ґрунту, його структури, забур’яненості, урожайності, стану гички та технічного стану збиральної машини.

Після викопування важливого значення набуває організація транспортування та тимчасового зберігання коренеплодів. Навіть якісно зібрані буряки можуть втрачати цукор і масу, якщо їх тривалий час залишають у полі без належного захисту або закладають у кагати з великою кількістю домішок і пошкоджених коренів. У вологу погоду кагати гірше провітрюються, у них інтенсивніше розвиваються мікробіологічні процеси, а наявність бруду і рослинних решток посилює нагрівання сировини. За теплої осені це сприяє самозігріванню і підвищеним втратам цукру, а за морозної погоди — ризику

підмерзання. Тому технологічні особливості збирання повинні розглядатися в комплексі з вимогами до транспортування, кагатування та черговості відправлення сировини на переробку.

У сучасних умовах зростає значення оперативного контролю параметрів збирального процесу. Практика показує, що найбільших результатів досягають ті господарства, які не обмежуються одноразовим налаштуванням машини на початку сезону, а постійно коригують режими роботи залежно від зміни вологості, типу ґрунту, рельєфу й стану рослин. Для цього необхідно проводити систематичний візуальний і вимірювальний контроль якості збирання: оцінювати кількість невикопаних коренів, ступінь обрізання головок, рівень забрудненості вороху, наявність механічних ушкоджень і фактичну продуктивність техніки. Лише такий підхід забезпечує адаптивність технології та зниження ризику прихованих втрат.

Слід підкреслити, що ефективність збирання значною мірою залежить від кваліфікації механізаторів та організації виробничого процесу. Навіть сучасна високопродуктивна техніка не забезпечить бажаного результату, якщо не буде правильно підготовлена до роботи, а її оператор не зможе своєчасно реагувати на зміну польових умов. У складних ґрунтово-кліматичних умовах саме людський фактор часто визначає, чи буде знайдено оптимальне співвідношення між продуктивністю, чистотою вороху і збереженням цілісності коренеплодів. Тому підготовка персоналу, технічне обслуговування машин, своєчасна заміна зношених робочих органів і чітка координація транспортних операцій є обов'язковими складниками раціональної технології.

Таким чином, технологічні особливості збирання цукрових буряків формуються під комплексним впливом ґрунтових і кліматичних чинників, які безпосередньо визначають умови роботи збиральної техніки, рівень втрат урожаю та якість одержаної сировини. Найбільш суттєвими серед них є вологість і щільність ґрунту, його механічний склад, несуча здатність поля, температурний режим осіннього періоду, наявність опадів і ризик заморозків. За перезволоження ускладнюється прохідність техніки, зростають налипання ґрунту й забрудненість вороху, а за пересушення посилюється ризик неповного викопування та механічного травмування коренеплодів. У зв'язку з цим технологія збирання має бути адаптивною, тобто передбачати оперативне коригування глибини підкопування, інтенсивності очищення, швидкості руху машин, строків збирання і режимів транспортування залежно від конкретних умов поля.

Збирання цукрових буряків є складним багатофакторним процесом, ефективність якого визначається узгодженням параметрів роботи техніки з фактичними ґрунтово-кліматичними умовами. Найвищу якість збирання забезпечує диференційований підхід, за якого технологічні режими не є сталими, а змінюються відповідно до вологості ґрунту, його структури, температурного режиму та стану коренеплодів. На важких і вологих ґрунтах пріоритетом стає зменшення забрудненості та запобігання ущільненню поля, тоді як на сухих ґрунтах особливу увагу слід приділяти повноті викопування і зниженню механічних пошкоджень. Раціональна організація строків збирання, налаштування робочих органів машин, контроль якості виконання операцій і належна логістика післязбирального поводження з коренеплодами є основою зниження втрат урожаю та збереження цукристості сировини. Отже, врахування ґрунтово-кліматичних умов під час збирання цукрових буряків має вирішальне значення для підвищення технологічної та економічної ефективності буряківництва.

90. Дерев'янко Д.А., Ярошовець Д.С. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Рябчук П.О., Сорока Б.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ВПЛИВ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

Сучасний розвиток тваринництва неможливий без удосконалення кормової бази та підвищення ефективності використання кормових ресурсів. У структурі витрат на виробництво продукції тваринництва корми займають найбільшу частку, тому саме рівень їхньої поживності, доступності та раціонального використання значною мірою визначає економічні результати господарства. Особливе місце в системі годівлі сільськогосподарських тварин належить концентрованим кормам, які є важливим джерелом енергії, протеїну, мінеральних речовин і вітамінів.

Концентровані корми застосовують для покриття дефіциту поживних речовин у раціонах, що формуються на основі грубих, соковитих і зелених кормів. Їх використання особливо важливе у високопродуктивному тваринництві, де організм тварин потребує значної кількості легкоперетравної енергії та пластичних речовин. За допомогою концентратів можна суттєво підвищити молочну

продуктивність корів, інтенсивність росту молодняку, відгодівельні показники свиней, несучість птиці та якість отриманої продукції.

Водночас ефективність використання концентрованих кормів залежить від багатьох чинників: їхнього складу, ступеня подрібнення, способу підготовки до згодовування, співвідношення з іншими компонентами раціону та відповідності фізіологічному стану тварин. Надмірне або незбалансоване використання концентратів може призводити до порушення обміну речовин, погіршення здоров'я тварин і зростання собівартості продукції. Саме тому дослідження впливу концентрованих кормів на ефективність виробництва продукції тваринництва є важливим як у науковому, так і у практичному аспектах.

Концентровані корми являють собою групу кормових засобів, які характеризуються високим вмістом поживних речовин при відносно низькому вмісті вологи і клітковини. До них належать зерно злакових і зернобобових культур, висівки, шроти, макуха, комбікорми, білково-вітамінно-мінеральні добавки та інші продукти переробки рослинної сировини. Їхня висока енергетична цінність і добра перетравність роблять їх незамінними компонентами раціонів для тварин із високим рівнем продуктивності.

Однією з головних переваг концентрованих кормів є здатність швидко забезпечувати організм тварини доступною енергією. Це особливо важливо у молочному скотарстві, оскільки синтез молока потребує значних енергетичних витрат. При нестачі енергії в раціоні знижується молочна продуктивність, погіршуються відтворні функції, збільшується період відновлення після отелення. Уведення до раціону оптимальної кількості концентратів сприяє стабілізації лактаційної кривої, підвищенню добових надоїв і поліпшенню вмісту білка в молоці.

У відгодівлі великої рогатої худоби концентровані корми відіграють важливу роль у забезпеченні інтенсивного приросту живої маси. Високий уміст крохмалю, протеїну та інших поживних речовин у концентрованих кормах забезпечує активізацію обмінних процесів, сприяє кращому використанню поживних речовин основного раціону та скорочує тривалість відгодівлі. Це дозволяє отримувати більші прирости живої маси за коротший період і знижувати витрати кормів на одиницю продукції.

У свинарстві значення концентрованих кормів є ще більш вираженим, оскільки свині належать до тварин із однокамерним шлунком і мають обмежену здатність перетравлювати грубі корми. Саме тому основу їхнього раціону становлять зернові компоненти, білкові добавки та комбікорми. Якісні концентровані корми забезпечують інтенсивний ріст молодняку, високу скоростиглість, добру конверсію корму та отримання м'ясної продукції належної якості. При цьому важливого значення набуває збалансування раціонів за амінокислотами, мінеральними речовинами та вітамінами.

У птахівництві концентровані корми фактично є основою годівлі, оскільки саме вони здатні задовольнити високу потребу птиці у поживних речовинах при відносно малому об'ємі споживання корму. Від складу концентрованих кормів залежать прирости бройлерів, несучість курей, маса яєць, міцність шкаралупи та загальна життєздатність птиці. Використання повнораціонних комбікормів, збалансованих за енергією, сирим протеїном, кальцієм, фосфором, лізином, метіоніном і вітамінами, дозволяє досягати високих виробничих результатів.

Важливою умовою ефективного використання концентрованих кормів є їхня якість. Низькоякісне зерно, уражене грибами, забруднене домішками або таке, що зберігалося з порушенням технологічних вимог, може не лише знижувати продуктивність тварин, а й викликати серйозні порушення їхнього здоров'я. Тому при організації годівлі необхідно приділяти увагу контролю вологості, чистоти, вмісту токсичних речовин і мікотоксинів у кормовій сировині. Від якості концентратів безпосередньо залежить їхня поживна цінність і безпечність.

Суттєвий вплив на результативність використання концентрованих кормів має також технологія їх підготовки до згодовування. Подрібнення зерна, плющення, екструдування, гранулювання, змішування з іншими компонентами раціону сприяють підвищенню засвоюваності поживних речовин. Разом із тим надмірно дрібний помел може негативно позначатися на функціонуванні травної системи, особливо у жуйних тварин. Отже, вибір технологічного способу обробки кормів повинен здійснюватися з урахуванням виду тварин, їхнього віку та напряму продуктивності.

Ефективність концентрованих кормів проявляється не тільки у збільшенні валового обсягу продукції, а й у покращенні її якості. У молочному скотарстві за збалансованої годівлі покращується вміст жиру та білка в молоці. У м'ясному тваринництві підвищується інтенсивність росту м'язової тканини, формується бажаний рівень вгодованості, поліпшуються забійні показники. У птахівництві

збалансовані концентровані корми позитивно впливають на масу яєць, колір жовтка, якість м’яса та збереженість поголів’я.

Разом з позитивним впливом слід враховувати і ризики надмірного використання концентрованих кормів. У раціонах жуйних надлишок концентратів при нестачі структурної клітковини може спричинювати ацидоз рубця, зниження жуйки, погіршення перетравності кормів та інші метаболічні порушення. У свиней і птиці дисбаланс між енергією та протеїном може призводити до нераціонального використання поживних речовин, ожиріння або зниження темпів росту. Тому для досягнення високої ефективності важливо не просто збільшувати частку концентратів, а науково обґрунтовувати їхню норму у складі повноцінного раціону.

З економічної точки зору концентровані корми є одночасно і важливим фактором інтенсифікації виробництва, і вагомою статтею витрат. Їхня вартість зазвичай є вищою порівняно з грубими та соковитими кормами, тому господарства повинні прагнути до максимально раціонального використання кожного кілограма концентратів. Економічна доцільність їх застосування визначається рівнем приросту продуктивності, зменшенням витрат корму на одиницю продукції та зниженням питомих витрат праці й часу на виробничий цикл.

Раціональна система використання концентрованих кормів передбачає їхнє поєднання з об’ємними кормами високої якості. У скотарстві це означає, що концентрати повинні доповнювати раціони на основі сінажу, силосу, сіна, зеленої маси та інших кормів, а не повністю їх замінювати. Такий підхід дозволяє зберігати нормальне функціонування травної системи, покращувати використання поживних речовин та зменшувати ризики захворювань. У свинарстві та птахівництві основна увага приділяється точному балансуванню рецептур комбікормів залежно від віку, маси тіла та виробничого призначення тварин.

В умовах сучасного тваринництва дедалі більшого значення набуває застосування повнораціонних комбікормів і кормосумішей, виготовлених із використанням концентрованих компонентів. Такі корми дають можливість забезпечити точне дозування поживних речовин, стабільність раціонів і спрощення організації годівлі. Їх застосування особливо ефективне на великих промислових комплексах, де автоматизація процесів годівлі сприяє зменшенню втрат кормів і підвищенню виробничої дисципліни.

Не менш важливим є питання використання місцевої сировини для виробництва концентрованих кормів. Вирощування зернових і зернобобових культур у господарстві або регіоні дозволяє знижувати залежність від зовнішніх постачальників, скорочувати логістичні витрати та формувати більш стійку кормову базу. Використання власного зерна, сої, гороху, люпину та побічних продуктів переробки сільськогосподарської продукції може бути економічно вигідним за умови належного аналізу поживності та коригування рецептур.

Ефективність виробництва продукції тваринництва значною мірою пов’язана з рівнем конверсії корму. Концентровані корми, особливо у складі збалансованих комбікормів, сприяють кращому перетворенню поживних речовин корму в молоко, м’ясо чи яйця. Це означає, що на одиницю продукції витрачається менше кормів, знижується собівартість виробництва та підвищується конкурентоспроможність господарства. Однак досягнення такого ефекту можливе лише за умови точного нормування та дотримання технологічної дисципліни.

Значний вплив концентрованих кормів простежується і на відтворну здатність тварин. За недостатнього забезпечення енергією та протеїном спостерігається погіршення заплідненості, збільшення сервіс-періоду, народження слабкого приплоду та інші негативні явища. Оптимізація годівлі за рахунок концентратів дозволяє підвищити фізіологічну повноцінність раціонів, підтримати нормальний перебіг репродуктивних процесів і забезпечити кращу збереженість молодняку.

Слід також враховувати екологічний аспект використання концентрованих кормів. Нераціональне введення надлишкових доз протеїну або мінеральних добавок призводить до збільшення виведення азоту і фосфору з організму тварин, що може посилювати антропогенне навантаження на довкілля. Збалансована годівля дозволяє не лише підвищити продуктивність, а й зменшити втрати поживних речовин у навколишнє середовище. Отже, ефективне використання концентратів є важливою умовою екологізації сучасного тваринництва.

У практиці господарювання доцільно використовувати диференційований підхід до згодовування концентрованих кормів. Для високопродуктивних груп тварин норми концентратів повинні бути вищими, тоді як для тварин із нижчим рівнем продуктивності їхня частка може бути обмежена без

шкоди для виробничих показників. Такий підхід дає можливість більш раціонально розподіляти дорогі кормові ресурси та підвищувати загальну економічну віддачу кормовиробництва.

Отже, концентровані корми є одним із ключових чинників інтенсифікації тваринництва. Вони забезпечують високу продуктивність, стабільність виробничих процесів, покращення якості продукції та підвищення рентабельності галузі. Водночас їх застосування потребує науково обґрунтованого підходу, постійного контролю якості, збалансування раціонів і врахування біологічних особливостей тварин.

Концентровані корми мають визначальний вплив на ефективність виробництва продукції тваринництва, оскільки є основним джерелом легкодоступної енергії, протеїну та інших поживних речовин, необхідних для реалізації генетичного потенціалу продуктивності тварин. Їх застосування сприяє підвищенню надоїв, приростів живої маси, несучості, покращенню якості молока, м’яса та яєць, а також зниженню витрат кормів на одиницю продукції.

Висока ефективність концентрованих кормів досягається лише за умови їх раціонального використання у складі збалансованих раціонів. Надмірне або безсистемне введення концентратів може зумовити метаболічні порушення, перевитрати дорогих кормів і зниження економічної доцільності виробництва. Тому важливими умовами є контроль якості кормової сировини, оптимальна технологія підготовки до згодовування, точне нормування та врахування виду, віку і продуктивного стану тварин.

Перспективи підвищення ефективності тваринництва пов’язані з удосконаленням рецептур комбікормів, ширшим використанням місцевих кормових ресурсів, автоматизацією процесів годівлі та впровадженням сучасних підходів до оцінки поживності кормів. Саме комплексний підхід до використання концентрованих кормів забезпечує не лише зростання обсягів продукції, а й підвищення економічної та екологічної стійкості тваринницьких підприємств.

91. Футорний Р.В., Медведчук Н.К.Хмельницький національний університет м. Хмельницький, Україна.

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСІВ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Проблема тертя та зношування деталей є однією з ключових у забезпеченні надійності та довговічності сільськогосподарської техніки, що працює в умовах підвищених навантажень, запиленості та змінних кліматичних факторів. Інтенсивна експлуатація машинно-тракторного парку, контакт деталей з абразивним ґрунтом, волога, корозійні середовища та ударні навантаження спричиняють прискорене руйнування поверхневих шарів матеріалів. Зроблено узагальнення основних закономірностей процесів тертя та зношування деталей сільськогосподарських машин і визначено фактори, що впливають на їх інтенсивність та характер протікання.

Тертя є фізико-механічним процесом взаємодії поверхонь, що супроводжується опором руху та перетворенням механічної енергії у теплову [1]. У вузлах сільськогосподарської техніки тертя виникає у підшипниках, шарнірних з’єднаннях, зубчастих передачах, робочих органах ґрунтообробних машин та транспортних механізмах. В умовах реальної експлуатації переважає граничний і змішаний режими тертя, що обумовлено високими навантаженнями та недостатнім мастильним забезпеченням [2]. Це призводить до підвищення температури контактних зон, зміни структури поверхневих шарів та активізації процесів зношування.

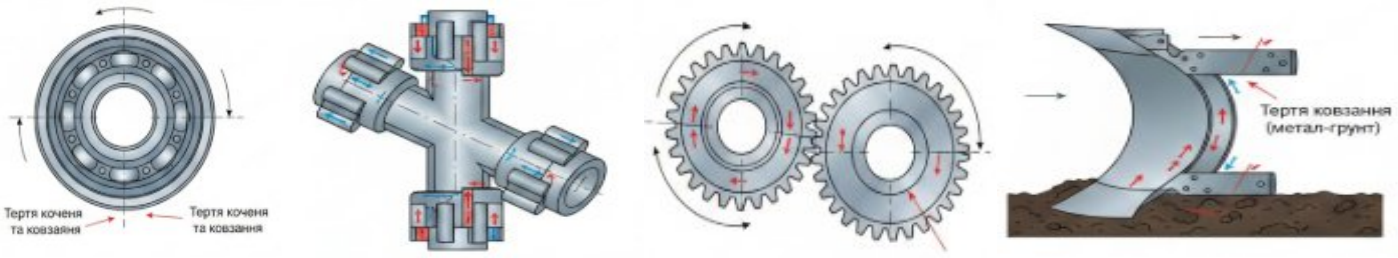


Рисунок1 - Приклади тертя в с/г техніці

Зношування деталей сільськогосподарської техніки є складним багатофакторним процесом поступового руйнування матеріалу внаслідок механічної, фізико-хімічної та абразивної взаємодії контактуючих поверхонь [5]. Основними видами зношування є абразивне, адгезійне, корозійно-механічне, втомне та ерозійне. Особливо характерним для сільськогосподарських машин є абразивне зношування, яке виникає внаслідок взаємодії деталей з частинками ґрунту, пилу та рослинних залишків

[3]. Інтенсивність такого зношування значною мірою залежить від твердості матеріалу, шорсткості поверхні, швидкості ковзання та тиску в зоні контакту [6].

Закономірності процесів тертя та зношування визначаються сукупною дією конструкційних, технологічних та експлуатаційних факторів. До конструкційних факторів належать матеріал деталей, геометрія контактних поверхонь, точність виготовлення та якість обробки [2]. Технологічні фактори включають способи зміцнення поверхонь, термічну та хіміко-термічну обробку, нанесення покриттів та методи відновлення деталей [7]. Експлуатаційні фактори охоплюють режими роботи машин, рівень навантаження, швидкість руху, наявність мастила, температуру та агресивність робочого середовища.

Важливою закономірністю є залежність інтенсивності зношування від режиму навантаження та швидкості ковзання. Зі збільшенням контактного тиску та швидкості відбувається підвищення температури в зоні тертя, що сприяє пластичній деформації поверхневих шарів і прискоренню руйнування мікронерівностей [4]. Крім того, у сільськогосподарській техніці спостерігається нерівномірність зношування деталей через змінні режими роботи, циклічні навантаження та сезонний характер експлуатації.

Суттєвий вплив на закономірності зношування має стан мастильного шару. За наявності ефективного мастила зменшується коефіцієнт тертя, знижується температура контактних поверхонь і сповільнюється процес руйнування матеріалу. Водночас забруднення мастильних матеріалів абразивними частинками значно підвищує інтенсивність зношування та призводить до появи задирів і мікротріщин [5]. У польових умовах це є однією з основних причин передчасного виходу з ладу вузлів машин.

Окремою закономірністю є взаємозв’язок між мікроструктурою матеріалу та характером зношування. Матеріали з високою твердістю та зносостійкістю мають більшу опірність абразивному впливу, проте можуть бути чутливими до втомного руйнування. Оптимальний вибір матеріалів і методів поверхневого зміцнення дозволяє знизити швидкість зношування та підвищити ресурс роботи деталей. Перспективними є методи наплавлення, плазмового напилення, лазерного зміцнення та використання композиційних покриттів.

Метою дослідження є узагальнення закономірностей процесів тертя та зношування деталей сільськогосподарської техніки та визначення шляхів підвищення їх зносостійкості. Аналіз закономірностей протікання трибологічних процесів дозволяє обґрунтувати раціональні конструкційні рішення, оптимальні режими експлуатації та ефективні методи технічного обслуговування машин.

Етап 1 - Аналіз умов експлуатації

На початковому етапі досліджуються умови роботи сільськогосподарської техніки, включаючи навантаження, швидкість, температурні режими, запиленість і вологість середовища. Це дозволяє визначити характерні фактори, що впливають на процеси тертя та зношування.

Етап 2 – Визначення видів тертя та зношування

На цьому етапі здійснюється ідентифікація режимів тертя (сухе, граничне, змішане, рідинне) та основних видів зношування, характерних для робочих органів і вузлів машин.

Етап 3 – Дослідження контактної взаємодії поверхонь

Проводиться аналіз мікрогеометрії поверхонь, контактних напружень, температурних процесів і деформацій у зоні тертя, що визначають інтенсивність руйнування поверхневих шарів.

Етап 4 – Оцінювання впливу матеріалів і мастильних середовищ

На цьому етапі досліджується вплив фізико-механічних властивостей матеріалів, якості мастильних матеріалів та наявності абразивних домішок на швидкість зношування деталей.

Етап 5 – Моделювання процесів зношування

Здійснюється побудова трибологічних моделей, що описують закономірності зміни маси, розмірів і стану поверхонь деталей у процесі експлуатації.

Етап 6 – Висновок

Отже, закономірності процесів тертя та зношування деталей сільськогосподарської техніки визначаються комплексною дією навантажень, властивостей матеріалів, умов експлуатації та стану мастильного середовища. Урахування трибологічних особливостей роботи машин дозволяє підвищити їх надійність, зменшити інтенсивність зношування та продовжити ресурс роботи основних вузлів. Раціональний вибір матеріалів, застосування сучасних методів поверхневого зміцнення та оптимізація режимів експлуатації є ефективними шляхами підвищення довговічності сільськогосподарської техніки.

Список використаних джерел

1. Крагельський І.В. Основи трибології. – М.: Машинобудування, 1982. – 336 с.

2. Бєлкін В.С. Тертя і зношування в машинах. – К.: Техніка, 1990. – 248 с.
3. Григор'єв А.І. Надійність і довговічність сільськогосподарських машин. – Харків: ХНТУСГ, 2005. – 304 с.
4. Hutchings I.M. Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 1992. – 273 p.
5. Blau P.J. Friction Science and Technology: From Concepts to Applications. – Boca Raton: CRC Press, 2009. – 973 p.
6. Bhushan B. Introduction to Tribology. – New York: Wiley, 2013. – 744 p.
7. Czichos H. Tribology: A Systems Approach to the Science and Technology of Friction, Lubrication and Wear. – Amsterdam: Elsevier, 1978. – 518 p.

92. Дерев'янко Д.А., Отвинівський В.А. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Сорока Б.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ВПЛИВ ГЛИБИНИ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ НА ВОДНО-ПОВІТРЯНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ І ПОЛЬОВУ СХОЖІСТЬ НАСІННЯ БУРЯКІВ

Вирощування буряків належить до технологічно складних напрямів рослинництва, оскільки ця культура висуває підвищені вимоги до якості підготовки ґрунту, рівномірності висіву та умов проростання насіння. На початкових етапах органогенезу рослини буряків особливо чутливі до щільності ґрунту, вмісту вологи, температури та повітряного режиму в зоні загортання насіння. Саме тому передпосівний обробіток відіграє визначальну роль у формуванні сприятливого середовища для проростання і появи дружних сходів.

Передпосівний обробіток ґрунту має забезпечувати одночасне виконання кількох важливих завдань: вирівнювання поверхні поля, знищення проростків бур'янів, формування дрібнокомковатої структури посівного шару, створення ущільненого ложа для насіння та розпушеного покривного шару. Водночас надмірна механічна дія на ґрунт часто спричиняє небажані наслідки, серед яких розпилення дрібнозему, руйнування структури, інтенсивне випаровування вологи, утворення кірки після опадів та погіршення умов проростання.

Особливе значення для буряків має глибина передпосівного обробітку. Якщо обробіток проводиться на надто велику глибину, виникає ризик надмірного розпушення посівного горизонту, порушення капілярного зв'язку з нижніми шарами та втрати ґрунтової вологи. За мілкого обробітку, навпаки, може не досягатися достатнє вирівнювання мікрорельєфу та кришення грудок, що погіршує контакт насіння з ґрунтом і зумовлює строкатість сходів.

Інтенсивність передпосівного обробітку визначається кількістю проходів агрегатів, швидкістю руху, типом робочих органів та ступенем подрібнення ґрунту. Її оптимізація є не менш важливою, ніж вибір глибини, адже один і той самий шар ґрунту можна обробити по-різному: зберігши структуру або, навпаки, повністю її зруйнувавши. У сучасних умовах ресурсозбереження питання мінімізації надлишкового обробітку набуває особливої актуальності.

Водно-повітряний режим ґрунту є інтегральним показником, який характеризує співвідношення вологи та повітря у поровому просторі. Для насіння буряків необхідно, щоб у зоні загортання була достатня кількість доступної вологи для набухання, але без перезволоження, що обмежує доступ кисню. Порушення балансу між водою і повітрям негативно впливає на енергію проростання, швидкість появи сходів і початковий ріст рослин.

Польова схожість насіння, на відміну від лабораторної, відображає реальні умови розвитку рослин у полі й залежить не лише від посівних якостей насіння, а й від комплексу агрофізичних і технологічних чинників. Серед них передпосівний обробіток займає одне з провідних місць, оскільки він безпосередньо формує стан посівного шару, де відбуваються перші й найбільш критичні фази життя рослини.

Отже, дослідження впливу глибини та інтенсивності передпосівного обробітку на водно-повітряний режим ґрунту і польову схожість насіння буряків є важливим для наукового обґрунтування технологічних рішень, спрямованих на підвищення врожайності культури та ефективності використання ґрунтової вологи.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання: проаналізувати роль передпосівного обробітку у формуванні агрофізичних властивостей посівного шару; охарактеризувати вплив глибини

обробітку на вологозабезпечення і аерацію ґрунту; оцінити наслідки різної інтенсивності механічного впливу на структурний стан ґрунту; встановити взаємозв’язок між параметрами обробітку та польовою схожістю насіння буряків; сформулювати практичні рекомендації щодо оптимізації передпосівного обробітку.

У статті використано аналітичний підхід, заснований на узагальненні наукових положень агрономії, ґрунтознавства та механізації землеробства щодо формування посівного шару під буряки. Методичну основу становить системний аналіз взаємодії технологічних параметрів обробітку з фізичними властивостями ґрунту та біологічними особливостями проростання насіння.

При оцінюванні впливу глибини та інтенсивності передпосівного обробітку враховувалися такі показники: щільність складення ґрунту, пористість, вологість посівного шару, ступінь кришення ґрунту, вирівняність поверхні, збереження капілярності, газообмін у зоні загортання насіння, швидкість та рівномірність появи сходів.

Передпосівний обробіток ґрунту під буряки повинен формувати такий стан посівного шару, за якого насіння розміщується на однаковій глибині, щільно контактує з вологим ложем і вкривається достатньо пухким шаром ґрунту. Це забезпечує одночасно і доступ вологи, і проникнення кисню, що є необхідними умовами для повноцінного проростання. Для дрібного насіння буряків якість посівного шару має виняткове значення, оскільки будь-які відхилення у структурі ґрунту швидко відбиваються на польовій схожості.

Глибина передпосівного обробітку визначає товщину розпушеного шару, ступінь вирівнювання поля та характер перерозподілу вологи. У разі обробітку на глибину, що перевищує потреби культури й фактичний стан ґрунту, відбувається надмірне розпушення, розрив капілярних зв’язків і посилене випаровування вологи з поверхні. Особливо негативно це проявляється навесні, коли верхній шар швидко пересихає під впливом сонячної радіації та вітру. У результаті насіння потрапляє в неоднорідне середовище: частина його лежить у достатньо вологому шарі, а частина — у пересушеному, що зумовлює розтягнутість сходів.

Разом із тим надто мілкий передпосівний обробіток не завжди дозволяє якісно зруйнувати великі грудки, усунути локальні ущільнення та підготувати рівне насіннєве ложе. За таких умов порушується рівномірність загортання насіння, збільшується частка насіння, розміщеного або занадто глибоко, або надто близько до поверхні. Це знижує польову схожість і створює неоднорідність посіву вже на початкових етапах росту.

Оптимальна глибина передпосівного обробітку повинна відповідати глибині висіву та фізичному стану орного шару. За раціонального підходу обробляється лише той шар, який необхідний для формування насіннєвого ложа та вирівнювання поверхні, без зайвого перемішування і вивертання нижчих горизонтів. Це дає змогу зберегти вологу, підтримати капілярне підтягування води до насіння та забезпечити стабільний повітрообмін.

Не менш важливим є вплив інтенсивності обробітку. Багаторазові проходи по полю, особливо за недостатньої фізичної стиглості ґрунту, можуть викликати його розпилення. Дрібні пилуваті частки після опадів ущільнюються, утворюючи поверхневу кірку, яка механічно перешкоджає виходу проростків на поверхню. Для буряків це особливо небезпечно, оскільки молоді проростки мають обмежену силу росту на початкових етапах і погано долають ущільнений поверхневий шар.

За надмірної інтенсивності обробітку порушується природна агрегатна структура ґрунту. Зменшується частка агрономічно цінних агрегатів, погіршується співвідношення між капілярними та некапілярними порами, внаслідок чого одночасно знижується водоутримувальна здатність і аерація. Це спричиняє нестабільний водно-повітряний режим: після дощу ґрунт може перезволожуватися і ущільнюватися, а в періоди без опадів — швидко втрачати вологу.

Помірна інтенсивність передпосівного обробітку, навпаки, сприяє формуванню дрібнокомковатої структури, за якої крупніші агрегати створюють повітроносні пори, а дрібні забезпечують контакт насіння з вологим ґрунтом. Саме таке структурне співвідношення є найсприятливішим для буряків, адже дозволяє поєднати збереження вологи з достатньою аерацією насіннєвого ложа.

Водно-повітряний режим ґрунту в посівному шарі тісно пов’язаний із щільністю складення. Якщо ґрунт занадто пухкий, у ньому порушується підняття вологи капілярами до насіння, а за надмірної щільності обмежується надходження кисню. Передпосівний обробіток має забезпечувати компроміс між цими крайніми станами. Для проростання насіння буряків необхідно, щоб у зоні його розміщення була стабільна вологість без застою води та наявний достатній об’єм повітря у порах.

На важких за гранулометричним складом ґрунтах потреба у якісному кришенні грудок зазвичай є вищою, однак саме тут надмірна інтенсивність особливо небажана, оскільки призводить до замазування та ущільнення. На легких ґрунтах, навпаки, надмірне розпушення спричиняє ще швидшу втрату вологи. Тому параметри передпосівного обробітку повинні бути диференційованими залежно від типу ґрунту і його поточного стану.

Суттєвий вплив має і вологість ґрунту на момент виконання технологічної операції. Обробіток перезволоженого ґрунту часто закінчується утворенням великих брил та подальшим ущільненням після підсихання. Обробіток пересушеного ґрунту потребує більших енергетичних витрат і може спричинити утворення надмірної кількості пилуватої фракції. У фазі фізичної стиглості ґрунт найкраще піддається кришенню з мінімальним руйнуванням структури, що створює найбільш сприятливі умови для насіння буряків.

Польова схожість насіння буряків визначається не лише вологістю ґрунту, а й рівномірністю її розподілу в посівному шарі. За раціонального передпосівного обробітку формується вирівняний за щільністю горизонт, у якому всі насінини отримують приблизно однакові умови для набухання і проростання. Це особливо важливо для точного висіву, де кожна насінина має забезпечити формування окремої продуктивної рослини.

За несприятливого водно-повітряного режиму частина насіння може тривалий час перебувати у стані набухання без переходу до активного проростання. У таких умовах зростає ризик ураження насіння і проростків ґрунтовими патогенами, зменшується енергія росту, а польова схожість знижується. Таким чином, передпосівний обробіток опосередковано впливає не лише на фізичні умови проростання, а й на фітосанітарний стан посіву.

Важливо також враховувати взаємодію передпосівного обробітку з іншими елементами технології. Наприклад, якісний обробіток підвищує ефективність точного висіву, полегшує дотримання сталої глибини загортання насіння, покращує роботу сошників і прикочувальних пристроїв сівалки. У результаті формується більш вирівняний стеблостій, який у подальшому краще використовує вологу, світло і поживні речовини.

У сучасних системах землеробства дедалі більшого значення набуває мінімізація кількості проходів техніки по полю. Поєднання кількох операцій в одному агрегаті дозволяє зменшити техногенне ущільнення, скоротити втрати вологи та знизити енерговитрати. Для буряків це особливо доцільно, оскільки передпосівний період часто характеризується швидкою зміною погодних умов, а затримка із сівбою або зайве розпушення можуть негативно вплинути на польову схожість.

Отже, глибина та інтенсивність передпосівного обробітку мають розглядатися не окремо, а як взаємопов’язані технологічні параметри. Їх оптимальне поєднання забезпечує формування сприятливого водно-повітряного режиму ґрунту, підвищує польову схожість насіння буряків і створює передумови для одержання дружних сходів та високої продуктивності посівів.

Передпосівний обробіток ґрунту є визначальним чинником формування оптимальних умов для проростання насіння буряків і появи дружних сходів. Встановлено, що глибина обробітку безпосередньо впливає на стан посівного шару, збереження вологи, капілярний зв’язок із нижніми горизонтами та рівномірність загортання насіння. Надмірно глибокий обробіток спричиняє пересушування ґрунту, а недостатній – погіршує його вирівняність і аерацію.

Інтенсивність передпосівного обробітку визначає ступінь руйнування ґрунтової структури, величину агрегатів, ризик утворення кірки та характер повітрообміну. Надмірна інтенсивність погіршує водно-повітряний режим через розпилення ґрунту й підвищення втрат вологи, тоді як помірна сприяє формуванню агрономічно цінної дрібнокомковатої структури.

Найвищу польову схожість насіння буряків забезпечує такий передпосівний обробіток, за якого створюється ущільнене вологе насіннєве ложе і пухкий покривний шар із достатнім вмістом повітря. Вибір глибини та інтенсивності обробітку має бути адаптований до типу ґрунту, його вологості, погодних умов і технічного забезпечення господарства. Перспективним напрямом є впровадження ресурсозберігаючих комбінованих агрегатів, здатних виконувати передпосівний обробіток із мінімальним порушенням структури ґрунту та збереженням продуктивної вологи.

93. Грудовий Р.С., Кравченко А.Ю. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна. Сорока Б.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ЛЬОН-ДОВГУНЕЦЬ В УМОВАХ РІЗНИХ ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ ЗОН

Льон-довгунець є однією з найцінніших технічних культур, яка має важливе значення для текстильної промисловості, насінництва та розвитку спеціалізованого землеробства. Ефективність його вирощування значною мірою визначається технологічною досконалістю системи обробітку ґрунту, особливо передпосівного, оскільки саме на цьому етапі створюються умови для рівномірного розміщення насіння, його дружного проростання та початкового росту рослин. На відміну від багатьох польових культур, льон-довгунець формує дрібне насіння і має відносно слабку енергію початкового росту, тому особливо чутливо реагує на якість підготовки посівного ложа, ущільненість орного шару, грудкуватість поверхні, наявність кірки та забур'яненість поля.

Наукове обґрунтування системи передпосівного обробітку під льон-довгунець повинно базуватися на врахуванні біологічних особливостей культури та специфіки ґрунтово-кліматичних умов. В Україні вирощування льону-довгунця традиційно найбільш поширене у зонах Полісся та окремих районах Лісостепу, однак за належного технологічного забезпечення його виробництво може бути адаптоване і до інших територій. Проте одна й та сама система передпосівного обробітку не може бути однаково ефективною на дерново-підзолистих, сірих лісових чи чорноземних ґрунтах, оскільки відмінності у водному, повітряному, тепловому та структурному режимах зумовлюють необхідність диференційованого підходу.

Сучасні умови землеробства вимагають переходу від шаблонних технологічних схем до адаптивних систем, у яких кожен прийом має бути узгоджений із фактичним станом ґрунту, погодними умовами року, попередником, забур'яненістю та технічним забезпеченням господарства. Саме тому наукове обґрунтування передпосівного обробітку ґрунту під льон-довгунець є актуальним завданням як у теоретичному, так і в практичному аспектах.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити такі завдання: визначити основні вимоги льону-довгунця до стану посівного шару; проаналізувати вплив ґрунтово-кліматичних умов на вибір способів і глибини передпосівного обробітку; обґрунтувати диференційовані технологічні підходи для Полісся, Лісостепу і Степу; встановити роль передпосівного обробітку у формуванні агрофізичних умов, необхідних для одержання високоякісної продукції льону.

Льон-довгунець належить до культур, які пред'являють підвищені вимоги до вирівняності поля та дрібногрудочкуватої структури верхнього шару ґрунту. Це пов'язано з незначною глибиною загортання насіння, яка зазвичай не повинна перевищувати 2–3 см, а також із потребою у створенні рівномірного щільного ложа під насіниною та пухкого шару над нею. За таких умов насіння швидко поглинає вологу, дружно проростає і формує рівномірні сходи, що є однією з ключових передумов отримання вирівняного за висотою та товщиною стеблостою.

Передпосівний обробіток під льон-довгунець виконує кілька взаємопов'язаних функцій. По-перше, він має забезпечити оптимальний структурний стан ґрунту, за якого переважають дрібні й середні агрегати, що сприяють аерації та утриманню вологи. По-друге, він повинен вирівнювати поверхню поля для якісного висіву та зменшення втрат під час збирання. По-третє, важливим завданням є знищення проростків бур'янів, які в початковий період росту є серйозними конкурентами для культури. По-четверте, система обробітку має бути спрямована на регулювання щільності ґрунту, недопущення утворення плужної підошви та поверхневої кірки.

Наукові підходи до побудови системи передпосівного обробітку ґрунту базуються на закономірностях зміни агрофізичних показників орного шару. Для льону-довгунця особливе значення мають щільність складення ґрунту, пористість аерації, водопроникність, капілярність та ступінь кришення. Надмірно пухкий ґрунт є небажаним, оскільки призводить до нерівномірного загортання насіння і пересихання верхнього шару. Водночас надмірне ущільнення погіршує проростання, затримує появу сходів і знижує польову схожість. Тому система передпосівного обробітку повинна забезпечувати збалансований стан посівного шару, який поєднує достатню щільність нижньої частини і добре розпушену поверхню.

Ґрунтово-кліматичні умови суттєво впливають на формування раціональної системи передпосівного обробітку під льон-довгунець. У різних природно-кліматичних зонах України відмінності проявляються у гранулометричному складі ґрунтів, рівні їх кислотності, запасах гумусу, водному режимі, строках фізичної стиглості навесні, а також у частоті пересихання або перезволоження верхнього шару. Усе це зумовлює різну реакцію ґрунту на механічний обробіток і визначає технологічну доцільність окремих прийомів.

У зоні Полісся поширені переважно дерново-підзолисті та супіщані ґрунти, які відзначаються підвищеною кислотністю, порівняно низькою природною родючістю, легкою або середньою текстурою та схильністю до швидкого пересихання верхнього шару після ранньовесняного обробітку. За таких умов надмірна кількість проходів техніки може спричиняти розпорошення структури, втрати вологи та переущільнення підорного шару. Водночас у вологі роки на окремих ділянках існує ризик перезволоження, що ускладнює своєчасний вихід у поле. Тому передпосівний обробіток у Поліссі має бути раннім, маловитратним за кількістю проходів, але достатнім для вирівнювання поля і формування дрібногрудочкуватого посівного шару.

У Лісостепу умови вирощування льону є більш різноманітними. Тут поширені сірі лісові ґрунти, опідзолені та типові чорноземи, які мають кращі показники родючості, проте навесні можуть швидко ущільнюватися і утворювати кірку після опадів. У цій зоні особливого значення набуває своєчасність проведення весняних операцій. Запізнення з передпосівним обробітком призводить до втрати вологи, а надмірне розпушення може зумовити руйнування структури верхнього шару. Тому система повинна поєднувати закриття вологи, вирівнювання поверхні та поверхневе розпушення без пересушування ґрунту.

Степова зона характеризується недостатнім і нестійким зволоженням, високими температурами весняно-літнього періоду та швидким висушуванням орного шару. У цих умовах передпосівний обробіток повинен насамперед забезпечувати збереження продуктивної вологи. Будь-який зайвий прохід агрегатів тут означає додаткові втрати води, тому традиційні багатоопераційні схеми є менш доцільними. Для степових ґрунтів особливо важливим є використання комбінованих агрегатів, які за один прохід можуть забезпечувати розпушення, вирівнювання і передпосівне ущільнення посівного ложа.

На початкових етапах органогенезу льон-довгунець росте повільно, тому якість сходів має вирішальне значення для подальшого формування продуктивного стеблостою. Культура найкраще розвивається на добре окультурених, чистих від бур’янів ґрунтах із вирівняною поверхнею та оптимальною щільністю посівного шару. Наявність великих грудок у верхньому горизонті ускладнює рівномірне загортання насіння, спричиняє нерівномірність сходів і призводить до строкатості посіву. Це, у свою чергу, негативно впливає на формування довгого, тонкого та технологічно цінного волокна.

Важливою вимогою є забезпечення достатнього вологозабезпечення насіннєвого ложа. Насіння льону потребує інтенсивного поглинання води для набухання та початку проростання, але не переносить тривалого перезволоження й дефіциту кисню. Отже, передпосівний обробіток повинен створити умови для одночасного збереження вологи та належної аерації. Це можливо лише за умов правильно підібраної глибини обробітку, відсутності надмірної грудкуватості та формування структурно стійкого верхнього шару.

Ще однією особливістю є чутливість льону-довгунця до забур’яненості. Оскільки культура має відносно слабку конкурентну здатність на початку вегетації, передпосівний обробіток набуває значення агротехнічного заходу контролю бур’янів. Провокування проростання насіння бур’янів і їх наступне механічне знищення перед сівбою є важливою складовою адаптивної системи вирощування культури, особливо в господарствах, що прагнуть зменшити гербіцидне навантаження.

Для умов Полісся оптимальною є система передпосівного обробітку, спрямована на збереження весняної вологи, недопущення переущільнення і формування дрібногрудочкуватої структури орного шару. Оскільки в цій зоні ґрунти часто є легкими за механічним складом і швидко втрачають вологу, надмірний обробіток навесні є небажаним. Основним принципом повинна бути мінімальна достатність, за якої кожна операція має чітке функціональне призначення.

Після досягнення фізичної стиглості ґрунту доцільним є ранньовесняне боронування або шлейфування з метою закриття вологи і вирівнювання поверхні. Якщо поверхневий шар надмірно ущільнений або є ознаки кірки, проводять неглибоке розпушення культиваторами чи комбінованими агрегатами на глибину, що відповідає майбутньому розміщенню насіння. Передпосівна культивація в Поліссі не повинна бути надто глибокою, оскільки це призводить до пересушування шару, у який висівають льон. Доцільною є одночасна робота лап, вирівнювальних планок і котків, що дозволяє створити щільне насіннєве ложе та пухкий поверхневий мульчувальний шар.

На торфово-болотних або перезволожених ґрунтах, які інколи використовуються під льон після відповідного окультурення, система обробітку має враховувати підвищений ризик замазування і ущільнення. За таких умов обробіток проводять лише після досягнення оптимального водно-фізичного стану ґрунту, а основна увага приділяється вирівнюванню і регулюванню водного режиму. У цілому для

Полісся науково обґрунтованою слід вважати систему, що забезпечує швидке проведення передпосівних робіт у стислі строки з мінімальним руйнуванням природної структури ґрунту.

У Лісостепу передпосівний обробіток під льон-довгунець повинен забезпечувати оптимальне поєднання розпушення, вирівнювання та ущільнення ґрунту. Сірі лісові ґрунти і чорноземи цієї зони, як правило, мають вищу потенційну родючість, ніж поліські, однак у весняний період можуть бути схильними до поверхневого запливання та утворення кірки. У зв'язку з цим науково обґрунтована система має бути гнучкою та враховувати конкретні погодні умови року.

Ранньовесняне боронування у Лісостепу є важливим агроприйомом для закриття вологи. Подальший передпосівний обробіток доцільно здійснювати на глибину, близьку до глибини загортання насіння, із використанням агрегатів, що забезпечують якісне кришення грудок та остаточне вирівнювання поверхні. На ґрунтах, схильних до кіркоутворення, слід уникати надмірного дрібнення структури, оскільки це підсилює ризик запливання після дощів. Водночас недостатнє розпушення погіршує водопроникність і може затримувати появу сходів.

Особливої уваги заслуговує регулювання щільності орного шару. Для льону-довгунця важливо, щоб нижня частина посівного ложа була достатньо ущільненою для підтягування вологи до насіння, а верхній шар залишався вирівняним і пухким. Саме тому застосування кільчасто-шпорових або гладеньких котків у поєднанні з культивацією може бути ефективним елементом технології, особливо за недостатньої вологості верхнього шару. Для Лісостепу доцільною є така система передпосівного обробітку, яка забезпечує швидке прогрівання ґрунту, дружне проростання насіння та мінімізацію ризику кіркоутворення.

Хоча льон-довгунець не є типовою культурою для Степу, окремі господарства можуть вирощувати його за наявності сприятливого агрофону і достатнього ресурсного забезпечення. У цій зоні визначальним чинником є дефіцит продуктивної вологи, тому будь-яка система передпосівного обробітку має будуватися на принципах вологозбереження. Це означає максимальне скорочення кількості проходів техніки, застосування комбінованих агрегатів і виконання операцій лише у фізично стиглому ґрунті.

У степових умовах передпосівний обробіток повинен бути поверхневим і малозатратним. Якщо поле вирівняне з осені, достатньо ранньовесняного закриття вологи та одного передпосівного проходу комбінованим агрегатом. Глибоке весняне рихлення є недоцільним, оскільки воно виносить на поверхню вологіші шари, які швидко пересихають під дією сонця і вітру. Додатковим ризиком є розпилення ґрунту, що сприяє ерозійним процесам і погіршує структуру посівного шару.

На чорноземах південного типу важливо не допустити утворення брилуватої поверхні, яка ускладнює висів і погіршує польову схожість. У разі пересушення верхнього шару ефективним може бути передпосівне коткування, однак його застосування повинно узгоджуватися зі станом ґрунту, щоб не викликати надмірного ущільнення. Таким чином, для Степу науково обґрунтованою є система, що орієнтована не стільки на інтенсивне розпушення, скільки на раціональне використання наявної вологи та формування стабільного посівного ложа.

Наукове обґрунтування системи передпосівного обробітку під льон-довгунець передбачає дотримання низки загальних принципів. Перший принцип полягає у відповідності глибини і способу обробітку біологічним вимогам культури. Передпосівний шар повинен бути достатньо дрібногрудочкуватим, вирівняним і ущільненим знизу, але без надмірного заглиблення робочих органів.

Другий принцип пов'язаний із мінімізацією руйнування структури ґрунту. Надмірна кількість механічних впливів, особливо на легких і пересушених ґрунтах, призводить до утворення пилуватих фракцій, які після дощів запливають і формують кірку. Тому перевагу слід надавати комбінованим агрегатам, які забезпечують кілька технологічних ефектів за один прохід.

Третій принцип полягає у максимальному збереженні ґрунтової вологи. Для льону-довгунця це особливо важливо, оскільки дружність сходів напряму залежить від вологості посівного шару. Закриття вологи ранньою весною, скорочення кількості проходів, дотримання оптимальних строків передпосівного обробітку та уникнення зайвого розпушення становлять основу вологозберігальної стратегії.

Четвертий принцип стосується інтеграції механічного обробітку з іншими елементами технології вирощування. Ефективність передпосівної підготовки залежить від попередника, системи удобрення, способу основного обробітку, рівня засміченості поля та технічних можливостей господарства. Тому розглядати передпосівний обробіток ізольовано недоцільно; він повинен бути частиною цілісної адаптивної системи землеробства.

Якісно виконаний передпосівний обробіток ґрунту створює передумови для формування рівномірних сходів льону-довгунця, що є визначальною умовою одержання однорідного стеблостою. Рівномірність росту рослин безпосередньо впливає на висоту стебел, товщину волокна, рівень вилягання та технологічні властивості соломи. Якщо насіння розміщене на різній глибині або проростає в неоднакових умовах вологості, посів стає строкатим, що знижує якість кінцевої продукції.

Важливим результатом науково обґрунтованої системи передпосівного обробітку є також підвищення польової схожості насіння. За оптимального співвідношення щільності, вологості та аерації насіння швидше проростає і менше уражується ґрунтовими патогенами. Одночасно зменшується негативний вплив бур'янів, оскільки культурні рослини формують дружні сходи і краще використовують світло, вологу та поживні речовини.

Для льону-довгунця, який вирощують не лише на насіння, а й на волокно, особливо важливо забезпечити не просто високий урожай, а високу якість продукції. Саме тому передпосівний обробіток слід оцінювати не лише за показниками польової схожості чи чистоти поля, а й за його здатністю сприяти формуванню вирівняного, тонкостеблого та стійкого до вилягання агрофітоценозу. У цьому полягає його важливе технологічне і економічне значення.

Наукове обґрунтування системи передпосівного обробітку ґрунту під льон-довгунець повинно базуватися на комплексному врахуванні біологічних особливостей культури, агрофізичних властивостей ґрунту та специфіки ґрунтово-кліматичної зони. Встановлено, що універсальної схеми передпосівного обробітку для всіх умов не існує, а найбільш ефективним є адаптивний підхід, за якого система технологічних операцій диференціюється залежно від типу ґрунту, рівня зволоження, структурного стану орного шару і ризику кіркоутворення.

Для умов Полісся пріоритетними є збереження вологи, недопущення переущільнення і формування дрібногрудочкуватого посівного шару при мінімальній кількості проходів техніки. У Лісостепу основне значення мають поєднання розпушення, вирівнювання і регулювання щільності орного шару з урахуванням ризику запливання поверхні. У Степу система передпосівного обробітку повинна бути максимально вологозберігальною, з орієнтацією на поверхневий обробіток і застосування комбінованих агрегатів.

Доведено, що якість передпосівного обробітку істотно впливає на польову схожість насіння, дружність сходів, рівномірність росту рослин, продуктивність посівів та якість льонопродукції. Отже, раціонально побудована система передпосівного обробітку ґрунту є однією з ключових ланок технології вирощування льону-довгунця та важливим резервом підвищення ефективності льонарства в різних природно-кліматичних умовах.

94. Ангарська Л.Л. Відокремлений структурний підрозділ «Уманський фаховий коледж технологій та бізнесу Уманського національного університету» м. Умань, Україна.

СУЧАСНІ НАНОТЕХНОЛОГІЇ У БОРОТЬБІ З ТЕРТЯМ

Тертям у широкому фізичному трактуванні цього терміну називають таку взаємодію рухомого тіла з іншими тілами або оточуючим середовищем, яка супроводжується *розсіюванням енергії*. Тож пошук способів зменшення шкідливого впливу тертя пов'язаний з пошуком шляхів зменшення втрат енергії на його подолання у механічно спряжених вузлах, у даному випадку, сільськогосподарської техніки.

Раніше у переважній більшості механічних пристроїв зменшення тертя досягалося за рахунок застосування рідких мастил, що отримувалися внаслідок перегонки важких *нафтопродуктів*. Хімічну основу таких нафтових мастил складають вуглеводні з присутністю у них парафінових, ароматичних та змішаних складових, а також сірки.

З часом почали використовувати більш ефективні *синтетичні мастила*, отримувані хімічним шляхом із органічної і неорганічної сировини. Синтетичні масла і мастила відзначаються великою різноманітністю. Крім синтетичних вуглецевоводневих і силіконових мастил до їх числа відносяться діефірні, полігліколеві, фторовуглецеві, фосфорорганічні й інші типи мастил, які успішно конкурували у свій час з найкращими нафтовими мастилами навіть з добавками присадок.

Застосування таких мастил було зумовлене у першу чергу відносно малою в'язкістю, що дозволяє їм легко проникати у зону контакту і забезпечувати там рідинне тертя, за якого зношування деталей практично було відсутнє. Енергетичні втрати, які залежать лише від в'язкості мастил, виявляються за цього мінімальними.

Важливою позитивною властивістю мінеральних і синтетичних масел і пластичних мастил є їх здатність утворювати на поверхні металів тонких (у межах 100 ангстрем) і надзвичайно міцних плівок. Такі, так звані, граничні плівки не витискаються навіть за великих і тривалих статичних навантажень і у той же час володіють малим опором зрушенню.

З часом області застосування різних машин, поряд з намаганням всіляко підвищити їх ефективність і надійність, значно розширилися. Інтенсивний перехід до все більш важких і не звичних умов експлуатації технічних пристроїв у поєднанні зі зростанням їх вартості і відповідальності виконуваних завдань, неминуче призводить до ситуації, коли нова машина, механізм або прилад, працюючи у напружених і маловивчених умовах, повинні тим не менше забезпечувати виключно високу надійність. Це у повній мірі відноситься й до вузлів тертя, значення яких у багатьох випадках виявляється у такій же мірі вирішальним, як оптичних, електронних й інших систем і елементів технічних пристроїв.

Зростання таких вимог змушує шукати й нові методи боротьби з тертям. У наш час ці методи переходять у сферу використання наночастинок, наноматеріалів та відповідних нанотехнологій [1].

Так, додавання наночастинок у мастила покращує ковзання поверхонь і створює захисний шар. Використовуються такі типи наночастинок:

- наночастинки металічних оксидів**:** ZnO (оксид цинку), TiO_2 (діоксид титану), Al_2O_3 (оксид алюмінію) сприяють зниженню коефіцієнта тертя та утворенню захисного шару на поверхнях;
- наночастинки твердих мастильних матеріалів**:** графен, графіт, MoS_2 (дисульфід молібдену), WS_2 (дисульфід вольфраму) утворюють тонкий шар з низьким тертям на контактах;
- наночастинки металів (Ag, Cu, Pt, Au) за певних умов можуть працювати як каталізатори для утворення низькотертьових покриттів.

Переваги використання: значне зниження коефіцієнта тертя; посилення зносостійкості; поліпшення ефективності мастила.

Значно знизити контактне тертя та запобігти зносу деталей можуть нанопокриття. Основними типами з них є**:** нітрид титану (TiN), нітрид алюмінію (AlN), CrN **-** тверді покриття, що підвищують твердість і стійкість до зношування; нанокомпозитні покриття - забезпечують комбінацію твердої матриці й низькотертьових нанофаз; графенові та карбонові нанопокриття - створюють надтонкі низькотертьові шари на поверхнях інструментів, валів, циліндрів.

Де застосовуються: гільзи циліндрів; плунжери та форсунки; кулачки та ролики; шатунні шийки.

Основні напрями розвитку нанотехнологій у боротьбі з тертям.

Використання нанокомпозитів у структурах мастил як певних добавок, що утворюють наноструктуровані плівки у процесі експлуатації. Це самоорганізовувані шари, що самовідновлюються за певних умов, знижують тертя й захищають поверхні.

Використання нанотекстурованих поверхонь для керування мастильними плівками.

Як це працює: на поверхню наносять мікро- та наноканали, що утримують мастило; оптимізують капілярні ефекти і розподілення мастила; зменшують локальні точки контактного тиску. Це ефективно для: циліндрів і поршнів, підшипників ковзання, ролико-кулачкових механізмів.

Деякі наноматеріали (графен, MoS_2, WS_2) у мастилах діють як мікроскопічні кульки, що котяться, знижуючи опір тертю ковзання. Це схоже на механічні нанопідшипники у тонких мастильних плівках.

Розробляються синтетичні наномастила, що містять частинки, здатні самостійно утворювати захисні шари на поверхнях тертя під впливом тиску або температури.

Приклади практичного застосування в авто/тракторобудуванні

Для тракторів: гусеничні та ковзні підшипники, редуктори трансмісії, шестерні гідросистем.

Для автомобілів: підшипники колінчастого валу, розподільчі муфти, форсунки, плунжери, кермові рейки та шарніри.

Двигун внутрішнього згоряння

Найефективнішими рішеннями зменшення тертя у парі «поршень – гільза циліндра» є використання:

- **г**рафену, який формує надтонку захисну плівку; знижує коефіцієнт тертя до 20–30%; підвищує теплопровідність; добре працює в моторних оливах (оптимально: для сучасних турбодвигунів з високими температурами);

- MoS_2 (дисульфід молібдену) – це класичний твердий мастильний матеріал, він працює навіть за часткової втрати мастила та ефективний за значень граничного тертя (особливо корисний: для тракторних дизелів, що працюють під великим навантаженням).
- *DLC*-покриття (алмазоподібний вуглець) - наноструктуроване вуглецеве покриття, яке має дуже низький коефіцієнт тертя (0,05–0,15) та високу зносостійкість (застосовується: на поршневих пальцях, кільцях, штовхачах).

Підшипники колінчастого валу

Найкращі нанодобавки: WS_2 (дисульфід вольфраму) — витримує високі тиски; наночастинки Cu або Ag — покращують тепловідведення; нанокомпозитні полімерні вкладиші (**результат:** зниження зносу до 30–40%).

Розподільчий механізм (кулачки – штовхачі)

Використовуються: DLC-покриття, наноструктурований TiN, графенові присадки до мастила (це критично важливо, бо тут високий контактний тиск).

Трансмісія (коробка передач, редуктори)

Зубчасті передачі

Ефективні нанорішення:

- наночастинки:
- оксидів (Al_2O_3, TiO_2) - заповнюють мікронерівності, формують захисний шар;
- WS_2 та MoS_2 - утворюють шар ковзання за граничного тертя;
- наноструктуровані CrN або TiAlN покриття, які підвищують твердість поверхні зубців шестерень.

Особливо актуально для тракторів, у яких великі крутні моменти.

Підшипники кочення

Найефективніше: графенові мастила; нанодобавки на основі бору (h-BN); текстурування поверхонь + нанопокриття.

Зменшення шуму і нагріву.

Гідросистеми тракторів

Ефективними рішеннями проблеми зношування плунжерів та клапанів є: нанопокриття TiN; наночастинки SiO_2; графенові добавки до гідравлічної рідини.

Отже основними перевагами нанорішень у зниженні тертя є: зменшення енергетичних втрат; підвищення ресурсу вузлів; зниження шуму й вібрації; підвищення економії пального; менша витрата мастила.

За прогнозами найбільш перспективними у найближчому майбутньому у технологіях виробництва сільськогосподарської техніки (трактори, автомобілі, комбайни і т.ін.) будуть широко використовуватися: графенові присадки, DLC-покриття, нанокомпозитні мастила з WS_2, самоорганізовувані трибоплівки [2; 3].

Список використаних джерел

1. Краснобокий Ю.М., Мартинюк М.Т., Хитрук В.І. У світі нанотехнологій: навч.посібник. Умань: ПП Жовтий О.О., 2010. 112 с.
2. Чмерук М.О. Нанотехнології в машинобудуванні: стан і перспективи. Сільськогосподарське машинобудування України очима молоді: проблеми, пошуки, перспективи [зб.матер. IV студентської наук.-практ.конф.]. Умань: ВПЦ «Візаві», 2013. С.151-155.

95. Мітков В. Б. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного м. Мелітополь, Україна.

РОБОТИЗОВАНІ СИСТЕМИ У РОСЛИННИЦТВІ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРЕЦИЗІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Сучасний розвиток аграрного виробництва характеризується інтенсивним впровадженням цифрових технологій, автоматизації та роботизації технологічних процесів. Зростання світового попиту на продовольство, обмеженість природних ресурсів, зміна клімату та дефіцит трудових ресурсів зумовлюють необхідність пошуку нових технічних рішень для підвищення продуктивності сільського господарства. Одним із найбільш перспективних напрямів інноваційного розвитку є використання роботизованих систем у рослинництві, що дозволяють автоматизувати виконання агротехнічних операцій і забезпечити високий рівень точності виробничих процесів.

Особливого значення набуває досвід країн Північної Європи — Швеції, Данії та Норвегії, де роботизація аграрного сектору розглядається як ключовий інструмент реалізації концепції прецизійного землеробства. Впровадження автономних аграрних машин, сенсорних систем моніторингу стану ґрунту та рослин, а також систем штучного інтелекту забезпечує підвищення продуктивності виробництва і водночас сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля [1, 2, 3, 4].

Метою дослідження є аналіз технічних рішень та практик використання роботизованих систем у рослинництві на прикладі Скандинавських країн та оцінка можливостей їх адаптації для аграрного сектору України.

У сучасних умовах розвитку прецизійного землеробства сформувався комплекс роботизованих технологічних рішень, які можуть бути інтегровані у виробничі процеси рослинництва. До них належать автономні наземні роботизовані платформи, безпілотні літальні апарати для моніторингу посівів, автоматизовані системи сівби, обприскування та збору врожаю.

Одним із прикладів сучасних роботизованих систем є модульна аграрна платформа Thorvald, розроблена у Норвезькому університеті наук про життя (NMBU). Дана система призначена для виконання широкого спектра агротехнічних операцій — від міжрядної культивації до моніторингу стану рослин та збору врожаю. Робот оснащений системами навігації GNSS та LIDAR, що дозволяє здійснювати переміщення з точністю до кількох сантиметрів [2, 4].

Іншим прикладом є автономний агрегат Robotti, створений у Данії, який може виконувати операції передпосівного обробітку ґрунту, сівби та локального внесення засобів захисту рослин. Використання таких машин дозволяє значно скоротити витрати пального, підвищити точність агротехнологічних операцій та знизити антропогенне навантаження на ґрунтовий покрив [1].

Важливим напрямом розвитку роботизованих систем є інтеграція наземних платформ із безпілотними літальними апаратами. У цьому випадку дрони здійснюють дистанційний моніторинг посівів із застосуванням мультиспектральних сенсорів та аналізу індексу NDVI, після чого наземні роботи виконують точкову обробку проблемних зон поля. Така технологія дозволяє зменшити використання агрохімікатів і підвищити ефективність догляду за культурами.

Результати досліджень, проведених на агропідприємствах Скандинавських країн, свідчать про значний економічний та екологічний ефект від використання роботизованих технологій. Зокрема, впровадження автономних систем дозволяє підвищити продуктивність агровиробництва на 15–25 %, скоротити витрати пального та агрохімікатів до 30 %, а також зменшити негативний вплив на довкілля [3].

Для кількісної оцінки результативності впровадження автономних машин доцільно використовувати інтегральний індекс ефективності роботизованої системи, який враховує продуктивність, витрати ресурсів, енергоспоживання та надійність техніки.

$$K_{ef} = w_1 \cdot \frac{Q_{rob}}{Q_{trad}} + w_2 \cdot \frac{C_{trad}}{C_{rob}} + w_3 \cdot \frac{E_{trad}}{E_{rob}} + w_4 \cdot \frac{K_{ready,rob}}{K_{ready,trad}} + w_5 \cdot \frac{\delta_{trad}}{\delta_{rob}} \quad (1)$$

де

Kef — інтегральний індекс ефективності роботизованої системи;

Q — продуктивність машин (га/год);

C — витрати ресурсів (грн/га);

E — енерговитрати (кВт·год/га або л/га);

Kready — коефіцієнт технічної готовності;

δ — похибка виконання технологічної операції;

wi — вагові коефіцієнти.

Інтерпретація показника є наступною:

- $K_{ef} > 1$— роботизована система є ефективнішою за традиційну техніку;
- $K_{ef} = 1$— рівень ефективності є однаковим;
- $K_{ef} < 1$— застосування роботизованої системи є економічно або технічно недоцільним.

Важливим параметром у формулі (1) є коефіцієнт технічної готовності, який характеризує надійність роботи автономної машини:

$$K_{ready} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2)$$

де MTBF — середній час безвідмовної роботи машини;

MTTR — середній час відновлення після відмови.

Запропонований індекс дозволяє виконувати комплексну техніко-економічну оцінку роботизованих систем у рослинництві, враховуючи продуктивність машин, енергетичну ефективність, точність виконання агротехнічних операцій та надійність функціонування. Його використання створює можливість обґрунтовано порівнювати традиційні та автономні технології обробітку ґрунту, сівби або догляду за культурами та визначати економічну доцільність їх впровадження у виробничу практику.



Рис. 1. Концептуальна модель інтегральної оцінки ефективності роботизованих систем у рослинництві.

Джерело: сформовано автором на основі дослідження [5]

Запропонований індекс дозволяє виконувати комплексну техніко-економічну оцінку ефективності використання роботизованих систем у рослинництві та визначати доцільність їх впровадження у виробничу практику.

Додаткові дослідження, проведені на основі моделювання експлуатації автономних електричних тракторів, показали можливість зниження енергоспоживання на гектар до 47–75 % порівняно з традиційною дизельною технікою. Одночасно відзначається суттєве зменшення ущільнення ґрунту завдяки використанню легких роботизованих агрегатів.

Польові випробування роботизованого культиватора Ekobot WEAI продемонстрували зниження використання гербіцидів до 70 % без втрати врожайності. Це свідчить про значний потенціал роботизованих технологій у підвищенні екологічної безпеки аграрного виробництва [1, 7].

Разом з тим, адаптація роботизованих технологій до умов українського агросектору потребує врахування низки факторів. До основних бар'єрів належать високі початкові інвестиції, недостатній

рівень цифрової інфраструктури в сільській місцевості, а також дефіцит кваліфікованих спеціалістів для обслуговування роботизованих комплексів.

Важливим напрямом подальшого розвитку є формування державної політики підтримки інновацій у сільському господарстві, що передбачає стимулювання впровадження цифрових технологій, розвиток сервісної інфраструктури та підготовку фахівців з експлуатації роботизованих систем.

Отже, роботизація рослинництва є одним із ключових напрямів модернізації аграрного виробництва. Досвід Скандинавських країн демонструє значний потенціал використання автономних агротехнічних систем для підвищення ефективності виробництва, оптимізації використання ресурсів та зниження екологічного навантаження. Впровадження подібних технологій в Україні може стати важливим чинником підвищення конкурентоспроможності національного аграрного сектору та переходу до сталих моделей ведення сільського господарства.

Список використаних джерел

1. Barbosa Júnior M.R. Advancements in Agricultural Ground Robots for Specialty Crops: An Overview of Innovations, Challenges, and Prospects // Plants. 2024. Vol. 13, № 23. DOI: https://doi.org/10.3390/plants13233372.

2. Grimstad L., From P.J. Thorvald II – a modular and reconfigurable agricultural robot // IFAC-PapersOnLine. 2017. Vol. 50, № 1.

3. Lagnelöv J. Electric autonomous tractors in Swedish agriculture: a systems analysis of economic, environmental and performance effects. Swedish University of Agricultural Sciences, 2023.

4. Pedersen S.M., Fountas S., Have H., Blackmore B.S. Agricultural robots — system analysis and economic feasibility // Precision Agriculture. 2017.

5. Мітков, В. Б. Використання роботизованих систем у рослинництві: аналіз практик прецизійного землеробства скандинавських країн. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 15(2), 83-92. 2025 https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-2-10

6. Шеремет А.М., Шеремет О.І., Литвин О.М. Цифровізація аграрного виробництва в умовах сталого розвитку сільських територій // Економіка та прогнозування. 2021.

7. Ekobot AB. Field Trials Report: Autonomous Weeding in Onion Production in Sweden [Електронний ресурс]. 2022. URL: https://www.ekobot.se (дата звернення: 04.03.2026).

96. Голотюк М.В., Пилипака Т.С., Валецька О.В. Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШВИДКІСНИХ РЕЖИМІВ РУХУ ТЕХНІКИ НА ДЕФОРМАЦІЮ ҐРУНТОВОГО МАСИВУ

Інтенсивна механізація сучасного сільського господарства супроводжується зростанням маси та потужності сільськогосподарської техніки, що призводить до значного підвищення антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив. У процесі виконання польових робіт машинно-тракторні агрегати багаторазово переміщуються по поверхні поля, створюючи значні контактні напруження у ґрунтовому масиві. Це спричиняє деформацію та ущільнення ґрунту, зміну його фізико-механічних властивостей, порушення структури та погіршення водно-повітряного режиму. Як наслідок, знижується біологічна активність ґрунту, ускладнюється розвиток кореневої системи рослин і зменшується врожайність сільськогосподарських культур [1].

Одним із важливих факторів, що впливають на процеси деформації ґрунтового масиву, є швидкісний режим руху сільськогосподарської техніки. Швидкість руху агрегату визначає характер взаємодії ходових систем машин із ґрунтом, тривалість контакту рушіїв із поверхнею поля, величину динамічних навантажень та інтенсивність передавання напружень у глибші шари ґрунту. Зі збільшенням швидкості руху змінюється характер деформаційних процесів у ґрунті, зростає динамічний вплив навантаження, що може призводити до руйнування верхнього шару ґрунту, формування колій та переміщення ґрунтових частинок [2].

У процесі руху машинно-тракторних агрегатів у ґрунті формується складний напружено-деформований стан, який визначається дією вертикальних і горизонтальних сил, що передаються через колеса або гусеничні рушії. Під впливом цих сил ґрунт зазнає стискання, зсуву та часткового руйнування структури. Величина і характер деформації залежать від швидкості руху техніки, маси агрегату, площі контакту рушіїв із ґрунтом, внутрішнього тиску в шинах, а також від фізико-механічних властивостей самого ґрунту.

Особливо чутливими до механічного впливу є ґрунти з підвищеною вологістю. За таких умов знижується міцність ґрунтового масиву, що призводить до збільшення глибини деформації та формування колій. При підвищених швидкостях руху техніки виникають додаткові динамічні навантаження, які можуть викликати руйнування агрегатної структури ґрунту та інтенсивне переміщення його частинок. У результаті формується ущільнений шар, який перешкоджає проникненню вологи та повітря в нижні горизонти ґрунту [3].

Поряд зі швидкістю руху важливе значення має також кількість проходів техніки по полю. Дослідження показують, що більша частина ущільнення ґрунту формується вже після перших проходів машинно-тракторних агрегатів, а подальші проходи лише поглиблюють процес деформації ґрунтового масиву. Тому важливим напрямом зменшення негативного впливу техніки на ґрунт є оптимізація технологічних процесів, зокрема скорочення кількості проходів машин та використання раціональних швидкісних режимів роботи агрегатів.

У сучасних дослідженнях значна увага приділяється застосуванню математичних моделей і комп'ютерного моделювання для аналізу процесів взаємодії ходових систем машин із ґрунтом. Використання методів моделювання дозволяє досліджувати напружено-деформований стан ґрунтового масиву під дією рухомої техніки, визначати глибину поширення напружень у ґрунті та прогнозувати ступінь його ущільнення. Такі підходи дають можливість визначити оптимальні швидкісні режими роботи машинно-тракторних агрегатів з урахуванням конкретних ґрунтових умов.

Перспективним напрямом зменшення деформації ґрунту є також використання технічних рішень, спрямованих на зниження питомого тиску рушіїв на поверхню поля. До таких рішень належать застосування широкопрофільних і низьконапірних шин, гусеничних рушіїв, систем регулювання тиску в шинах, а також використання технологій контрольованого руху техніки по полю (Controlled Traffic Farming). Поєднання цих технологічних рішень з оптимальним вибором швидкісних режимів руху машин дозволяє суттєво зменшити негативний вплив техніки на ґрунтову структуру.

Таким чином, швидкість руху сільськогосподарської техніки є одним із ключових факторів, що визначають характер деформації ґрунтового масиву. Раціональний вибір швидкісних режимів роботи машинно-тракторних агрегатів у поєднанні з оптимізацією інших параметрів експлуатації дозволяє зменшити ущільнення ґрунту, зберегти його структуру та підвищити ефективність використання сільськогосподарської техніки. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на розроблення комплексних методів оцінювання впливу техніки на ґрунт і створення інноваційних технічних рішень, що забезпечують екологічно безпечне використання машин у сучасному агровиробництві.

Список використаних джерел

1. Сергієнко М. Є. та ін. Вплив сільськогосподарських тракторів на ущільнення ґрунту. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування**.** Харків : НТУ «ХПІ», 2021. № 1. С. 95–103.

2. Голотюк М.В. Аналіз деформацій гумової гусениці з різним матеріалом корду / Голотюк М.В., Шимко А.В. // Сільськогосподарські машини: зб.наук. ст. – Луцьк, 2022. – Вип. 48. – С.39-45.

3. Khemis C., et al. Effects of tractor forward velocity on soil compaction under different soil water contents. African Journal of Agricultural Research. 2022. Vol. 18. No. 5. P. 287–295.

97. В.Л. Пахаренко, О.В. Валецька Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ І МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Одним із важливих напрямів підвищення продуктивності сучасного землеробства є раціональне використання органічних і мінеральних добрив. Добрива відіграють ключову роль у забезпеченні рослин необхідними елементами живлення, підвищенні родючості ґрунтів та стабілізації врожайності сільськогосподарських культур. Проте ефективність їх використання значною мірою залежить не лише від кількості внесених поживних речовин, а й від способу та рівномірності їх розподілу на поверхні поля або в ґрунтовому профілі. У зв'язку з цим важливе значення має удосконалення конструкцій машин для внесення добрив і дослідження параметрів їх робочих органів [1].

У сучасних технологіях рослинництва застосовуються різні типи машин для внесення добрив: розкидачі мінеральних добрив дискового типу, машини для внесення гранульованих добрив, агрегати для внесення органічних добрив (гною, компосту, посліду), а також комбіновані машини для

локального внесення добрив під час сівби або міжрядного обробітку. Робочі органи таких машин можуть мати різну конструкцію — дискові розподільники, шнекові та стрічкові дозатори, роторні або барабанні подрібнювачі, транспортні механізми та розподільні пристрої [2].

Основною вимогою до роботи таких машин є забезпечення рівномірного розподілу добрив на поверхні поля або в зоні розміщення кореневої системи рослин. Нерівномірність внесення призводить до неефективного використання поживних речовин, локального перенасичення ґрунту мінеральними елементами або, навпаки, до їх нестачі в окремих ділянках поля. Це може викликати нерівномірний розвиток рослин, зниження врожайності та погіршення екологічного стану агроекосистем. Тому дослідження параметрів робочих органів машин для внесення добрив є важливим науковим і практичним завданням сучасної агроінженерії [3].

Одним із найбільш поширених типів машин для внесення мінеральних добрив є відцентрові дискові розкидачі. Їх робочими органами є диски з лопатями, що обертаються з певною швидкістю та забезпечують розподіл гранул добрив на поверхні поля. Основними параметрами, що визначають ефективність роботи таких машин, є швидкість обертання дисків, форма та кут нахилу лопатей, висота розташування дисків над поверхнею ґрунту, швидкість руху агрегату та фізико-механічні властивості гранул добрив. Зміна цих параметрів впливає на дальність і рівномірність розподілу частинок добрив, що визначає якість виконання технологічної операції [4].

Для машин, призначених для внесення органічних добрив, характерним є використання роторних або барабанних робочих органів, які виконують функції подрібнення, транспортування та розподілу органічної маси. Особливістю таких машин є значна неоднорідність органічних добрив, що ускладнює процес їх дозування та рівномірного розподілу. У зв’язку з цим дослідження параметрів роторних робочих органів, зокрема швидкості їх обертання, кількості та форми робочих елементів, відстані між ними та кута встановлення лопатей, має важливе значення для підвищення ефективності внесення органічних добрив.

Важливим аспектом дослідження робочих органів машин для внесення добрив є аналіз руху частинок добрив у зоні їх розподілу. Частинки мінеральних добрив під час розкидання рухаються за складними траєкторіями, які залежать від швидкості обертання робочих органів, сили тяжіння, опору повітря та взаємодії частинок між собою. Для дослідження цих процесів широко застосовуються математичні моделі та комп’ютерне моделювання, зокрема метод дискретних елементів (DEM), який дозволяє аналізувати рух великої кількості частинок і визначати закономірності їх розподілу на поверхні поля.

Крім конструктивних параметрів робочих органів важливу роль відіграють експлуатаційні режими роботи машин, зокрема швидкість руху машинно-тракторного агрегату, норма внесення добрив, висота розташування розподільних органів над поверхнею поля та погодні умови. Оптимізація цих параметрів дозволяє підвищити рівномірність внесення добрив, зменшити їх втрати та забезпечити ефективне використання поживних речовин рослинами.

У сучасних умовах розвитку точного землеробства значна увага приділяється впровадженню систем диференційованого внесення добрив. Сучасні машини оснащуються системами GPS-навігації, електронними дозаторами та комп’ютерними системами керування, що дозволяє змінювати норму внесення добрив залежно від агрохімічних характеристик окремих ділянок поля. Це сприяє підвищенню ефективності використання добрив, зменшенню витрат ресурсів та мінімізації негативного впливу на довкілля.

Дослідження параметрів робочих органів машин для внесення органічних і мінеральних добрив є важливим напрямом розвитку сучасної агроінженерії. Оптимізація конструктивних і технологічних параметрів таких машин дозволяє підвищити якість внесення добрив, забезпечити більш раціональне використання поживних речовин, зменшити енергетичні витрати технологічних процесів і підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва.

Список використаних джерел

1. Голотюк М. В., Налобіна О. О., Бундза О. З., Тхорук Є. І., Дорощук В. О. Підвищення ефективності технічного обслуговування машин. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. 2022. № 3(99). С. 118–127.

2. Bulgakov V. M., Adamchuk V. V., Ivanovs S., Olt J. Experimental research into uniformity in spreading mineral fertilizers with fertilizer spreader disc with tilted axis. Agronomy Research. 2021. Vol. 19(1). P. 115–128.

3. Xu B., Cui Q., Guo L., Hao L. Design and parameter optimization of a combined rotor crushing organic fertilizer spreader. Agronomy**.** 2024. Vol. 14(8). Article 1732.

4**.** Голотюк М. В., Налобіна О. О., Бундза О. З., Серілко Д. Л., Гавриш В. С. Дослідження експлуатаційних властивостей машин і обладнання. Рівне : НУВГП, 2023. 210 с.

98. Налобіна О.О., Змієвська О.Г. Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне, Україна.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІСЛЯЖНИВНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

Сучасний розвиток аграрного виробництва супроводжується необхідністю підвищення ефективності післяжнивної обробки зерна, оскільки значна частина втрат урожаю припадає саме на післязбиральні операції — очищення, сушіння, транспортування та зберігання. За даними досліджень, значний обсяг виробленого зерна може втрачатися під час післяжнивної обробки через недосконалі технології, механічні пошкодження зернівок, неправильні режими сушіння та недостатню ефективність обладнання. У глобальному масштабі втрати продовольства на етапах післязбирального оброблення можуть становити понад третину виробленої продукції, що негативно впливає на продовольчу безпеку та економічні результати аграрного виробництва [1].

Післяжнивна обробка зерна є важливим етапом технологічного ланцюга виробництва, який включає комплекс операцій: первинне очищення, сушіння, сортування, калібрування та підготовку зерна до зберігання. Основною метою цих операцій є забезпечення високої якості зерна, зменшення його вологості до безпечного рівня, видалення домішок і пошкоджених зернівок, а також створення оптимальних умов для подальшого зберігання. Неналежна організація цих процесів може призводити до розвитку мікрофлори, ураження зерна шкідниками, утворення плісняви та втрати харчових і посівних властивостей продукції [2].

Важливим напрямом підвищення ефективності післяжнивної обробки є використання сучасних машин та обладнання, що забезпечують комплексну механізацію і автоматизацію технологічних процесів. До таких технічних засобів належать зерноочисні машини, сепаратори, сушильні установки, транспортні системи та комплекси для зберігання зерна. Сучасні зерноочисні машини використовують комбінацію аеродинамічного, решітного та вібраційного принципів розділення, що дозволяє підвищити ефективність очищення зернових сумішей та зменшити втрати корисного продукту.

Однією з ключових операцій післяжнивної обробки є сушіння зерна. Зерно, що надходить із поля, зазвичай має підвищену вологість, що створює сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів і псування продукції. Сучасні зерносушарки забезпечують контроль температурного режиму та рівномірний розподіл повітряних потоків, що дозволяє зменшити енергоспоживання і водночас зберегти якість зерна. Інноваційні технології сушіння, зокрема інфрачервоне, мікрохвильове та комбіноване сушіння, можуть суттєво знизити енерговитрати технологічного процесу — у деяких випадках до 80 % порівняно з традиційними методами [3].

Значну роль у підвищенні ефективності післяжнивної обробки відіграє оптимізація роботи зерноочисних агрегатів і виробничих ліній. Дослідження показують, що оптимальний режим роботи обладнання та узгодження продуктивності машин у складі технологічної лінії дозволяє знизити питомі витрати електроенергії і підвищити ефективність очищення зерна. Застосування методів математичного моделювання і планування експерименту дає змогу визначити оптимальні параметри роботи машин, які забезпечують мінімальні енерговитрати при збереженні необхідної якості очищення .

Перспективним напрямом розвитку післяжнивної обробки є впровадження автоматизованих систем контролю та цифрових технологій. Сучасні зерноочисні комплекси оснащуються датчиками контролю вологості, температури, продуктивності та якості зерна, що дозволяє здійснювати моніторинг технологічного процесу в режимі реального часу. Використання комп’ютеризованих систем керування дає можливість оптимізувати режими роботи обладнання, зменшити втрати зерна та підвищити енергоефективність технологічних ліній.

Підвищення ефективності післяжнивної обробки зерна є важливим напрямом розвитку сучасної агроінженерії. Використання високопродуктивних машин, удосконалення технологічних режимів їх роботи, впровадження енергоощадних технологій сушіння та цифрових систем керування дозволяє зменшити втрати зерна, підвищити його якість і забезпечити економічну ефективність зернового виробництва. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на створення інтелектуальних

технологічних комплексів післяжнивної обробки, які забезпечуватимуть оптимальну взаємодію машин і обладнання у складі сучасних зернопереробних систем.

Список використаних джерел

1. Nath B., Ramesh K., Sharma S. Research and technologies to reduce grain postharvest losses: a review. Agriculture. 2024. Vol. 14. Article 119.

2. Postnikova M., et al. The grain cleaning production lines' energy-saving operation modes. Agricultural Engineering. 2022. Vol. 26. No. 1. P. 39–47.

3. Chojnacka K. Improvements in drying technologies for grain and seed processing. Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 295. Article 126375.

99. Голотюк М.В., Ювчик Н.О. Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне, Україна.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НИЗЬКОНАПІРНИХ ШИН ТА ГУСЕНИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ

Сучасне інтенсивне землеробство супроводжується широким використанням важкої сільськогосподарської техніки, що призводить до значного антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив. Однією з найважливіших проблем сучасної агроінженерії є ущільнення ґрунту під дією машинно-тракторних агрегатів. У процесі руху техніки по полю відбувається передача значних контактних напружень від рушіїв машин до ґрунтового масиву, що призводить до порушення структури ґрунту, зменшення пористості, погіршення водно-повітряного режиму та, як наслідок, зниження врожайності сільськогосподарських культур [1].

Ущільнення ґрунту формується внаслідок дії декількох факторів: маси техніки, кількості проходів машин, вологості ґрунту, типу ходової системи та питомого тиску рушіїв на поверхню поля. Дослідження показують, що під впливом важких машин підвищується об'ємна маса ґрунту та зменшується його пористість, що негативно впливає на розвиток кореневої системи рослин і водний режим агроекосистем [2].

Одним із перспективних напрямів зменшення негативного впливу сільськогосподарської техніки на ґрунт є використання низьконапірних шин та гусеничних рушіїв. Основний принцип їх застосування полягає у збільшенні площі контакту ходової системи з ґрунтом, що дозволяє зменшити питомий тиск на поверхню поля. Завдяки цьому навантаження від маси машини розподіляється на більшу площу, що сприяє зниженню ступеня ущільнення ґрунтового шару.

Низьконапірні шини мають збільшену ширину профілю та працюють при зниженому внутрішньому тиску, що дозволяє формувати більшу контактну пляму. За рахунок цього зменшується концентрація напружень у ґрунті та покращуються тягово-зчіпні властивості машинно-тракторного агрегату. Дослідження показують, що зниження тиску в шинах є ефективним способом зменшення контактного навантаження і, відповідно, ущільнення ґрунту[3].

Ще більш ефективним технічним рішенням є застосування гусеничних рушіїв. Гусеничні системи забезпечують значно більшу площу контакту з ґрунтом порівняно з колісними рушіями. У середньому площа контакту гусеничного рушія може бути на 40–60 % більшою, ніж у колісних тракторів аналогічної маси, що дозволяє суттєво знизити питомий тиск на ґрунт і, відповідно, рівень його ущільнення.

Крім зменшення ущільнення ґрунту, використання гусеничних систем має й інші переваги. До них належать підвищена прохідність техніки, покращення тягових характеристик машин, можливість виконання польових робіт у складних ґрунтово-кліматичних умовах та зменшення буксування рушіїв. Це особливо важливо під час ранньовесняних польових робіт або за підвищеної вологості ґрунту.

Разом з тим використання гусеничних систем та широкопрофільних шин має і певні обмеження. До них належать підвищена вартість техніки, складність технічного обслуговування, а також підвищене зношування елементів ходової системи. Крім того, ефективність застосування таких рішень значною мірою залежить від типу ґрунту, вологості та режимів експлуатації машинно-тракторних агрегатів.

Сучасні дослідження у сфері агроінженерії спрямовані на розроблення нових конструкцій рушіїв із регульованим тиском у шинах, комбінованих колісно-гусеничних систем, а також інтелектуальних систем керування режимами роботи машин. Такі технології дозволяють адаптувати параметри роботи техніки до конкретних ґрунтових умов і мінімізувати негативний вплив на агроландшафти.

Застосування низьконапірних шин та гусеничних систем є перспективним напрямом зниження ущільнюючої дії сільськогосподарської техніки на ґрунт. Використання таких технічних рішень сприяє збереженню структури ґрунту, підвищенню ефективності використання машинно-тракторних агрегатів та забезпеченню сталого розвитку сучасного аграрного виробництва.

Список використаних джерел

1. Shahgholi G., Moinfar A., Khoramifar A., Sprawka M., Szymanek M. Investigating the effect of tractor's tire parameters on soil compaction using statistical and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) methods. Agriculture. 2023. Vol. 13. No. 2. 259.

2. Сергієнко М. Є. та ін. Вплив сільськогосподарських тракторів на ущільнення ґрунту. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. Харків, 2021. № 1. С. 95–103.

3. Голотюк М. В., Налобіна О. О., Бундза О. З., Тхорук Є. І., Дорощук В. О**.** Мехатроніка в системах точного землеробства. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. 2022. № 4(100). С. 114–123.

100. Пилипака Т.С., Бундза О.З. Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне, Україна.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ CAD-СИСТЕМ

Сучасний розвиток аграрного виробництва супроводжується інтенсивним впровадженням інноваційних технологій проєктування та конструювання сільськогосподарської техніки. Одним із ключових напрямів удосконалення машинобудування для аграрного сектору є застосування сучасних систем автоматизованого проєктування (CAD-систем), які дозволяють моделювати конструкції машин, досліджувати робочі процеси та оптимізувати параметри технічних систем ще на етапі проєктування. Використання таких технологій значно скорочує терміни розроблення нової техніки, знижує витрати на проведення експериментальних досліджень та підвищує якість інженерних рішень [1].

Сільськогосподарські машини працюють у складних умовах взаємодії з ґрунтом, рослинною масою та іншими середовищами, що характеризуються високою неоднорідністю фізико-механічних властивостей. У процесі роботи машин виникають складні механічні, динамічні та енергетичні процеси, які важко дослідити лише експериментальними методами. Традиційні підходи до розроблення машин передбачали створення фізичних прототипів та їх подальші польові випробування, що потребувало значних матеріальних і часових витрат. У зв'язку з цим дедалі більшого значення набуває використання комп'ютерного моделювання робочих процесів сільськогосподарських машин [2].

Сучасні CAD-системи, такі як Autodesk Inventor, SolidWorks, CATIA, Siemens NX**,** дозволяють створювати тривимірні параметричні моделі машин та їх окремих вузлів, виконувати аналіз напружено-деформованого стану конструкцій, досліджувати кінематику механізмів і моделювати взаємодію робочих органів з оброблюваним середовищем. За допомогою таких систем інженер може оцінювати вплив геометричних параметрів робочих органів, матеріалів конструкцій та режимів роботи машин на ефективність виконання технологічних операцій.

Важливим напрямом використання CAD-систем у агроінженерії є моделювання процесів взаємодії робочих органів із ґрунтом. У ґрунтообробних машинах значну роль відіграють сили опору ґрунту, що впливають на енергетичні витрати та продуктивність машинно-тракторних агрегатів. Комп'ютерне моделювання дозволяє визначати оптимальні геометричні параметри робочих органів, прогнозувати розподіл напружень у ґрунтовому масиві та оцінювати енергетичні характеристики процесу обробітку. Це сприяє створенню більш енергоефективних машин та зменшенню негативного впливу техніки на ґрунтову структуру [3].

Не менш важливим є моделювання динамічних процесів у машинах для збирання врожаю, транспортування та післяжнивної обробки продукції. Використання CAD-систем дає можливість аналізувати рух матеріальних потоків, досліджувати процеси сепарації, подрібнення, транспортування та інші технологічні операції. Наприклад, під час розроблення зерноочисних машин або елеваторного обладнання можна моделювати траєкторії руху зернових частинок, оцінювати ефективність сепарації та оптимізувати параметри робочих органів.

Інтеграція CAD-систем з іншими програмними середовищами, зокрема системами CAE (Computer-Aided Engineering) **та** CAM (Computer-Aided Manufacturing), дозволяє створювати комплексні

цифрові моделі машин та здійснювати повний цикл їхнього проєктування — від розроблення концепції до підготовки виробництва. Використання методів кінцевих елементів (FEM) дає змогу досліджувати міцність конструкцій, прогнозувати зношування деталей та визначати оптимальні конструктивні параметри машин.

Важливим напрямом подальшого розвитку комп'ютерного моделювання є створення цифрових двійників (Digital Twin) сільськогосподарських машин. Такі моделі дозволяють у режимі реального часу аналізувати роботу техніки, прогнозувати її технічний стан та оптимізувати режими роботи машинно-тракторних агрегатів. У поєднанні з технологіями точного землеробства та системами моніторингу техніки це відкриває нові можливості для підвищення ефективності аграрного виробництва.

Застосування сучасних CAD-систем для моделювання робочих процесів сільськогосподарських машин є важливим інструментом підвищення ефективності проєктування та експлуатації аграрної техніки. Використання комп'ютерного моделювання дозволяє скоротити витрати на експериментальні дослідження, підвищити точність інженерних розрахунків та створювати високоефективні конструкції машин, адаптовані до умов сучасного агровиробництва.

Список використаних джерел

1. Shigley J. E., Mischke C. R., Budynas R. G. Mechanical Engineering Design**.** 10th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2015. 1100 p.

2. Groover M. P. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. 4th ed. Boston : Pearson Education, 2016. 824 p.

3. Мельник І. І., Бойко А. І., Барановський В. М. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Вища освіта, 2013. 447 с.

101. В.І.Дворук Національний університет «Київський авіаційний інститут» м. Київ, Україна.
К.В.Борак Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

РУЙНУВАННЯ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ ПРИ ЗНОШУВАННІ В ГРУНТАХ

Під час руху робочих органів ґрунтообробних, посівних та землерийних машин у середовищі незакріпленого абразиву – ґрунті, відбувається інтенсивне зношування металу, що супроводжується швидкою зміною розмірів та форми їх деталей.

Причиною зношування є специфічна взаємодія металу з ґрунтовою масою, активні абразивні частинки якої, в більшості своїй округлої форми, здійснюють складний рух і можуть не лише з високою відносною швидкістю ковзати, але й обертатися або перекочуватися поверхнею, поки не займуть по відношенню до неї, а також одна до одної положення стійкої рівноваги. Швидкість відносного переміщення частинок у зоні контакту з поверхнею, що зношується, істотно менше, ніж у віддалених від неї зонах, а також менше швидкості поступального руху робочого органу. Тому ґрунт слід розглядати як тверде тіло з вельми шорсткою поверхнею та рухомим активним шаром [1].

Під час взаємодії з металом абразивні частинки такого тіла при загальному тиску маси абразиву 0,1 - 0,5 МПа і твердості зношуваної поверхні 45 - 50 МПа з певними зусиллями, що залежать від розмірів та твердості частинок, а також щільності маси абразиву одночасно занурюються в поверхню та поступально переміщаються нею. В результаті поверхня виявляється покритою безліччю однаково спрямованих рисок та подряпин, довжина яких, як правило, не перевищує кількох міліметрів, що зливаються за довжиною. Окрім того, на поверхні спостерігаються доволі гладкі ділянки без орієнтованих рисок та подряпин. З цього випливає, що при русі в грунті руйнування поверхні металу робочого органу носить змішаний характер і включає в себе такі види руйнування: мікрорізання; багаторазове передеформування; корозійно - механічне стирання. Залежно від властивостей металу, абразиву та умов тертя кожен із цих видів руйнування може бути провідним або супутнім. [2].

Однією зі специфічних особливостей зношування металу під час руху в ґрунті є те, що абразивні частинки останнього з'єднані одна з одною у порівняно не міцну масу. Тому кінематика та динаміка їх відносного переміщення в активній зоні суттєво залежить від зв'язності частинок, фізико-механічних властивостей металу й абразиву, а також тиску на них маси ґрунту. Так, абразивні частинки глинистого та суглинистого ґрунту переміщуються в активній зоні у 3 – 3,5 рази швидше, ніж піщаного. Зі збільшенням нормального тиску в зоні контакту швидкість переміщення частинок піщаного та супіщаного грунту поверхнею зростає, тоді як глинистого та суглинку – залишається практично незмінною [3].

Робочі органи ґрунтообробних, посівних і землерийних машин, як правило, виготовляють із низьколегованих сталей, що містять 0,3...0,7 % вуглецю, з подальшим їх зміцненням різними технологічними методами. Наприклад, для робочих органів аграрних ґрунтообробних машин широке застосування знаходять сталі 65Г, Л63 та 28MnB5 та ін, зміцнені термічною обробкою.

Однак закономірності руйнування низьколегованих сталей при зношуванні у різних типах ґрунту залишаються до кінця не розкритими, що ускладнює науково обґрунтований вибір марки сталі при проектуванні робочих органів із необхідним рівнем зносостійкості і вказує на необхідність подальшого вивчення цієї проблеми.

Об`єктами дослідження даної роботи були конструкційні низьколеговані сталі 65Г і 28MnB5, зміцнені термічною обробкою за стандартними режимами.

Зразки, що були виготовлені із цих сталей піддавали лабораторним випробуванням на зношування при терті ковзання в грунті, які проводили на установці [4].

Грунтом була суміш глини (розмір частинок 0,01 – 0,001 мм) з піском (розмір частинок 1,0 – 0,05 мм) у співвідношеннях (табл. 1)

Таблиця 1. Типи грунту

Номер грунту	Тип грунту	Вміст глини, %	Вміст піску, %
I	Супісь	15	85
II	Средній суглинок	35	65
III	Легка глина	65	35

За результатами випробувань і металографічних досліджень зношених зразків встановлено такі схеми руйнування сталей в грунтах (табл. 2)

Таблиця 2. **Схеми руйнування низьколегованих сталей при зношуванні тертям ковзання в грунтах**

Марка сталі	Тип грунту	Число циклів до руйнування, $N_p \times 10^3$	Основні механізми релаксації напруг на поверхні тертя		Основні форми абразивного зношування поверхні тертя	
			Провідні	Супутні	Провідні	Супутні
65Г	I	8,2	Руйнування при циклічній повзучості	1) Руйнування при шліфованні; 2)Руйнування вторинних структур термохімічного походження	Механоутомна	1) Механична; 2) Механохімічна
	II	16,2	Руйнування при циклічній повзучості	1) Руйнування при шліфуванні; 2) Руйнування вторинних структур термохімічного походження	Механоутомна	1) Механична; 2) Механохімічна
	III	35,3	Малоцикловое утомне руйнування	1) Руйнування вторинних структур механохімічного походження; 2) Руйнування при поліруванні	Механоутомна	1) Механохімічна; 2) Механічна
28MnB5	I	8,3	Руйнування при циклічній повзучості	1)Руйнування при шліфуванні; 2)Руйнування вторинних структур тнрмохімічного походження	Механоутомна	1) Механічна; 2) Механохімічна
	II	20,6	Руйнування при циклічній повзучості	1)Руйнування при шліфуванні; 2) Руйнування вторинних структур термохімічного походження	Механоутомна	1) Механохімічна; 2) Механічна
			Малоцикловое	1)Руйнування	Механоутомна	1) Механохімічна;

	III	64	утомне руйнування	вторинних структур термохімічного та механохінічного походження;; 2) Руйнування при поліруванні.		2) Механіична

Дані таблиці 2 підтверджують точку зору [2] щодо змішаного характеру зношування низьколегованих сталей при русі в грунтах, який включає в себе такі складові: 1) механічне зношування, для якого характерним видом руйнування є шліфування; 2) механоутомне зношування, для якого характерним видом руйнування є багаторазове передеформування; 3) механохімічне зношування, для якого характерним видом руйнування є корозійно-механічне. Однак позиція автора [2] щодо можливості провідної ролі кожної з цих складових у руйнуванні поверхні (за відповідних умов) підтвердження не знайшла

Як можна бачити у досліджених типах ґрунту руйнування сталей відбувається, головним чином, в результаті багаторазового передеформування поверхні за механізмами малоциклової втоми. Тому в умовах, що розглядаються провідною формою абразивного зношування слід визнати механоутомну. Отже, підвищення зносостійкості низьколегованих сталей необхідно насамперед пов'язувати з усуненням активних явищ малоциклової втоми на поверхні тертя.

Що стосується супутніх форм зношування, то їх ранжування для обох сталей має відмінності залежно від типу грунту. Так, якщо для сталі 65Г перше місце займає механічна форма зношування, а друге – механохімічна, де об'єктами руйнування є вторинні структури термохімічного походження у всіх досліджених типах ґрунту, то для сталі 28MnB таке ранжування спостерігається лише в супесі, тоді як у середньому суглинку і легкій глині перше місце належить механохімічній формі, а механічній - друге. При цьому також змінюються об'єкти руйнування механохімічної форми зношування. Якщо в середньому суглинку об'єктами руйнації є, головним чином, вторинні структури термохімічного походження, то у легкій глині – водночас, вторинні структури механохімічного походження. Судячи з усього, зазначені вторинні структури виконують функцію захисних покриттів, що перешкоджають безпосередній взаємодії поверхневих шарів з ґрунтом, за рахунок чого знижується інтенсивність руйнування сталей на їх поверхнях з’являються вигладжені зони.

Список використаних джерел

1. Дворук В.І. Спосіб дослідження матеріалів та покриттів на зносостійкість та визначення коефіцієнта тертя ковзання сталь – абразивна маса: пат. 142596 Україна, G01N 3/00; № u2019 02358; заявлено 11/03/2019; опубліковано 25.06.2020. Бюл. №12. 6 с.

102 Федько В.Є. Сумський національний аграрний університет, м .Суми, Україна

ПРЕДИКТИВНИЙ МОНІТОРИНГ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Стрімкий розвиток концепції «Сільськогосподарського виробництва 4.0» вимагає докорінного перегляду підходів до експлуатації та сервісного супроводу машинно-тракторного парку. В умовах сучасного точного землеробства, де кожна технологічна операція суворо регламентована за часом та якістю, надійність енергонасичених тракторів стає критичним фактором рентабельності всього агропідприємства. Традиційна планово-запобіжна система технічного обслуговування, яка базується на фіксованому напрацюванні мотогодин, поступово втрачає свою актуальність через неврахування реальних умов навантаження, варіативності якості паливно-мастильних матеріалів та індивідуального зносу вузлів. Альтернативою виступає стратегія предиктивного технічного обслуговування (Predictive Maintenance), яка реалізується через інтеграцію систем дистанційної діагностики та інтелектуального аналізу даних/

Науково-технічна сутність предиктивного підходу полягає у безперервному моніторингу параметрів технічного стану машини в реальному часі без її виведення з експлуатації. Основним джерелом інформації у цій системі виступає CAN-шина (Controller Area Network) трактора, яка об’єднує електронні блоки управління двигуном, трансмісією, гідравлічною системою та робочими органами. Дистанційна діагностика дозволяє зчитувати сотні параметрів, таких як температура масла в різних контурах, тиск у паливній рампі, частота обертів турбокомпресора, показники вібрації та хімічний склад

відпрацьованих газів. Ці дані за допомогою телеметричних модулів передаються на хмарні сервери, де формується так званий «цифровий двійник» техніки - математична модель, що відтворює ідеальну роботу справного агрегату в аналогічних умовах [1].

На відміну від реактивного обслуговування, яке реагує на вже наявну поломку, предиктивна система ідентифікує аномалії - мікроскопічні відхилення від еталонних значень, які ще не призвели до помилки в роботі, але вказують на неминучий вихід вузла з ладу у майбутньому. Наприклад, аналіз кореляції між зростанням крутного моменту та зміною температури обмотки генератора або в'язкості гідравлічної рідини дозволяє спрогнозувати залишковий ресурс (Remaining Useful Life) задовго до критичного руйнування механізму. Це створює можливість для інженерної служби агропідприємства перейти до гнучкого планування сервісних робіт, замовляючи необхідні запчастини та призначаючи ремонт саме в ті періоди, коли техніка не задіяна у критичних польових операціях [2].

Особливе значення впровадження дистанційної діагностики має для систем точного землеробства, де трактор працює в парі з широкозахватними інтелектуальними агрегатами. Використання протоколів ISOBUS дозволяє збирати дані не лише про тягову машину, а й про причіпний інвентар, створюючи єдину екосистему моніторингу. В умовах інтенсивного землеробства, де використовуються системи автопілотування та диференційованого внесення добрив, будь-яке відхилення в роботі датчиків швидкості або гідросистеми трактора миттєво позначається на якості виконання агротехнічних норм. Предиктивне обслуговування мінімізує ризики прихованих відмов, які можуть бути непомітні для оператора, але суттєво впливають на кінцевий врожай [3]..

Економічна доцільність переходу на предиктивні моделі обслуговування підтверджується зниженням операційних витрат на 15–20% та суттєвим зменшенням збитків від простою техніки. Крім того, наявність повної цифрової історії експлуатації значно підвищує залишкову вартість трактора на вторинному ринку, оскільки покупець отримує верифіковані дані про технічний стан, а не лише цифру на лічильнику мотогодин. Таким чином, впровадження систем дистанційної діагностики та прогнозного сервісу є стратегічним кроком до підвищення енергоефективності та екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва, забезпечуючи перехід від інтуїтивного управління парком техніки до прийняття рішень на основі об'єктивних даних Big Data.

Список використаних джерел:

1. ldar Gabitov, et al. - Examination of the system of continuous diagnosis and forecasting of mechanical condition of tractors and other farm machinery. January 2020 Istrazivanja i Projektovanja za Privredu 18(1):70-80. DOI:10.5937/jaes18-22568
2. Предективне технічне обслуговування: переваги та виклики. https://itecsu.com/uk/resources/predyktyvne-tehnichne-obslugovuvannya/
3. A. Moshynska, o. Khrokalo, Remote vehicle diagnostic system development based on the internet of things technology. Information And Telecommunication Sciences Volume 15 Number 1 January–June 2024, 28-32.doi: 10.20535/2411-2976.12024.28-32

103 Михайлов А.О. Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне, Україна.

ОГЛЯД АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОБОТІВ

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва автоматизація процесів активно замінює механізацію. Ручна праця, у більшості випадків, замінена машинами, які виконують її більш точно та надійно ніж люди-оператори. Прикладом автоматизації виробничих процесів є запровадження роботів, які виконують збирання фруктів, обприскування, прополювання та інші технологічні операції. Автоматизовані сільськогосподарські роботи поєднують у собі досягнення мехатроніки, сенсорних технологій, систем керування та інформаційних технологій, що дозволяє їм автономно виконувати широкий спектр завдань у польових умовах [1].

У процесі роботи над проєктом із створення роботизованої платформи нам необхідно було проаналізувати та обрати раціональні ключові компоненти, які забезпечують автономність, тобто дозволяють їм розуміти довкілля та взаємодіяти з ним у режимі реального часу.

Незалежно від сфери застосування (рослинництво або тваринництво) роботу необхідно переміщуватись з метою виконання певних функцій. Для цього застосовується система навігації. Навігація мобільного робота охоплює великий діапазон різних технологій та застосувань. Вона спирається як на відомі технології, так і на новітні досягнення науки і техніки. Ці системи дозволяють

роботу самостійно виконувати задані завдання на полі, мінімізуючи втручання оператора та забезпечуючи вищу точність та ефективність роботи.

Автономна навігація дозволяє мобільним роботам не лише самостійно переміщатися у навколишньому середовищі, а й приймати рішення в режимі реального часу для безпечного та ефективного досягнення цілей.

Аналіз літературних джерел [2-4] виявив, що найбільш поширеною системою навігації є GPS. Застосування GPS-модулів дозволяє визначати просторове положення робота з високою точністю та реалізовувати навігацію по заданих маршрутах на полі. Це є необхідною умовою для впровадження технологій точного землеробства та зменшення перекриття під час виконання агротехнічних операцій [5].

Встановлено, що дані модульні системи є не ефективними за певних умов експлуатації роботів, наприклад у теплицях, фермерських приміщеннях і в садах за умови роботи під густими кронами дерев [6, 7]. За цих умов сигнал втрачає точність.

Відомим є також метод навігації на основі мапи, який передбачає обладнання робота бортовими датчиками, наприклад, метод SLAM. Аналіз роботів, які працюють із технологією SLAM, виявив, що використовують їх у структурованому просторі, зокрема теплицях.

У польових умовах, коли робот працює у середовищі, яке постійно змінюється, згідно досліджень [8], застосування SLAM викликає серйозні проблеми. Це пояснюється тим, що на точність функціонування SLAM впливає освітлення.

У роботі [9] авторами запропоновано використання цього, інерціального методу навігації. Дана навігаційна система використовує інерціальні вимірювальні пристрої, наприклад гіроскоп, акселерометр, які визначають положення та кутовий рух об’єкту відносно фіксованої початкової точки, кута. Доведено, що використання даної системи забезпечує високу точність навігації робота в теплиці й на відкритому полі.

Інерціальна навігаційна система накопичує похибки в часі та потребує періодичної корекції. Крім того вона має високу вартість.

Проблема точного позиціонування та надійного планування шляху була предметом дослідження вчених Пекінської академії сільськогосподарських та лісових наук [10]. Вони запропонували гібридний метод позиціонування, який інтегрував SLAM на основі LiDAR з ультразвуковими мітками для роботів-обприскувачів полуниці з метою покращення стійкості SLAM та точності позиціонування в складних тепличних середовищах. Отримані результати дослідження показали, що запропонована навігаційна система має високу точність та стійкості позиціонування.

Для навігації розпізнавання зображень в області руху в архітектурі роботів для сільського господарства також пропонується використовувати систему AGV. Ця навігаційна технологія поєднує технології розпізнавання зображень і технології лазерної навігації та забезпечує точність і надійність навігації, безпеку руху. Застосування даної технології не прийнятне на практиці через те, що вона ще мало досліджена й не комерціалізована на даний час.

На основі аналізу ситем навігації, які застосовують для сільськогосподарських роботів, можна зробити висновок, що найбільш доцільним є використання комбінованої навігації.

Для локалізації використовують лідари або відеокамери. Перші мають значну перевагу – висока точність визначення перешкод. Використання камер дозволяє зменшити собівартість конструкції робота.

В процесі розробляння конструкції робота також були проаналізовані алгоритми автоматичного керування, які забезпечують взаємодію між його апаратною частиною та навколишнім середовищем. Точність виконання завдань алгоритми автоматичного керування впливає на якість виконання операцій роботом, тобто визначає якість кінцевого продукту. З метою керування виникає потреба в аналізі великої кількості інформації, яка зберігається у хмарному сервері. На основі аналізу має бути обрано раціональне управлінське рішення. Хмарні сервери розташовуються на значних відстанях від працюючих роботів і це приводить до затримок у передавані інформації, можуть виникати збої. Щоб уникнути даних проблем рекомендовано використовувати Edge Computing (переферійні обчислення). Для збору даних використовують засоби моніторингу та передачі на пристрій обробки даних (локальний вузол), розташований безпосередньо на роботі. Концептуальна архітектура системи керування робота, що проектується має вигляд представлений на рис. 1.

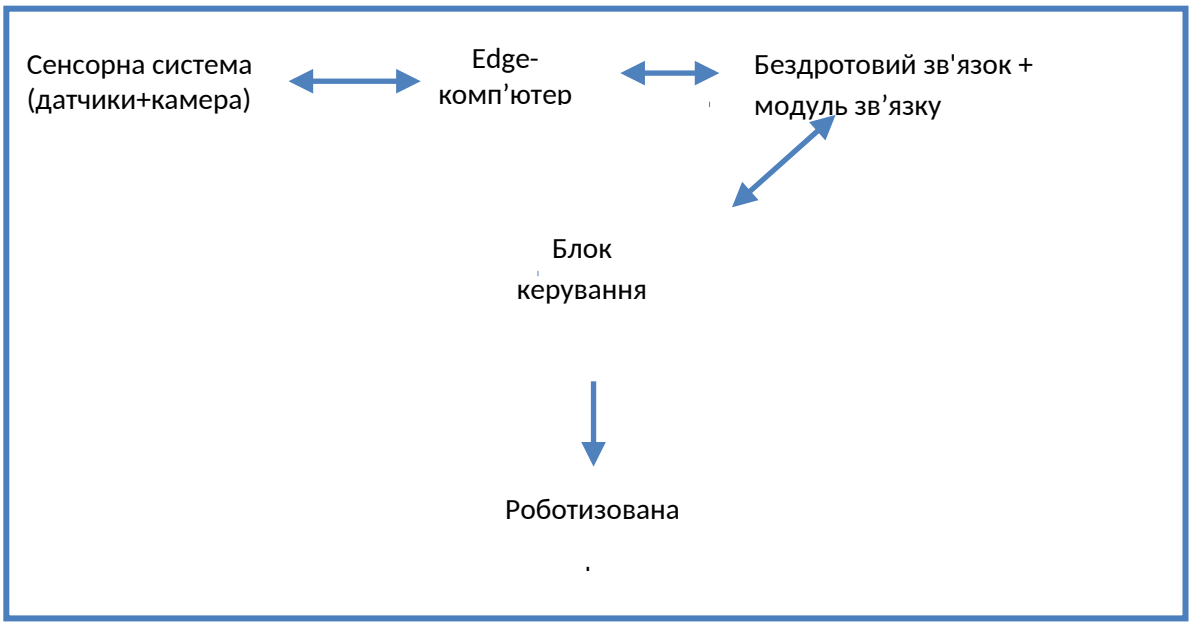


Рис. 1 Структурна схема керування роботом

Застосування Edge Computing дозволить:
- підвищити рівень безпеки передачі;
- захистити інформацію від втрати;
- знизити обсяги інформації;
- зменшити навантаження на мобільну мережу передачі даних.

Літературні джерела:

1.Kushwaha H. Robotic and Mechatronic Application in Agriculture. Journal of Science for Society 2020, Vol. 1 (3), , p. 89–97.

2. Rafael V. de Sousa, Rubens A. Tabile, Ricardo Y. Inamasu, Arthur J.V. Porto, A Row Crop Following Behavior based on Primitive Fuzzy Behaviors for Navigation System of Agricultural Robots. IFAC Proceedings, 2013,Vol. 46 (18), , p. 91-96,https://doi.org/10.3182/20130828-2-SF-3019.00020.

3. A. Abreu and L. Correia, A fuzzy behavior-based architecture for deci-sion control in autonomous vehicles. IEEE Int. Symp. In-telligent Control, Mexico City, Mexico, September 2001, pp. 370–375.

4. Aycard, O., Charpillet, F. and Haton, J. (1997). 4A new approach to design fuzzy controllers for mobile robots navigation. In IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation - CIRA'97, Monterey, CA, IEEE Computer Society Press, 68-73.

5. Khanna A., Kaur S. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 2019. Vol. 157, p. 218–231. https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039

6. Fujinaga T. Autonomous navigation method for agricultural robots in high-bed cultivation environments. Computers and Electronics in Agriculture, 2025, Vol. 231, 110001, https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110001.

7. Wang Z. Positioning and navigation technology of farm inspection robot based on improved dynamic window and A* algorithm, Franklin Open, 2026, Vol. 15, 100537. https://doi.org/10.1016/j.fraope.2026.100537.

8. Feng X., Liang W., Chen H. Z., Liu X. Y. Autonomous Localization and Navigation for Agricultural Robots in Greenhouse. Wireless Personal Communications, 2023, Vol. 131 (3), p. 1-15. https://doi.org/10.1007/s11277-023-10531-z

9. Sanaeifar A., Guindo M. L., Bakhshipour A. At all. Advancing precision agriculture: The potential of deep learning for cereal plant head detection. Computers and Electronics in Agriculture, 2023, Vol. 209, 107875. https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107875.

10. Tan H., Zhao X., Fu H., Yang M., Zhai C.A novel fusion positioning navigation system for greenhouse strawberry spraying robot using LiDAR and ultrasonic tags. Agriculture Communications, 2025, Vol. 3 (2), 100087. https://doi.org/10.1016/j.agrcom.2025.100087.

104. Поліщук О.С. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

АНАЛІЗ РОБОТИ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК ТА НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

У сільськогосподарському виробництві сівба є одним із найбільш відповідальних процесів, оскільки від її якості значною мірою залежить схожість культур, їх зростання і наступний урожай. Сівбу виправити чи пересіяти без втрат неможливо. Тому до сівалок та якості сівби завжди пред'являлись жорсткі агротехнічні вимоги.

Сучасні зернові сівалки є ключовим елементом технологічного ланцюга виробництва зернових культур. Їх ефективність безпосередньо впливає на рівномірність посіву, збереження насіння та кінцеву врожайність [2]. На основі аналізу конструктивних особливостей традиційних моделей та сучасних розробок визначено основні напрямки підвищення ефективності посівної техніки.

Конструкції посівних машин постійно вдосконалюються. Посівні системи і комплекси додатково комплектуються культиваторами, фрезами, боронами, котками тощо. Значне місце належить висівним апаратам і системам із точним дозуванням посівного матеріалу, регулюванням частоти обертання дозаторів при застосуванні змінних норм висіву, посівним машинам із застосуванням глобальної системи позиціонування (GPS) у технологіях точного землеробства.

Поширюється установлення на посівних машинах автоматизованих систем керування і контролю, мікропроцесорне керування висівом насіння, бортових комп’ютерів, а в кабіні трактора — моніторa для контролю за рівнем посівного матеріалу в бункерах, кількістю висіву насіння і добрив, глибиною загортання, визначення засіяної площі тощо.

На сучасних посівних машинах установлюють здебільшого пневматичні, пневмомеханічні та електромагнітні вібраційні висівні апарати і системи.

Нині на машинах для сівби використовують бункери більшої місткості і комплектують їх аплікаторами для сухих і рідких мінеральних добрив та гербіцидів.

Конструкції сівалок комплектуються розсіювальними апаратами для внесення мікрогранулянтів, пристроями для централізованого розвантаження посівного матеріалу і транспортними пристроями.

Все ширше застосовується гідропривід для надання руху висівним і садильним апаратам, переведення машин із робочого положення у транспортне, переміщення їхніх рухомих частин, модулів, рам тощо. Аналіз ринку вказує, що постійно підвищується попит на сівалки, здатні працювати по сучасних ресурсозберігаючих технологіях.

Висівний апарат є основним робочим органом сівалки. Його вдосконалення пов’язане з переходом від механічних до пневмомеханічних систем [3]. Новітні конструкції забезпечують більш рівномірний розподіл насіння, зменшення пошкоджень та стабільність норми висіву. За результатами досліджень точність висіву підвищується на 15–25 % [4].

Важливим напрямком є модернізація механізмів приводу. Традиційні ланцюгові передачі характеризуються складністю налаштування та зношуванням, що негативно впливає на якість роботи [1]. Перспективним є використання гідравлічних та електричних приводів, які забезпечують стабільність роботи та можливість автоматизації процесу висіву [5].

Особливого значення набуває адаптація сівалок до ресурсоощадних технологій No-till та Mini-till. Використання дводискових сошників дозволяє ефективно працювати в умовах наявності рослинних залишків, забезпечуючи стабільну глибину загортання насіння [6]. Це сприяє підвищенню рівномірності сходів та врожайності культур. Внаслідок постійно зростаючих витрат сільськогосподарські підприємства вимушені гнучко вирішувати використання енергоощадних технологій.

Так, дводискові сошники компанії LEMKEN з колесами контролю глибини висівають насіння точно і на однакову відстань від поверхні при змінних ґрунтових умовах. Навіть за високої швидкості роботи підтримання заданої глибини вказаним дводисковим сошником залишається у заданих межах. Тиск на сошники і глибина посіву регулюються незалежно один від одного. Це є гарантією точного закладення насіння.

Закріплений на паралелограмі дводисковий сошник проявляє значно менше відхилення по горизонталі при підвищенні швидкості посіву, ніж традиційний однодисковий сошник, закріплений на стійці.

Крім того, встановлений перед дводисковими сошниками трапеціїподібний коток оптимально ущільнює не тільки посівне ложе, але й ґрунт між рядками. У підготовленому таким чином посівному ложі дисковий сошник здатний відкрити посівну борозну точно й без перешкод. Навіть на сухих

ґрунтах вдається отримати високі і рівномірні сходи. Колесо контролю глибини позаду дводискового сошника забезпечує оптимальне закриття ґрунту. Взаємодія кілець трапеціеподібного котка і наступних за ним дводискових сошників з прикочувальним котком є основою для отримання відмінних сходів.

Інтеграція систем контролю та автоматизації є ще одним важливим напрямком розвитку. Сучасні системи моніторингу дозволяють контролювати норму висіву, виявляти пропуски та оптимізувати використання ресурсів [7]. Це відповідає концепції точного землеробства та забезпечує підвищення ефективності виробництва.

В основному при створенні систем контролю висіву всі виробники використовують аналогічні компоненти. Принцип дії таких систем полягає у тому, що на кожному насіннєпроводі знаходяться датчики забивання, які фіксують кількість насіння, що проходить, і час його проходження. Крім того, вони можуть фіксувати падаюче здвоєне насіння або його відсутність. Контроль швидкості здійснюється за допомогою датчиків, розташованих на колесі, або спеціальних радарів.

Основними напрямками підвищення ефективності зернових сівалок є: перехід до пневмомеханічних систем висіву, модернізація приводів, адаптація до сучасних технологій обробітку ґрунту та впровадження систем автоматизації. Реалізація цих заходів дозволяє підвищити якість посіву та зменшити витрати ресурсів.

Список використаних джерел

1. Кравчук В. І. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 2008. 400 с.
2. Мельник І. І., Ліннік М. К. Механізація сільськогосподарського виробництва. Київ: Вища освіта, 2012. 382 с.
3. Сисолін П. В. Машини для рослинництва. Київ: Урожай, 2001. 368 с.
4. Божко О. О., Ковальчук В. В. Аналіз роботи висівних апаратів зернових сівалок. Вісник аграрної науки. 2019. № 5. С. 45–52.
5. Adamchuk V., Bulgakov V., Nadykto V. Modern agricultural machinery and technologies. Kyiv: Agrar Media Group, 2016. 320 p.
6. Kutzbach H. D. Trends in agricultural engineering. Agricultural Engineering International. 2013. Vol. 15. P. 1–10.
7. Grisso R., Pitman R. Precision farming tools: equipment and technologies. Virginia Tech, 2015.

105. Теслюк Г.В., Клименко О.В., Павлючик Е.В. Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна.

ЗАСТОСУВАННЯ АКТИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В АГРОМОСТОВІЙ ТЕХНОЛОГІЇ

Актуальність теми. Сучасне сільське господарство характеризується активним впровадженням ресурсозберігаючих технологій та систем точного землеробства, що спрямовані на підвищення ефективності використання земельних ресурсів і зниження негативного впливу техніки на ґрунт. Однією з актуальних проблем сучасного землеробства є ущільнення ґрунту ходовими системами машинно-тракторних агрегатів, що призводить до погіршення водно-повітряного режиму, зниження біологічної активності ґрунту та, як наслідок, зменшення врожайності сільськогосподарських культур.

Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є застосування агромостової технології вирощування сільськогосподарських культур. Суть цієї технології полягає у використанні спеціальних мобільних платформ — агромостів, які переміщуються над полем по стаціонарних коліях або опорах і виконують різні технологічні операції без контакту коліс техніки з оброблюваною поверхнею поля. Такий підхід дозволяє практично повністю усунути проблему ущільнення ґрунту та створити оптимальні умови для росту і розвитку рослин.

У системі агромостового землеробства важливу роль відіграє міжрядний обробіток ґрунту, який забезпечує розпушування ґрунту, знищення бур’янів, покращення аерації та збереження вологи. Ефективність виконання цих операцій значною мірою залежить від конструкції та режиму роботи робочих органів. У зв’язку з цим особливої уваги набуває застосування активних робочих органів, здатних забезпечити інтенсивніший вплив на ґрунт у порівнянні з традиційними пасивними робочими органами.

Метою роботи є обґрунтування доцільності використання активних робочих органів для міжрядного обробітку ґрунту в умовах агромостової технології, а також визначення їх конструктивних і технологічних переваг.

Основні завдання дослідження:

- проаналізувати особливості агромостової технології вирощування сільськогосподарських культур;
- дослідити конструктивні особливості активних робочих органів для міжрядного обробітку ґрунту;
- визначити переваги використання активних робочих органів у порівнянні з пасивними;
- оцінити перспективи використання таких робочих органів у сучасних технологіях точного землеробства.

Міжрядний обробіток ґрунту є важливою технологічною операцією при вирощуванні просапних культур, таких як кукурудза, соняшник, цукрові буряки та інші. Основними завданнями цього процесу є руйнування ґрунтової кірки, знищення бур'янів, розпушування ґрунту та створення сприятливих умов для розвитку кореневої системи рослин.

У традиційних технологіях міжрядний обробіток виконується за допомогою культиваторів з пасивними робочими органами — лапами, долотами або стрілчастими ножами. Такі робочі органи працюють за рахунок тягового зусилля агрегату і не мають власного приводу. Хоча вони є простими за конструкцією та надійними в експлуатації, їх ефективність значною мірою залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, вологості та швидкості руху агрегату.

На відміну від пасивних, активні робочі органи мають власний механічний або гідравлічний привід, який забезпечує їх обертальний або коливальний рух. До найбільш поширених активних робочих органів належать роторні та фрезерні механізми. Їх застосування дозволяє значно підвищити інтенсивність впливу на ґрунт, забезпечити якісніше подрібнення ґрунтових грудок та ефективніше знищення бур'янів.

Умови агромостової технології є особливо сприятливими для використання активних робочих органів. Агроміст може забезпечувати стабільний рух робочих модулів уздовж міжрядь з високою точністю позиціонування. Це дозволяє максимально наблизити робочі органи до рядків рослин без ризику їх пошкодження. Крім того, використання електричних або гідравлічних приводів у конструкції агромоста дає можливість легко інтегрувати активні робочі органи у його технологічну систему.

Активні робочі органи для міжрядного обробітку ґрунту можуть мати різну конструкцію. Одним із найбільш перспективних варіантів є роторні робочі органи з вертикальною або горизонтальною віссю обертання. Вони оснащуються спеціальними ножами або лопатями, які під час обертання розпушують ґрунт, подрібнюють грудки та зрізають бур'яни.

Перевагами застосування активних робочих органів є:

- підвищення якості розпушування ґрунту;
- ефективніше знищення бур'янів у міжряддях;
- покращення структури ґрунту;
- зменшення залежності якості обробітку від швидкості руху агрегату;
- можливість роботи на більш ущільнених або пересушених ґрунтах.

Крім того, активні робочі органи можуть забезпечувати одночасне виконання кількох технологічних операцій. Наприклад, вони можуть поєднувати розпушування ґрунту з локальним внесенням мінеральних добрив або формуванням мульчувального шару. Це особливо важливо в умовах сучасного точного землеробства, де значна увага приділяється диференційованому внесенню ресурсів і оптимізації технологічних процесів.

Застосування активних робочих органів у поєднанні з агромостовою технологією також сприяє зменшенню енергетичних витрат на виконання технологічних операцій. Це пояснюється тим, що частина енергії передається безпосередньо на робочі органи, а не витрачається на подолання тягового опору. У результаті підвищується загальна енергоефективність процесу обробітку ґрунту.

Разом з тим використання активних робочих органів потребує додаткових досліджень щодо оптимізації їх конструктивних параметрів, таких як діаметр ротора, форма ножів, швидкість обертання та глибина обробітку. Важливим завданням є також визначення раціональних режимів роботи, які забезпечуватимуть максимальну ефективність обробітку ґрунту при мінімальних енергетичних витратах.

Висновки. Агромостова технологія вирощування сільськогосподарських культур є перспективним напрямом розвитку сучасного землеробства, оскільки дозволяє значно зменшити ущільнення ґрунту та підвищити ефективність використання земельних ресурсів.

Використання активних робочих органів для міжрядного обробітку ґрунту в умовах агромостових систем забезпечує підвищення якості обробітку, покращення агрофізичних властивостей ґрунту та ефективніше знищення бур'янів.

Поєднання агромостових технологій з активними робочими органами відкриває нові можливості для вровадження систем точного землеробства та підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на вдосконалення конструкції робочих органів, обґрунтування їх параметрів та визначення оптимальних режимів роботи в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Список використаних джерел

1. Булгаков В.М., Адамчук В.В., Ноздровицький Л., Кувачов В. Дослідження ефективності системи контрольованого руху техніки та широкозахватної мостової машини // Інженерія сільськогосподарського виробництва. – 2018. – Т. 64, №1. – С. 1–7.
2. Кувачов В. Дослідження широкозахватних машин для системи контрольованого руху техніки // Механізація сільського господарства. – 2020. – Т. 66, №6. – С. 232–234.
3. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. – Київ : Вища освіта, 2013. – 552 с.
4. Булгаков В.М., Кувачов В.П., Нестеренко О.В. Теорія та розрахунок сільськогосподарських машин. – Київ : Аграрна наука, 2018. – 480 с.
5. Нестеренко О.В., Лисенко О.М. Напрямки вдосконалення технічних засобів для міжрядного обробітку ґрунту // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2025. – Вип. 55. – С. 45–52.
6. Кравчук В.І., Мельник Ю.Ф., Барановський В.М. Машини для обробітку ґрунту та догляду за посівами. – Київ : Урожай, 2017. – 368 с.
7. Сало В.М., Пилипенко О.М. Дослідження роботи ротаційних робочих органів ґрунтообробних машин // Сільськогосподарські машини. – 2022. – Вип. 47. – С. 112–118.
8. Ляшенко В.В., Ковальчук В.П. Вплив конструктивних параметрів активних робочих органів на якість обробітку ґрунту // Вісник аграрної науки. – 2021. – №9. – С. 58–64.
9. Гевко І.Б., Дударєв І.М. Машини для механізації рослинництва. – Тернопіль : ФОП Паляниця, 2020. – 384 с.
10. Мельник І.І., Пастухов В.І. Основи агроінженерії. – Київ: НУБіП України, 2019. – 412 с.
11. Петренко М.В., Іваненко С.П. Дослідження зносу активних робочих органів ґрунтообробних машин // Техніка і технології *АПК*. – 2023. – №4. – С. 33–39.
12. Руденко В.С., Кравець О.П. Підвищення ефективності роботи фрезерних ґрунтообробних агрегатів // Інженерія природокористування. – 2020. – №2. – С. 75–80.

106. Заєць М. Л., Макарчук О.О., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

АНАЛІТИЧНЕДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ВІДОКРЕМЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ЖАТКИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ

Збирання кукурудзи є завершальним етапом технології її вирощування і характеризується значною часткою витрат, що сягає до 70 % від загального обсягу. На сучасному етапі цей процес повністю механізований і здійснюється за допомогою спеціалізованих комбайнів або кукурудзозбиральних приставок до зернозбиральних машин. Водночас існуючі конструкції не забезпечують необхідного рівня якості через підвищені втрати та травмування качанів, що зумовлено недосконалістю робочих органів [1,2].

Наявний парк техніки лише частково відповідає вимогам ефективності, якості та універсальності, що обумовлює необхідність удосконалення конструкцій. Перспективним напрямом є розробка та обґрунтування параметрів качановідокремлювального апарата у складі універсального технологічного модуля, придатного для збирання різних типів кукурудзи. Це сприятиме підвищенню ефективності та технічного рівня кукурудзозбиральних машин.[3]

Метою є підвищення ефективності збирання кукурудзи шляхом удосконалення конструкції качановідокремлювального апарата жатки для збирання кукурудзи відповідно до сучасних агротехнічних вимог.

Теоретичні дослідження базуються на розв'язанні задач, пов'язаних із визначенням механіко-технологічних параметрів складових качана кукурудзи та аналізом процесу його відокремлення під дією розтягувальних, крутильних і згинальних навантажень плодоніжки.

Для систематизації параметрів прийнято індексацію компонентів середовища плодоніжки: тверда рослинна основа, вода та повітря. Це дозволяє розглядати плодоніжку як трикомпонентну узагальнену модель матеріалу та визначити швидкість поширення хвиль у її структурі. Залежність швидкості поширення поздовжніх хвиль визначається відповідним аналітичним виразом.

$$c_0 = c_3 \sqrt{\frac{r_3 / r_1}{g_1 g_3 \left(1 + \frac{g_2}{g_1} r_2 / r_1\right)}}. \qquad (1)$$

по відношенню: $r_3 / r_1 = 1{,}2 / 1600 = 0{,}75 \times 10^{-3}$; $r_2 / r_1 = 1000 / 1600 = = 0{,}625$. Далі приймаємо $g_3 \approx 0{,}05 \div 0{,}1 = const$. звідки $c_0 \approx 30 \div 45$ $м/с$. отримані значення близькі до швидкості поширення коливань в каучука $(36 \div 60)$ $м/с$.

Для визначення міцнісних параметрів (рис. 1) використано результати випробувань плодоніжки качана кукурудзи на прокол тонкою голкою діаметром 1 мм, за якими значення становлять 13,1–25,3 Н/мм²[2]. У подальшому процес проколу розглядається на основі моделі, де плодоніжка подана у вигляді пластини.

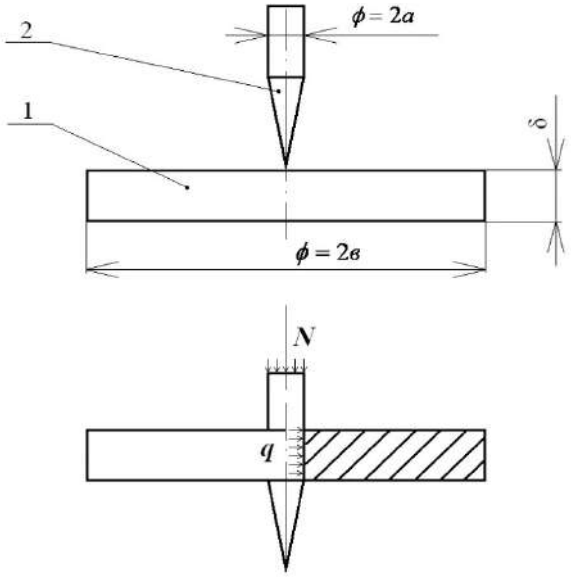


Рис. 1. Схема для дослідження та визначення міцнісних параметрів плодоніжки качана на проникнення

Для визначення параметрів σ_T плодоніжки використано підходи моделювання навантаження пружно-пластичних тіл (труб) тиском. Отримані розв'язки задачі пружного навантаження для даного випадку мають відповідний аналітичний вигляд.

$$\sigma_{rr} = A + \frac{B}{r^2}; \quad \sigma_{qq} = A - \frac{B}{r^2}; \qquad (2)$$

$$u = \frac{r}{E}\left[\sigma_{qq} - \mu\sigma_{rr}\right], \qquad (3)$$

де σ_{rr}, σ_{qq} – радіальні та колові напруження;

u – переміщення;

E – модуль пружності;

μ – коефіцієнт Пуассона;

r – усереднений радіус ніжки $\left[a \le r \le b\right]$;

A, B – постійні.

Математична модель поширення хвиль деформації в качані базується на описі розповсюдження поздовжніх хвиль, яке визначається класичним рівнянням розповсюдженням хвиль.

$$\rho S(z)\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=\frac{\partial}{\partial z}\left(ES(z)\frac{\partial u}{\partial z}\right), \quad (4)$$

де z – повздовжня координата ($0 \le z \le l$);

l – довжина хвилеводу;

t – час ($0 \le t < \infty$);

u – функція повздовжніх деформацій;

E – модуль пружності 1-го роду (модуль Юнга) матеріалу;

ρ – щільність матеріалу плодоніжки;

S_x – площа поперечного перерізу тіла хвилеводу.

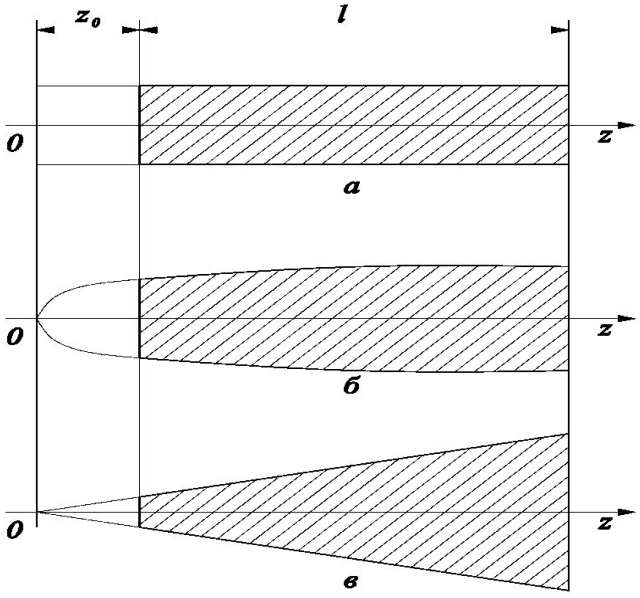
Припускаємо, що матеріал плодоніжки качана однорідний, а її фізико-механічні параметри (Е, ρ) є постіними. З урахуванням цього рівняння (4) можна подати у виді:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=a_0^2\left[\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}+\frac{1}{S(z)}\times\frac{\partial S(z)}{\partial z}\frac{\partial u}{\partial z}\right], \quad (5)$$

$$a_0^2=\frac{E}{\rho}, \quad (6)$$

де a_0 – швидкість розповсюдження деформаційних коливань по довжині качана кукурудзи.

У загальному випадку зміна перерізу $S(z)$ за довжиною буде мати вигляд (рис.2.)



2)

Рис. 2. Повздовжні перерізи розповсюдження хвиль по плодоніжці :

а – циліндр; б – циліндричний параболоїд обертання; в – конусний

$$S(z)=S_0\left(\frac{z}{z_0}\right)^m, \; m = 0; 1; 2, \quad (7)$$

де $S(z)= S_0$.

Висновки. При m=0m = 0m=0 провідник деформаційних хвиль має форму циліндричного стержня, при m=1m = 1m=1 – циліндричного параболоїда, а при m=2m = 2m=2 – стержня конічної форми. В усіх випадках поперечний переріз залишається круглим. Зазначимо, що інше задання функції S(z)S(z)S(z) значно ускладнює розв'язання рівняння (4) і робить неможливим отримання аналітичного виразу рішення.

Список використаних джерел:

1. Завірюха М. В. Вплив основних параметрів адаптованого качановідокремлювального апарату з інтегрованим подрібнювачем на якісні показники технологічного процесу збирання Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. Кіровоград: КНТУ, 2014. Вип. 44. С. 229-237.

2. Ракул О. І. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів апарату багатофакторної дії для збирання кукурудзи Конструювання, виробництво та експлуатація

сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. Кіровоград: КНТУ, 2014. Вип. 44. С. 55-62.

3. Li, T., Guan, X., & Zhou, F. (2023). Mechanistic analysis and experimental study of a shear-type low-loss fresh corn ear-picking mechanism. Computers and Electronics in Agriculture, 213, 108191. https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108191

107. Коваленко Н.А. Сумський національний аграрний університет, м .Суми, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ВИТРАТ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОСТІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОЛІЙ (CTF)

Сучасне сільськогосподарське виробництво перебуває в умовах постійного зростання вартості ресурсів — пального, мастильних матеріалів, запасних частин та самої техніки. Традиційні підходи до землеробства передбачають хаотичний рух техніки по полю, що призводить до переущільнення до 80% площі родючого шару ґрунту протягом одного сезону. Технологія постійних технологічних колій (Controlled Traffic Farming, CTF) пропонує кардинально інший підхід: поділ поля на зони вирощування (де ніколи не їздить техніка) та постійні транспортні зони (колії). Це не лише покращує стан ґрунту, але й виступає потужним інструментом оптимізації операційних витрат машинно-тракторного парку (МТП) [1].

Основна ідея CTF полягає в обмеженні руху важкої техніки чітко визначеними маршрутами, що повторюються з року в рік. Для реалізації цієї стратегії вся техніка в господарстві (трактори, обприскувачі, комбайни) повинна мати узгоджену ширину колії та кратну ширину захвату агрегатів [2].

Економічний ефект досягається через три головні чинники**:**

1. Зменшення опору коченню: колеса рухаються по твердій, уже ущільненій поверхні колії, що потребує значно менше енергії, ніж рух по пухкому ґрунту.
2. Виключення перекриттів: використання RTK-навігації (точність 2-2.5 см) мінімізує подвійні проходи, що економить час, паливо та розхідні матеріали.
3. Зменшення витрат на обробіток: оскільки зона росту рослин не ущільнюється колесами, відпадає потреба в енергоємних операціях глибокого розпушування.

Пряма оптимізація операційних витрат

- Економія пального

Витрати на пально-мастильні матеріали становлять від 20% до 35% у структурі операційних витрат МТП. Дослідження показують, що при русі трактора по твердій колії тяговий ККД зростає на 10–15%. На пухкому ґрунті частина енергії двигуна витрачається на "самозакопування" та деформацію землі. В системі CTF паливо витрачається на корисну роботу агрегату, а не на боротьбу з опором ґрунту. Сумарна економія пального на гектар може сягати 20-25% за весь цикл польових робіт.

- Знос техніки та амортизація

Рух по стабільній траєкторії зменшує пікові навантаження на трансмісію та двигун. Відсутність пробуксовки коліс (яка на пухкому ґрунті може сягати 15%) безпосередньо подовжує ресурс шин та зменшує знос ходової частини. Крім того, точність навігації дозволяє зменшити загальний пробіг техніки на полі, що конвертується в меншу кількість мотогодин та відтермінування дорогих планових ТО.

- Витрати на насіння, добрива та ЗЗР

Хоча ці витрати часто відносять до технологічних, вони тісно пов'язані з експлуатацією МТП. Відсутність перекриттів завдяки чітким коліям запобігає перевитратам дороговартісних ресурсів (на 5-10%). Це також зменшує навантаження на логістичні одиниці (паливозаправники, машини підвозу води), що опосередковано знижує витрати на допоміжний транспорт.

Вплив на агрономічну ефективність та непрямі витрати

Ущільнення ґрунту традиційною технікою пригнічує розвиток кореневої системи та погіршує водний баланс. Впровадження CTF дозволяє:

- Збільшити врожайність: рослини в "неторканих" зонах мають кращий доступ до кисню та вологи, що дає приріст врожаю на 10-15%.
- Розширити "вікна" робіт: тверда колія дозволяє техніці виходити в поле раніше навесні або швидше після дощу, оскільки несуча здатність колії вища. Це мінімізує ризики втрати врожаю через несвоєчасне проведення операцій.

Виклики та інвестиційна складова

Перехід на CTF не є безкоштовним. Основними статтями інвестиційних витрат є:

1. Обладнання техніки системами автопілотування: встановлення RTK-станцій та приймачів.
2. Уніфікація ширини колії: можлива потреба в заміні дисків коліс або навіть моделей техніки для дотримання стандарту (наприклад, 3-метрова колія).
3. Навчання персоналу: кваліфікація механізаторів має бути вищою, ніж при традиційному підході.

Однак, з огляду на економію операційних витрат, період окупності таких інвестицій зазвичай становить 1.5–3 роки для господарств площею понад 1000 га.

Впровадження технології постійних технологічних колій (CTF) є одним із найбільш дієвих способів оптимізації операційних витрат сучасного агропідприємства. Ефект досягається не лише через пряму економію пального та ресурсів, а й через зміну філософії використання техніки: від хаотичного переміщення до високоточної логістики. Це дозволяє не тільки знизити собівартість продукції, а й забезпечити сталий розвиток ґрунтового потенціалу, що є критично важливим в умовах глобальних кліматичних змін.

Оптимізація МТП через CTF - це інвестиція в інтелектуалізацію виробництва, де кожен літр пального та кожна мотогодина працюють з максимальним ККД.

Список використаних джерел:

1. Технологічні колії: шлях до кращого врожаю.Журнал АгроЕліта. 2024. https://agroelita.info/tekhnolohichni-kolii-shliakh-do-krashchoho-vrozhaiu/
2. Бікман Д.Технологічні колії: за і проти. Журнал iFarming.2024. https://ifarming.ua/resursi/tehnologichni-koliyi-za-i-proty

108. Довженко М.І. Сумський національний аграрний університет, м .Суми, Україна

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТІВ У СУЧАСНИХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Інтенсивний розвиток сучасного землеробства супроводжується зростанням техногенного навантаження на ґрунтовий покрив, що зумовлює актуальність проблеми його ущільнення. Використання важкої сільськогосподарської техніки, багаторазові проходи агрегатів полем та недотримання оптимальних агротехнічних рядків призводять до погіршення фізичних властивостей ґрунту, зниження його пористості, водо- та повітряпроникності. В результаті зменшується врожайність культур, підвищуються енергетичні витрати на обробіток та погіршується екологічний стан агроекосистем. В цих умовах особливого значення набувають інформаційні системи контролю ущільнення ґрунтів, які є невід'ємною складовою сучасних систем точного землеробства [1].

Ущільнення ґрунту є складним багатофакторним процесом, який залежить від типу ґрунту, його вологості, структури, а також від характеристик сільськогосподарської техніки, зокрема маси, типу рушіїв, тиску в шинах та кількості проходів. Найбільш критичним є ущільнення у підорному шарі, яке важко усунути традиційними методами обробки. Тому своєчасне виявлення зон підвищеного ущільнення є ключовим завданням сучасного агроменеджменту.

При надмірному ущільнені ускладнюється проникнення в глибші шари ґрунту коренів рослин, погіршується водний, повітряний, тепловий і поживний режим, знижується біологічна активність ґрунту. За підвищеної об’ємної маси ґрунту на 0,1 і 0,2 г/см^3 зменшення врожаю зернових колосових рослин досягає відповідно 15 і 50%. Тому підтримання оптимальної щільності ґрунту залишається важливим завдання землеробства [2].

Інформаційні системи контролю ущільнення ґрунтів базуються на інтеграції різних джерел даних. До них належать польові сенсори (пенетрометри, датчики щільності та вологості ґрунту), бортові системи моніторингу техніки, супутникові та безпілотні знімки, а також геоінформаційні системи. Використання GPS/ДПС-технологій дозволяє здійснювати просторову прив'язку даних та формувати карти ущільнення ґрунту з високою точністю. Це створює основу для диференційованого управління агротехнологічними процесами.

Важливим компонентом таких систем є програмне забезпечення для обробки та аналізу даних. Застосування методів математичного моделювання та машинного навчання дозволяє не лише фіксувати поточний стан ґрунту, а й прогнозувати ризики його ущільнення за різних сценаріїв використання техніки. Наприклад, моделі можуть враховувати погодні умови, вологість ґрунту та параметри машин

для визначення оптимальної години виконання польових робіт. Це дозволяє зменшити негативний вплив техніки на ґрунтову структуру.

Сучасні інформаційні системи також забезпечують інтеграцію з іншими компонентами точного землеробства, такими як системи управління рухом техніки (Controlled Traffic Farming), автоматизоване регулювання тиску в шинах, а також платформи управління агровиробництвом. Завдяки цьому формується комплексний підхід до збереження родючості ґрунтів, що поєднує моніторинг, аналіз та прийняття рішень.

Результати впровадження інформаційних систем контролю ущільнення ґрунтів свідчать про їх високу ефективність. Зокрема, відзначається зменшення площі ущільнених зон, покращення фізичних властивостей ґрунту, підвищення врожайності сільськогосподарських культур та зниження витрат на обробіток. Крім того, такі системи сприяють підвищенню екологічної стійкості агроландшафтів, зменшенню ерозійних процесів та збереженню біологічної активності ґрунту.

Разом з тим, є певні обмеження щодо впровадження таких систем, зокрема висока вартість обладнання, необхідність спеціалізованих знань для обробки даних та інтеграції різних інформаційних потоків. Однак розвиток цифрових технологій, зниження вартості сенсорів та поширення хмарних сервісів поступово зменшують ці бар'єри.

Отже, інформаційні системи контролю ущільнення ґрунтів є важливим інструментом сучасного точного землеробства, який забезпечує ефективне управління агротехнологічними процесами на основі даних. Їх впровадження сприяє підвищенню продуктивності агровиробництва, збереженню родючості ґрунтів та забезпеченню сталого розвитку сільського господарства. Подальші дослідження в цьому напрямку мають бути спрямовані на удосконалення методів моніторингу, розробку більш точних моделей прогнозування та розширення можливостей інтеграції інформаційних систем в єдину цифрове середовище агропідприємства.

Список використаних джерел:

1. Деркач О.Д., Сергієнко О.В. Контроль твердості грунту цифровим пенетрометром// Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики» – Тернопіль 29-30 вересня 2022. С.60-61/

2. Фурманець М., Фурманець Ю., Щільність ґрунту за різних систем обробітку під культурами сівозміни. Журнал Агроном, 2025. https://www.agronom.com.ua/shhilnist-gruntu-za-riznyh-system-obrobitku-pid-kulturamy-sivozminy/

109. Колісник М.В. відокремлений стркуктурний підрозділ «Уманський фаховий коледж технологій та бізнесу уманського національного університету» м. Умань, Україна.

ІНТЕРАКТИВНІА ПАРАДИГМА ПРОВЕДЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ З ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ В АГРАРНИХ КОЛЕДЖАХ ЗА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ МАШИНАМИ І ЗНАРЯДДЯМИ

Соціальні перетворення в українському суспільстві докорінно змінюють структуру національної системи освіти, в якій відіграють важливу роль та особливе місце займають фахівці з освітньо-кваліфікаційним рівнем: фаховий молодший бакалавр з агроінженерії.

В умовах реформування аграрного комплексу України, коли різко подорожчала нова техніка, запасні частини до неї, паливо - мастильні матеріали, послуги ремонтних підприємств, пріоритетним напрямом діяльності інженерної служби агропромислових підприємств в забезпеченні ефективного використовування машин та зниження інтенсивності їх спрацювання є чітка організація технічного обслуговування і діагностування машин.

Невід’ємною складовою освітньої діяльності в ВСП «Уманський фаховий коледж технологій та бізнесу Уманського національного університету» є використання матеріально-технічної бази нашого навчального закладу для забезпечення сприятливих умов організаційного і технологічного характеру, щодо виконання програм практик профілюючих технічних дисциплін спеціальності Н7 «Агроінженерія».

Основна дидактична мета навчальної практики – розширення, поглиблення й деталізація наукових знань, отриманих здобувачами освіти на лекціях та в процесі самостійної роботи і спрямованих на підвищення рівня засвоєння навчального матеріалу, прищеплення умінь і навиків, розвиток наукового мислення та вільного володіння технічними термінами.

При проведенні навчальної практики з дисципліни «Технічний сервіс в агропромисловому комплексі» є свої традиційні методики , які виступають «нормою» людської діяльності, як окрема парадигма , яку ми як трафарет накладаємо на реальний об'єкт, тим самим, виділяючи в ньому окремі елементи, необхідні для вирішення завдань програми практики зазначеної навчальної дисципліни.

Паради́гма це (від грец. παράδειγμα, «приклад, модель, зразок») універсальний метод прийняття еволюційних рішень, гносеологічна модель еволюційної діяльності.

В організації практики найбільш доцільно керуватися сукупністю цінностей, методів, підходів, прийнятих в науковому співтоваристві в рамках наукових традицій, що встановились у відповідний період часу. На даний час актуальним є інтерактивний метод навчання в якому здобувач освіти (набувач знань, практичних умінь і навичок), є учасником, який виконує зазначені дії: говорить, готує до роботи прилади та інструменти, читає технологічні схеми і технічні креслення, працює з технологічними пристроями, згідно інструкційних карток виконує встановлені технологічні переходи, знімає фактичні значення параметрів технічного стану систем, механізмів, агрегатів та узагальнює одержані за наслідками вимірювання покази діагностичних приладів, робить висновки за результатами досліджень, пише звіт за роботу,тощо , тобто не виступає лише слухачем, спостерігачем, а приймає саму активну участь у тому, що відбувається. Слово «інтерактив» прийшло до нас з англійської «interact», де «inter» – взаємний і «act» – діяти. Інтерактивний – означає властивість взаємодіяти або перебувати в режимі бесіди, діалогу з будь – чим або з будь – ким. Отже інтерактивне навчання – це, перш за все, діалогове навчання , в ході якого відбувається взаємодія викладача і здобувача освіти. Це спеціальна форма організації пізнавальної діяльності, у процесі якої досягаються певні конкретні результати.

Викладачі дисципліни «Технічний сервіс в агропромисловому комплексі» ВСП «Уманський фаховий коледж технологій та бізнесу Уманського національного університету» володіють доступними, ефективними. простими і зрозумілими технологіями які дозволяють організовувати інтерактивне навчання під час проведення навчальної практики в однойменній лабораторії. Отже реалізація інтерактивного навчання потребує від викладача створення певних умов, що надають можливості для організації навчального процесу. Особлива увага, при організації навчальної практики, приділяється естетиці робочих місць, підтриманню належного санітарного стану на виробничих площах, дотримання основних вимог техніки безпеки.

Викладач має бути освіченим та мати достатній рівень загальної культури. Через професіоналізм і дотримання норм етикету викладач має поважати здобувача освіти як особистість, майстерно володіти технічними термінами, як основою професійного спілкування, вміти тримати дисципліну на занятті. зрозуміло і чітко із застосуванням мультимедійної техніки пояснювати новий матеріал, контролювати знання (включаючи різні форми , в тому числі тестування з окремих тем дисципліни), бути емоційним. Це повинна бути емоція професіонала, який повинен знати. що і коли викликає цю емоцію в кожній темі, на кожному занятті. Емоція –це фірмовий знак гарного викладача.

Викладач, який здійснює практичне навчання, повинен бути професіоналом, щоб не боятися ніяких перевірок, приймати участь в розробці навчальних посібників і підручників. як нарівні навчального закладу, так і на державному рівні, які зроблять заняття одухотвореними, так як такі методичні напрацювання проходять крізь душу і серце викладача. Він не повинен загубити тих дітей які бажають навчатись, давати якомога більше відкритих занять (особливо прикладного характеру), працювати за своєю програмою, не забувати відомого популяризатора науки Пойа: «Викладання – це не наука а мистецтво»; викладання повинно йти не в шир, а вглиб, бо в шир іде той, хто не знає, як іти вглиб.

Основою інтерактивного навчання під час навчальної практики має бути спів навчання, взаємо навчання (групове навчання у співпраці), де і здобувач освіти і викладач є рівноправними , рівнозначними суб'єктами навчання**,** розуміють, що вони діють тверезо, сприймають вміст своєї свідомості, свого життєвого досвіду.

Невід'ємною складовою занять навчальної практики є вступний інструктаж який проводиться з метою організації занять і підготовки здобувачів освіти до виконання практичних видів робіт. Окрім організаційного моменту, актуалізації опорних знань, показу прийомів виконання робіт, пояснень правил техніки безпеки, розподілу по робочих місцях викладачу досить важливо через діалог ознайомити здобувачів освіти з робочим місцем та графіком переміщення на робочих місцях (якщо це передбачено програмою). При фронтальному навчанні кожне робоче місце завчасно має бути укомплектоване обладнанням, пристроями, інструментом, витратними матеріалами, довідниковою інформацією, засобами обліку тощо.

Викладач, використовуючи сучасні моделі навчання для виконання програми практики виступає як організатор процесу навчання , консультант, який ніколи не «замикає» навчальний процес на собі. Ці прості істини мають бути реалізовані викладачем під час поточного інструктажу (дидактична дія, де особливе місце займає творче партнерство та співпраця) , який по суті є індивідуальний , а по тривалості часу займає 80…90 відсотків часу всього заняття. Поточний інструктаж передбачає чотири цільових обходи.

При першому цільовому обході разом із здобувачами освіти перевіряється готовність матеріально-технічного оснащення до роботи, наявність довідникової і технічної літератури, акцентується увага на особливостях виконання окремих технологічних переходів технічного обслуговування і діагностування досліджуваних об'єктів, робиться наголос на дотримані основних вимог безпечного виконання зазначених у завданні технологічних операцій.

При другому цільовому обході надається допомога (у вигляді консультації та діалогу) в набутті практичних навичок, разом із здобувачами освіти з'ясовуються причини виникнення помилок за наслідками замірів при користуванні контрольно-вимірними
приладами, виявляється (в індивідуальних експрес-бесідах) знання і уміння здобувачів освіти в виконанні передбачуваних операцій, перевіряється (через діалог) дотримання технічних вимог на даній операції, візуально перевіряється наявність елементів організації робочого місця та дотримання правил техніки безпеки. В завершальній стадії другого цільового обходу (через індивідуальні співбесіди) з'ясовується розуміння змісту виконуваних студентами робіт.

При третьому цільовому обході викладач вивчає наскільки здобувач освіти спроможний контролювати свої дії при виконанні практичних вправ, при цьому для здобувачів освіти, яким важко даються навички, проводяться експрес консультації і досягають таким чином правильного виконання операцій, а більш успішним видаються додаткові завдання.

При четвертому цільовому обході на правах рівноправності і рівнозначності з'ясовується правильність виконання робіт, дотримання технічних вимог і їх виконання. Оглядом здійснюється приймання виконання робіт. Важливим моментом практичного навчання є залучення викладачем собі в допомогу здобувачів освіти які мають уже розряд на даний вид робіт. По завершенні виконання робіт здійснюється прибирання робочих місць та повернення приладів, інструментів , тощо згідно опису, лаборанту лабораторії.

Заключний інструктаж має бути моментом істини. При заключному інструктажі: аналізуються знання і уміння та якість виконуваних робіт; приводяться приклади кращих в роботі здобувачів освіти, в тактовній формі аналізуються помилки і недоліки, їх причини і способи усунення; аналізується дотримання технологій виконуваних робіт; оголошуються оцінки та здійснюється обґрунтування їх.

Загальну оцінку здобувача освіти можна визначити за його пізнавальними можливостями. Здобувач освіти цінний не сам по собі як унікальна індивідуальність, а лише як майбутній фахівець – менеджер і організатор в сфері технічного сервісу за сільськогосподарською технікою, носій еталонних знань або поведінки.

Головною метою традиційної моделі практичного навчання здобувачів освіти є передача їм елементів передового досвіду сьогодення. Практична підготовка в ВСП «Уманський фаховий коледж технологій та бізнесу Уманського національного університету» здійснюється на основі витриманих випробуванням часу сукупності знань, умінь і навиків, а також сприяє індивідуальному розвитку, що забезпечить в перспективі функціональну грамотність та соціалізацію здобувачів освіти.

Застосування інтерактивного навчання під час навчальної практики допомагає викладачеві створювати творчу змагальну атмосферу у групі здобувачів освіти та формувати вміння самостійної пізнавальної діяльності. Вільна форма спілкування запобігає перевтомі, підвищує працездатність майбутніх фахових молодших бакалаврів з агроінженерії, виховує навички взаємоконтролю, самоконтролю, готує до практичної трудової діяльності в сільськогосподарських підприємствах України різних форм власності.

Список використаних джерел

1. Збірник наукових праць ЗОІППО – № 1(27) - 2017 Інтерактивні методи навчання: практичний аспект Староста В.І., Україна, м. Ужгород, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Мукачево, Мукачівський державний університет.

2. Інтерактивні технології: теорія та методика Посібник для викладачів ПТУ, коледжів та всіх тих, хто цікавиться застосуванням інтерактивних технологій у навчальному процесі задля його

вдосконалення Колектив автрорів: Пометун О.І., Побірченко Н.С., Коберник Г.І., Комар О.А.,Торчинська Т.А.

3. Колісник М.В. «Технічний сервіс в агропромисловому комплексі» /Кейс – вправи вирішення ситуаційних завдань з навчальної практики дисципліни для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». - Немішаєве. НМЦ ВФПО, 2022. – 73 с.
https://drive.google.com/file/d/1jcdIIKUGrWx_ksOXE3g1jM29N6Lx0Ozm/view

110. Герук С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК МОКРОГО ПІДВОДНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Мокре підводне зварювання — це метод зварювання металів безпосередньо у воді, коли зварювальник (водолаз) працює без спеціальної сухої камери. Його широко застосовують у ремонті АЕС. суден, нафтових платформ, мостів і гідротехнічних споруд.

Мета цієї статті - це вивчення історичного процесу, який пов’язаний із розвитком водолазної справи, електрозварювання та морської індустрії.

Після відкриття електричної дуги вченими, зокрема Василь Петров (початок XIX ст.), стало можливим створення методів електрозварювання. Згодом Микола Бенардос і Микола Славянов розвинули ці ідеї, заклавши основу для подальших експериментів, у тому числі під водою.

Ще в 1802 році британський вчений Девід виклав можливість того, що електрична дуга може бути безпосередньо утворена у воді. у 1880 р. російський фізик В. М. Чиколев довів, що дуга електрода може горіти у воді. У 1917 р. Британський морський суднобудівний інститут вперше застосував підводне мокре зварювання для зварювання клепаних швів та витікаючих частин заклепок кораблів (ручне дугове зварювання підводними електродами).

Інженери намагалися запалити електричну дугу у воді. Ці експерименти були переважно лабораторними і не мали практичного застосування.

Виявилось, що вода:

- гасить дугу
- викликає короткі замикання
- робить процес дуже нестабільним.

Існує три основних способи виконання підводного зварювання.

- Один з них - встановити герметичну порожнину кесон-водолазний дзвін навколо місця ремонту і відкачати всю воду: це одна з умов підготовки до нормальної зварюванні на повітрі, хоча місце може знаходитися глибоко під рівнем моря.
- Інший метод підводного зварювання полягає в тому, щоб підготувати камеру, заповнену газом (гелієм) під високим тиском (гіпербарична), щоб відштовхнути воду назад, і щоб зварювальник, оснащений дихальної маскою і іншим захисним обладнанням, цілком нормально зварював на глибині води, але під тиском.
- Третій - метод мокрого підводного зварювання, являє собою здійснення з'єднання безпосередньо в цьому середовищі. В даному випадку робочий об'єкт, і зварювальник знаходяться у воді. В якості додаткових пристосувань виступають електроди ОЗС-3; UW / EZ-2 і т.д. для зварювання під водою і обладнання, а також знання і досвід виконавця-зварник повинен бути ще і водолазом. При проведенні робіт на глибині зварювальна дуга виділяє велику кількість теплової енергії і випаровує воду навколо себе. Це дозволяє створювати якусь сферу, заповнену газом. У цій сфері дуга продовжує стабільно горіти, навіть незважаючи на тиск. Замість цього сила дуги генерує міхур з суміші газів, який дозволяє плавлення і з'єднанню металу відбуватися більш-менш нормально, використовуючи спеціально покриті електроди, щоб уникнути поглинання занадто великої кількості водню в зварному шві. Існує також менш поширений метод підводного зварювання, в якому використовується спеціальний пальник, розпорошуються конус води під високим тиском, всередині якого захисний газ ізолює місце зварювання від води під час роботи.

Радянський інженер Костянтин Хренов у 1932 році вперше успішно виконав зварювання під водою електродуговим методом.

Його експерименти довели, що:

- зварювання у воді можливе
- можна отримати відносно міцний шов.

Основні особливості мокрого зварювання

Середовище: Зварювання відбувається у воді, дуга горить у газовому міхурі (паровій порожнині), що утворюється навколо електрода.
Електроди: Використовуються спеціальні електроди з водостійким покриттям (наприклад, порошковий дріт), які забезпечують стабільність дуги в умовах швидкого охолодження.
Полярність: У режимі постійного струму зазвичай застосовується негативна полярність на електроді, що дозволяє спрямовувати більше енергії на заготовку.
Автоматизація: Окрім ручного зварювання, застосовуються автоматизовані системи зварювання під водою з використанням спеціальних механізмів подачі дроту.

Переваги та ризики

Переваги: Висока швидкість виконання робіт, відсутність потреби в громіздких камерах (кесонах), можливість роботи на великій глибині та важкодоступних місцях.
Ризики: Висока швидкість охолодження шва (загартування), що може призвести до крихкості металу, утворення водню, ризик ураження електричним струмом, а також токсичні випари.

Горіння дуги під водою схоже на зварювання під флюсом, і воно горить у бульбашках повітря. Коли електрод горить, покриття на електроді утворює рукав, який стабілізує повітряні бульбашки і таким чином стабілізує дугу. Щоб електрод стабільно горів під водою, необхідно нанести на серцевину електрода шар певної товщини і просочити його парафіном або іншими водонепроникними речовинами, щоб зробити електрод водонепроникним. Бульбашки - це водень, кисень, водяна пара і бульбашки, що утворюються при згорянні покриттів електродів;інші оксиди, утворені каламутним димом. Щоб подолати труднощі запалювання та стабілізації дуги, спричинені водяним охолодженням і тиском, напруга запалювання дуги вища, ніж в атмосфері, а її струм на 15–20 % більший, ніж зварювальний струм в атмосфері.

У порівнянні з сухим і частково сухим зварюванням підводне вологе зварювання має найбільше застосувань, але безпека є найгіршою. Завдяки провідності води захист від ураження електричним струмом є однією з головних проблем безпеки під час вологого зварювання.

Підводне середовище робить процес підводного зварювання набагато складнішим, ніж процес наземного зварювання. Окрім технології зварювання, це також включає багато факторів, наприклад технологію водолазних робіт.
Особливості підводного зварювання:

1. Низька видимість. Вода поглинає, відбиває і заломлює світло набагато сильніше, ніж повітря. Тому світло швидко слабшає, коли воно поширюється у воді. Крім того, під час зварювання навколо дуги утворюється велика кількість бульбашок і диму, що робить підводну дугу дуже маловидимою. Підводне зварювання виконується на мулистому морському дні та морській ділянці з піском і мулом, а видимість у воді ще гірша.

2. Зварний шов містить високий вміст водню, а водень є ворогом зварювання. Якщо вміст водню при зварюванні перевищує допустиме значення, можна легко викликати тріщини і навіть призвести до пошкодження конструкції. Підводна дуга призведе до термічного розкладання навколишньої води, що призведе до збільшення водню, розчиненого в зварному шві. Погана якість зварних з'єднань підводного електродного зварювання невіддільна від високого вмісту водню.

3. Швидкість охолодження швидка. При зварюванні під водою теплопровідність морської води висока, приблизно в 20 разів перевищує теплопровідність повітря. Якщо мокрий або локальний метод використовується для підводного зварювання, заготовка, яку потрібно зварити, знаходиться безпосередньо у воді, і гартівний вплив води на зварний шов очевидний, і легко виготовити загартовану структуру високої твердості. Тому холодного ефекту можна уникнути лише при сухому зварюванні.

4. Вплив тиску, коли тиск збільшується, стовп дуги стає тоншим, ширина зварного шва стає вужчою, висота зварного шва збільшується, а щільність провідного середовища збільшується, що збільшує складність іонізації , напруга дуги відповідно збільшується, а стабільність дуги зменшується, збільшується бризки та дим.

5. Безперервну роботу важко реалізувати. Через вплив і обмеження підводного середовища у багатьох випадках доводиться застосовувати метод зварювання для однієї секції та зупинку для однієї секції, що призводить до переривчастих зварних швів.

Для зварювання під водою слід використовувати постійний струм, а змінний струм заборонено. Напруга холостого ходу зазвичай становить 50-80 В . Контрольні електроприлади, які безпосередньо контактують із водолазними зварювальниками, повинні використовувати розділові трансформатори та бути захищені від перевантаження. Перед початком роботи водолазних зварювальників або під час

процесу заміни електродів вони повинні повідомити наземний персонал для відключення ланцюга. Водолазні зварники повинні бути в спеціальному захисному одязі та спеціальних рукавичках. Під час запалювання та продовження дуги слід уникати дотику руками до заготовок, кабелів, зварювальних стрижнів тощо. Під час зварювання на конструкції під напругою струм у конструкції слід спочатку відключити. Під час підводних зварювальних робіт слід забезпечити гігієну праці, особливо міський захист і захист від опіків. Регулярно перевіряйте характеристики ізоляції та водонепроникності обладнання для підводного зварювання, зварювальних кліщів, кабелів тощо.

Була розроблена сучасна складна версія, названа зварювання тертям, яка має кілька важливих застосувань, особливо для масового виробництва або для спеціалізованих ремонтів. Різновид зварювання тиском, при якій нагрів здійснюється тертям, викликаним - переміщенням / обертанням однієї із з'єднуваних частин виробу, що зварюється. Використовується для з'єднання різних металів і термопластиків в авіабудуванні і автомобілебудуванні остаточне з'єднання формується на завершальній стадії процесу, коли до вже нерухомим зразкам прикладається проковочное зусилля.

Безперервними зусиллями вчених, у 1965 році Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона провів низку дослідно-конструкторських робіт і розробив першу у світі нову технологію та обладнання для підводного зварювання та різання металу без газової камери. Напівавтоматична технологія та обладнання для підводного зварювання, винайдені Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона, внесли нову революцію в підводне зварювання. Використання цієї технології може зменшити участь персоналу в процесі зварювання в екстремальних умовах. Практичність цієї технології дозволяє безпосередньо виконувати зварювальні ремонтні роботи у воді без додаткових монтажних робіт.

З 1965 по 1970 рік Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона провів низку досліджень щодо характеристик підводного зварювання та узагальнив основні знання про велику кількість зварних з'єднань, що захищаються у воді. І розробив зварювальні матеріали та обладнання для механізованого зварювання глибоководною дугою. Одним із завдань розробки технології підводного зварювання є вдосконалення існуючої технології зварювання та різання під водою, а також розробка нових електродних матеріалів та ефективних методів різання металу та неметалу.

ІЕЗ ім. Є.О. Патона розробив нове покоління технології мокрого зварювання та різання, що базується на технології самозахисного порошкового дроту. У порівнянні з традиційним ручним дуговим зварюванням мокрим зварюванням та різанням, ця технологія має достатні переваги. Особливо у випадках, коли потрібна велика кількість зварювання та різання.

Список використаних джерел

[1]. 唐德渝, 龙斌, 郑树森. 海洋石油工程水下焊接技术的现状及发展[J]. 金属加 工: 热加工, 2009(4): 24-28.

[2]V. V. Satyanarayanaa, G. Madhusudhan Reddyb, T. Mohandas. Dissimilar metal friction welding of austenitic ferritic stainless[J]. Materials Processing Technology, 2005, 160(2): 128-137.

[3]Uzilevskil Yu A et.al . Underwater Cutting of Structural material. Avtomaticheskaya Svarka,8,1984.P49

[4] Етапи розвитку підводного зварювання / О.П. Літвінов // Питання історії науки і техніки. — 2016. — № 1. — С. 17-23. — Бібліогр.: 20 назв. — укр.

[5] І. В. Крівцун, В. В. Квасницький, С. Ю. Максимов, Г. В. Єрмолаєв [Підручник] Спеціальні способи зварювання, 305-306С

[6]叶建雄,尹懿,张晨曙.湿法水下焊接及水下焊接机器人技术进展[J].焊接技术,2009:5+7-10.

[7] . Szelagowski, P. Properties of wet welded joints [Text] / P. Szelagowski, H. Stuhff, P. Loebel // Annual OTC. Houston, Texas, May 1–4, 1989. – P. 77–87.

[8] Yuschenko, K. A. Study of physico-metallurgical peculiarities of wet arc welding of structural steels [Text] / K. A. Yuschenko, Yu. Ya. Gretskii, S. Yu. Maksimov // "Underwater wet welding and cutting" ^:international seminar and workshop. TWI North, Middlesbrough, UK, 17–18 April 1997. Woodhead publishing Itd. – 1998. – P. 6–29.

[9] Chon-Liang, Tsai. Interpretive report on underwater welding [Text] / T. Chon-Liang, K. Masubuchi // Welding Research Counsil bulletin. – 1977. – № 224. – 37 p.

[10] Brown, R. T. Fundamental Research on Underwater Welding [Text] / R. T. Brown, K. Masubuchi // Welding Journal. – 1975. – № 6. – P. 178–188.

[11] N. Guo, M. R. Wang, Y. P. Du, et al. Metal transfer in underwater flux-cored wire wet welding at shallow water depth[J]. Materials Letters, 2015.

[12] C. B. Jia, T. Zhang. Spectroscopic analysis of the arc plasma of underwater wet flux-cored arc welding[J]. Materials Processing Technology, 2013, 213(8):1370-1377.

[13] E. C. Pessoa, A. Q. Bracarense, E. M. Zica, et al. Porosity variation along multipass underwater wet welds and its influence on mechanical properties[J]. Materials Processing Technology, 2006, 179(1-3): 239-243.

[14] N. Christensen. The Metallurgy of MMA Hyperbaric Welding[R]. SINTEF Report No. STF34 F83032, Trondheim, 1983.

[15] S. Liu, A. M. Pope, R. Daemen. Welding consumables and weldability[R]. International Workshop on Underwater Welding of Marine Structures, Lousiana, USA, 1994, 321-350.

[16] A. Q. Bracarense. Comparative study of commercial electrodes for underwater wet welding[R]. The International Congress of the International Institute of Welding-2 nd LatinAmerican Welding Congress, 2008.

[17] V. R. Santos. Recent evaluation and development of electrodes for wet welding of structural ship steels[R]. The 29 th International Conference on Ocean, Offshore andArctic Engineering, Shanghai, 2010.010.

[18] 刘世明, 沈晓勤. 深水湿法焊接气孔问题研究[N]. 华南理工大学学报, 1997.

111. Дерев'янко Д.А., Корнійчук Д.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Обробіток ґрунту є однією з базових технологічних ланок рослинництва, яка формує фізичний стан орного шару, умови накопичення та збереження вологи, ступінь аерації, характер перемішування пожнивних решток, рівень забур'яненості і мікрорельєф поля. Саме через ґрунтообробні операції агроном впливає на щільність складання ґрунту, водопроникність, капілярність, твердість, агрегатний склад та тепловий режим. Помилки під час основного, поверхневого або передпосівного обробітку мають довготривалі наслідки, оскільки зміна структури ґрунту проявляється не лише в поточному сезоні, а й у наступних ротаціях сівозміни.

У класичній системі машин операції обробітку ґрунту виконують тракторні агрегати з плугами, чизельними знаряддями, важкими дисковими боронами, лущильниками, культиваторами, вертикально-обробними машинами, котками та комбінованими агрегатами. Їхня робота супроводжується значними тяговими опорами і потребує великої встановленої потужності. Для своєчасного виконання робіт виробник змушений збільшувати ширину захвату або швидкість руху. Однак обидва шляхи мають конструктивні та агрофізичні обмеження. Зі зростанням маси трактора і агрегату підвищується ризик ущільнення ґрунту, погіршення пористості й проникності кореневмісного шару. Зі збільшенням швидкості зростають динамічні навантаження, вимоги до точності глибини та стабільності руху.

Найбільшими викликами для сучасного ґрунтообробітку є енергоємність, сезонна напруженість, неоднорідність поля і складність підтримання постійної якості. У межах одного поля можуть різко змінюватися вологість, твердість, гранулометричний склад і мікрорельєф, а отже агрегат повинен або працювати з надлишковим запасом потужності, або мати можливість адаптивного керування глибиною, швидкістю, тяговим режимом та маршрутом руху. Саме роботизація створює передумови для такої адаптації, адже поєднує механічну систему з цифровими алгоритмами, датчиками та зворотним зв'язком.

На початкових етапах цифровізації сільськогосподарських машин основний акцент робився на системах паралельного водіння, автоматичному кермуванні, контролі секцій, документуванні польових робіт та змінному нормуванні матеріалів. Такі рішення суттєво підвищили точність руху і зменшили перекриття, проте оператор залишався центральною ланкою прийняття рішень. Подальший розвиток привів до появи автономного розвороту, автоматичного підтримання траєкторії, регулювання глибини на основі датчиків і телематичних сервісів моніторингу.

Роботизація є якісно новим етапом розвитку, оскільки передбачає перенесення частини або більшості функцій оператора на систему керування. Роботизований комплекс не лише рухається за наперед заданою лінією, а сприймає зовнішнє середовище, оцінює свій технічний стан, контролює параметри процесу, виявляє перешкоди, коригує траєкторію, передає дані на віддалений центр управління і може функціонувати в автономному режимі протягом тривалого часу. Таким чином, роботизація поєднує механічну потужність класичної техніки з цифровою керованістю інформаційних систем.

Основними чинниками, що стимулюють роботизацію обробітку ґрунту, є дефіцит і висока вартість кваліфікованої праці, потреба у цілодобовій роботі в короткі агротехнічні строки, прагнення

зменшити навантаження на ґрунт за рахунок переходу до легших платформ, необхідність підвищення точності проходів і стабільності якості обробітку, а також розширення можливостей телематики, RTK-навігації, комп'ютерного зору, лідарів та хмарних сервісів. Інтеграція машин у цифрові карти полів і системи управління господарством створює умови для нової якості аграрного виробництва, де польова операція стає керованим інформаційним процесом.

Слід розрізняти терміни «автоматизована машина», «автономна машина» та «роботизований комплекс». Автоматизована машина має окремі функції автоматичного виконання, але потребує постійної присутності оператора. Автономна машина здатна виконувати завдання без безпосереднього перебування людини в кабіні або на платформі. Роботизований комплекс є ширшим поняттям і охоплює не тільки автономну машину, а й інфраструктуру її застосування: базові карти поля, телекомунікації, алгоритми місій, системи діагностики, облік робочих операцій, сервісне супроводження, іноді координацію декількох машин одночасно.

З погляду агротехнологічного призначення роботизовані комплекси доцільно поділити на три основні групи. Перша група – високопотужні автономні тракторні системи, призначені для важкого та середнього ґрунтообробітку: чизелювання, глибокого рихлення, роботи з дисковими боронами, комбінованими культиваторами, вертикальними агрегатами. Такі системи, як правило, базуються на серійних або спеціально адаптованих тракторах великої потужності з комплектом автономного сприйняття середовища та дистанційного управління. Їхньою перевагою є сумісність із традиційними широкозахватними знаряддями, а недоліком – відносно велика маса і висока вартість.

Друга група – середньопотужні автономні платформи модульного типу. Для них характерні дизельно-електрична або електрична силова установка, відсутність кабіни, знижена маса, гусеничний або багатовісний хід, стандартні навісні інтерфейси та можливість роботи з різними знаряддями – від культиваторів і борін до сівалок. Саме ця група виглядає найбільш перспективною для системи мінімального і передпосівного обробітку, оскільки поєднує достатню тягову спроможність із нижчим тиском на ґрунт та зручністю масштабування через використання декількох платформ.

Третя група – легкі спеціалізовані роботи для поверхневого і міжрядного обробітку. Це електричні або гібридні машини, які виконують механічне знищення бур'янів, розпушування міжрядь, прецизійне формування ґрунтової кірки, іноді суміщають сівбу і подальше прополювання. Їхня потужність менша, але вони мають дуже низький тиск на ґрунт, високу точність і придатні для органічного виробництва, овочівництва, насінництва та нішевих культур.

За енергетичною схемою роботизовані комплекси бувають дизельними, дизельно-електричними, акумуляторно-електричними та гібридними. Дизельна схема забезпечує велику тривалість автономної роботи і високу енергоозброєність. Дизельно-електрична дає змогу гнучко розподіляти потужність між рушіями й робочими органами, спрощує електронне керування і підвищує ефективність на змінних навантаженнях. Акумуляторно-електрична схема найбільш екологічна і тиха, але поки що обмежена ємністю батарей та тривалістю циклу заряду.

За принципом взаємодії з людиною можна виділити режими supervised autonomy, коли оператор дистанційно контролює машину і втручається лише у складних ситуаціях; operator assisted autonomy, коли частина функцій автоматизована, але людина залишається поблизу; та full autonomy, коли машина самостійно виконує місію у межах визначеного поля, а людина здійснює лише диспетчерський нагляд. Для ґрунтообробних робіт найближчою до масового впровадження є саме контрольована автономія, оскільки польове середовище хоч і менш насичене випадковими об'єктами, ніж дороги загального користування, але все одно потребує надійного виявлення перешкод, меж поля, технічних відмов та аномалій знаряддя.

Будь-який роботизований комплекс для обробітку ґрунту складається з кількох взаємопов'язаних підсистем. Перша – механічно-енергетична, що включає раму, силову установку, трансмісію, ходову частину, навісний або причіпний механізм, систему гідравліки й електроживлення. Друга – сенсорна, до якої входять GNSS-приймачі, інерціальні модулі, датчики швидкості, камери, лідари, ультразвукові сенсори, датчики кута повороту, навантаження, тиску, температури тощо. Третя – обчислювально-керуюча, яка реалізує планування шляху, стабілізацію руху, координацію знаряддя, функції безпеки та зв'язок із зовнішніми сервісами.

Четверта підсистема – інформаційно-комунікаційна. Вона забезпечує передачу телеметрії, відеопотоків, повідомлень про стан місії, журналів подій і команд оператора. Для польових умов важливими є надійність каналу, можливість локального виконання ключових функцій без втрати безпеки при розриві зв'язку та захищеність від помилкових команд. П'ята підсистема – програмно-

аналітична, яка включає інтерфейси планування робіт, цифрові карти полів, геозони, моделі продуктивності, звіти та інтеграцію з платформою управління господарством.

Ефективність роботизованого комплексу визначається не окремою підсистемою, а узгодженістю їхньої роботи. Наприклад, високоточна RTK-навігація не дасть очікуваного ефекту без жорсткої рами, стабільного тягового зусилля і точного керування положенням знаряддя; низька маса платформи не стане перевагою, якщо через недостатню тягу доведеться багаторазово проходити те саме поле; навіть найсучасніша сенсорика не забезпечить результату без продуманих сценаріїв безпеки та сервісного обслуговування. Отже, обґрунтування перспективних роботизованих комплексів повинно спиратися на системний підхід.

112. Міненко С.В., Туринський Д.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ЛЬОНАРСТВА В ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Льонарство для Житомирщини є не просто однією з нішевих технічних галузей, а частиною природно-економічної спеціалізації Полісся. У програмних документах області зазначено, що 81% території Житомирської області належить до зони Полісся, а льон-довгунець прямо названо традиційною технічною культурою регіону. Саме тому розмова про перспективи льонарства тут має не лише історичний, а й цілком практичний зміст: йдеться про культуру, що потенційно здатна поєднати рослинництво, переробку, зайнятість у сільських громадах і виробництво продукції з доданою вартістю.

Сучасний стан галузі, однак, залишається суперечливим. У Програмі розвитку агропромислового комплексу Житомирської області на 2021–2027 роки зафіксовано, що у 2019 році льон-довгунець вирощувався лише на площі 0,3 тис. га, а льон олійний — на 0,4 тис. га. Там само прямо вказано на "втрату зацікавленості сільгоспвиробників у вирощуванні льону", скорочення виробництва волокна і насіння, а також на відсутність достатніх мотиваційних чинників для ведення галузі. Водночас сама наявність чинної обласної програми, яку у 2025 році продовжували актуалізувати рішеннями обласної ради, свідчить, що питання спеціалізованих культур і надалі перебуває в полі регіональної аграрної політики.

Разом із тим Житомирщина вже демонструвала, що галузь здатна досить швидко оживати за наявності стимулів. У 2017 році обласна влада повідомляла, що в 16 господарствах області було посіяно льон-довгунець і льон-кудряш на площі 3,1 тис. га, а також діяли механізми субвенцій і часткового відшкодування витрат. Це важливий сигнал: льонарство в області не зникло остаточно, а радше перейшло у стан нестійкого функціонування, коли обсяги сильно залежать від економічної мотивації, доступу до збуту та наявності переробки.

Перспективи розвитку льонарства в Житомирській області сьогодні значно підсилюються зовнішнім ринковим середовищем. Європейська комісія визначає flax/linseed як культуру, що дає сировину для текстильної, харчової та біоекономічної сфер, а також розглядає її як стале джерело рослинної сировини. Додатково в європейському лляному секторі зростає попит на простежуваність походження волокна й сертифікацію ланцюгів постачання: профільна галузева альянсова система Masters of FLAX FIBRE™ у 2025 році повідомляла про різке збільшення попиту на сертифікацію за останні п'ять років. Для Житомирщини це означає, що майбутнє льону вже не можна зводити лише до вирощування сировини; перспективним стає виробництво, здатне інтегруватися в прозорі, сертифіковані та експортно орієнтовані ланцюги доданої вартості.

Особливо важливим є сегмент льону олійного. За оцінками УкрАгроКонсалт, валовий збір льону в Україні у 2024/25 маркетинговому році перевищив 66 тис. т, що стало найвищим показником з 2017/18 МР, а понад 80% урожаю спрямовується на експорт. Це означає, що національний ринок льону олійного увійшов у фазу відновлення, і саме цей напрям може стати для Житомирської області найближчою "точкою входу" в нове льонарство: він менш залежний від повного текстильного циклу, швидше монетизується й краще відповідає поточній експортній логістиці.

Однак для льону-довгунця ситуація складніша. Обласна програма прямо вказує, що ця культура є трудомісткою, а витрати праці на виробництво одного центнера льоноволокна у сім-вісім разів перевищують витрати на виробництво центнера зерна. Крім того, у регіоні бракує завершеного виробничого циклу. Укрінформ із посиланням на директора Інституту сільського господарства Полісся НААН повідомляв, що для реального відродження льонарства на Житомирщині необхідно налагодити роботу льонозаводу та льонокомбінату. Інакше область ризикує залишатися постачальником сировини з низькою доданою вартістю або взагалі втрачати економічний інтерес до культури.

Ще одним стримувальним чинником є технологічна й природно-кліматична складність вирощування. У програмі розвитку АПК вказано, що в області налічується 445 тис. га кислих ґрунтів, які потребують вапнування, а нестача фінансових ресурсів ускладнює хімічну меліорацію. Для льону це особливо важливо, адже культура потребує високої технологічної дисципліни, вирівняних полів, належного живлення і якісного насіннєвого матеріалу. Додатково сучасні кліматичні виклики змушують переосмислювати класичні підходи: у 2023 році в Україні вперше заклали експериментальні ділянки озимого льону, а експерти прямо пов'язували інтерес до цього напряму з проблемою весняно-літньої спеки, яка погіршує економіку традиційного льону-довгунця.

Попри це, саме Житомирська область має вагомі стартові переваги для перезапуску галузі. По-перше, вона належить до поліської зони, де льон історично був органічною частиною сівозмін. По-друге, область має наукове середовище, дотичне до тематики культури: в регіоні працює Інститут сільського господарства Полісся НААН, а в загальноукраїнському вимірі функціонує Інститут луб'яних культур, який займається селекцією льону-довгунця, насінництвом, технологіями вирощування, збирання і первинної переробки. Крім того, у наукових роботах останніх років окремо вивчається продуктивність льону олійного в умовах Житомирського району, що свідчить про збереження прикладного інтересу до культури на місцевому рівні.

З огляду на це, найбільш реалістичною моделлю розвитку льонарства на Житомирщині є не повернення до старої схеми, а формування дворівневої галузі. Перший рівень — це розширення посівів льону олійного як комерційно більш гнучкої культури з орієнтацією на експорт насіння, переробку на олію, шрот, харчові й технічні продукти. Другий рівень — поступове відновлення льону-довгунця у тих господарствах і громадах, де можливо створити або відновити елементи переробного ланцюга: первинну переробку соломи, трести, волокна, а далі — кооперацію з текстильними й легкопромисловими підприємствами. Такий підхід є логічним, бо відповідає як ринковим тенденціям України, так і європейському зростанню уваги до натуральних волокон, простежуваності та біоекономіки.

Практично це означає, що для розвитку галузі в області необхідні кілька взаємопов'язаних кроків. Насамперед потрібне відновлення або створення локальної переробки, без якої льон-довгунець не матиме стабільної економіки. Далі – підтримка насінництва, сортозаміни та технологічного супроводу господарств, розвиток фермерської кооперації, залучення інвесторів у кластери "вирощування – первинна переробка – текстиль/біоматеріали", а також прив'язка регіональних програм підтримки до конкретних результатів: площ, тоннажу, ступеня переробки, робочих місць і частки продукції з доданою вартістю. Окремий резерв — органічне виробництво, яке в самій обласній програмі визначене пріоритетним напрямом і може добре поєднуватися з нішевою природою льону.

Отже, перспективи розвитку льонарства в Житомирській області є реальними, але вони не реалізуються автоматично. Регіон має природні умови, історичну спеціалізацію, наукову базу і ринкове вікно можливостей, що відкривається через зростання інтересу до натуральних волокон і відновлення ринку льону олійного в Україні. Водночас головною умовою успіху є перехід від епізодичного вирощування до цілісної моделі галузі, де поєднані виробництво, переробка, кооперація, сертифікація та збут. Саме в такому форматі льонарство може знову стати для Житомирщини не культурною згадкою про минуле, а сучасною точкою економічного зростання.

113. Міненко С.В., Савін Н.Л. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОХОЛОДЖЕННЯ МОЛОКА

Молоко є високопоживним і водночас дуже нестійким до мікробіологічного псування продуктом. Після видоювання воно швидко контамінується мікрофлорою з обладнання, води, навколишнього середовища та транспортної тари. Охолодження сповільнює розвиток мезофільних мікроорганізмів, однак навіть за низьких температур можуть розвиватися психротрофні бактерії, здатні продукувати термостійкі ферменти, що погіршують якість молока і готових молочних продуктів. Саме тому сучасне охолодження слід розглядати не лише як операцію зниження температури, а як ключовий елемент системи безпечності та якості молочної сировини.

У міжнародній практиці до охолодження молока висуваються жорсткі часово-температурні вимоги. Зокрема, у документах NCIMS/FDA зазначено, що молоко має бути охолоджене до 10 °C протягом 4 годин від початку доїння, а ще протягом наступних 2 годин — до 7 °C; при цьому температура в танку не повинна перевищувати 7 °C. У європейській практиці для сирого молока

застосовують орієнтири не вище 8 °C за щоденного вивезення або не вище 6 °C, якщо молоко не забирають щоденно. Такі вимоги підтверджують, що ключовим критерієм є не лише кінцева температура, а швидкість її досягнення.

Традиційною основою фермерського охолодження залишаються резервуари-охолоджувачі молока. На практиці застосовують три основні варіанти: танки прямого розширення холодоагенту (DX), танки типу ice bank та системи з окремим льодоакумулятором. Для великих виробників використовують також молочні силоси. Вибір типу танка залежить від обсягу надоїв, кратності вивезення молока, доступної електричної потужності, тарифів на електроенергію та перспектив розширення господарства. За недостатньої продуктивності резервуара збільшується тривалість охолодження, що прямо впливає на мікробіологічні показники сировини.

Системи прямого охолодження працюють завдяки циркуляції холодоагенту в сорочках або випарних панелях танка. Їх перевагою є інтенсивне відведення теплоти безпосередньо під час наповнення резервуара, однак недоліком є високий піковий електричний попит у період доїння. За даними DairyNZ, такі системи потребують достатньої електричної потужності і можуть бути проблемними в місцях зі слабкою мережею. Водночас вони характеризуються високою оперативністю охолодження і широко використовуються на середніх та великих фермах.

Ice bank-системи працюють інакше: холод накопичується у вигляді льоду на випарних елементах у міждоїльний період, часто з використанням нічного тарифу, а під час доїння крижана вода охолоджує молоко через проміжний контур. Такі системи дають змогу переносити енергоспоживання на позапікові години й зменшувати навантаження на мережу, хоча в окремих випадках можуть бути менш енергоефективними за пряме охолодження та потребують уважнішого технічного обслуговування.

Найбільш характерною рисою сучасних систем є перехід від одноступеневого охолодження до комбінованих схем, де перший етап виконує пластинчастий теплообмінник. Пластинчасті охолоджувачі, або передохолоджувачі, охолоджують молоко ще до його надходження в основний танк. Як холодоносій у них використовують артезіанську воду, воду зі сховищ, гліколь або інші проміжні середовища. Це рішення зменшує теплове навантаження на основний холодильний агрегат, скорочує час досягнення цільової температури та продовжує ресурс компресорного обладнання.

За даними Dairy Conservation Navigator, належно підібраний пластинчастий охолоджувач може знижувати температуру молока майже до рівня температури ґрунтової води, а за застосування частотно-керованого молочного насоса молоко може надходити в танк із температурою лише на 4–5 °F вище температури охолоджувальної води. Окрім цього, системи передохолодження здатні скорочувати витрати енергії на охолодження молока на 30–60%, а в джерелах Університету Вісконсину наводиться орієнтир до 60% за умови правильно підібраного водяного контуру.

Сучасні дослідження підкреслюють, що передохолодження саме по собі не замінює гігієни доїння та санітарної обробки обладнання. У роботі, опублікованій у Journal of Dairy Science, показано, що за зберігання молока при 3 °C протягом 72 годин попереднє охолодження не дає вирішальної переваги, якщо вихідна мікробіологічна якість молока низька; водночас енергоспоживання при окремих схемах передохолодження було істотно нижчим. Це означає, що сучасна технологія має бути інтегрованою: чисте доїння, швидке охолодження, герметичне зберігання та контроль температури мають діяти одночасно.

Одним із найперспективніших напрямів є використання рекуперації теплоти холодильних установок. У процесі охолодження молока значна частина теплоти традиційно відводиться в навколишнє середовище через конденсатор. У сучасних системах цю теплоту спрямовують на попередній підігрів води для санітарного миття молокопроводів, танків і доїльного обладнання. За даними Wisconsin Energy Efficiency and Renewable Energy, до 50% енергії, необхідної для нагрівання води, може бути отримано з відведеної теплоти холодильного циклу.

Інші джерела наводять ще ширший діапазон ефективності таких систем. Dairy Conservation вказує, що вода після компресорної рекуперації може попередньо нагріватися до 110–140 °F, а витрати енергії на підігрів води можуть скорочуватися на 30–60%. ФАО у своїх рекомендаціях також зазначає, що теплоутилізаційні блоки можуть забезпечувати попередній підігрів води до 45–60 °C. У результаті охолоджувальна система перетворюється на комбінований енергетичний вузол, який одночасно вирішує задачі охолодження молока та підготовки гарячої води.

Енергоефективність молочного охолодження має істотне значення для економіки ферми. За матеріалами Teagasc, охолодження молока становить близько 31% усіх енергетичних витрат на

молочній фермі, поступаючись лише водонагріванню та роботі доїльної установки. Це пояснює, чому модернізація саме систем охолодження часто дає найшвидший техніко-економічний ефект.

Ще одним сучасним напрямом є використання акумуляції холоду. До цієї групи належать льодоакумулятори, системи з накопиченням охолодженої води та інші варіанти thermal storage. Їх перевага полягає у вирівнюванні пікових навантажень, використанні дешевшої нічної електроенергії та зменшенні встановленої потужності компресорів. Для ферм із нестабільним енергопостачанням або високими денними тарифами такі системи можуть бути економічно вигіднішими, навіть якщо їхня суто холодильна ефективність не завжди максимальна.

Помітну роль відіграє і теплоізоляція резервуарів. DairyNZ вказує, що додаткове утеплення танків типу vat wraps може забезпечити економію близько 15–25% витрат на охолодження, зменшуючи надходження тепла з навколишнього середовища. Такі рішення особливо доцільні для зовнішньо встановлених танків або в умовах підвищеної літньої температури.

Для віддалених господарств і пунктів збору молока особливого значення набувають сонячні системи охолодження. ФАО на прикладі Тунісу показує, що сонячні молокоохолоджувачі дозволяли утримувати температуру молока нижче 15 °C протягом перших двох годин, а після 12 годин нічного зберігання — близько 8 °C; при цьому охолоджене молоко стабільно мало кращі показники якості та приймалося на збірному пункті. Такі системи особливо корисні там, де немає надійної електромережі або забір молока відбувається не щодня.

Сучасні дослідження також розвивають батарейні та безбатарейні фотоелектричні системи з акумуляцією холоду у воді чи фазозмінних матеріалах. За даними оглядів і експериментальних робіт, поєднання сонячної генерації з cold thermal energy storage дозволяє забезпечувати охолодження молока вранці та ввечері навіть за нерівномірного надходження сонячної енергії. Отже, для малих та ізольованих виробників саме гібридні автономні рішення можуть стати технологією найближчого майбутнього.

Сучасні системи охолодження дедалі частіше доповнюються цифровими засобами контролю: датчиками температури, реєстраторами часу, аварійною сигналізацією, дистанційним сповіщенням та аналітикою роботи обладнання. У документах NCIMS/FDA прямо рекомендується використання реєструвальних термометрів у фермерських танках, а сучасні дослідження показують, що time-temperature recorder може бути корисним інструментом для виявлення проблем охолодження, зберігання та миття танків. Цифровізація переводить систему охолодження з режиму реакції на поломку в режим превентивного керування якістю.

Для роботизованих ферм та автоматизованих доїльних установок значення таких систем ще більше зростає, оскільки молоко надходить у танк малими порціями протягом доби. За таких умов необхідні алгоритми керування, які забезпечують безперервну стабільність температури, коректне перемішування, фіксацію температурного профілю та своєчасне сповіщення персоналу про відхилення. Саме тут поєднання автоматизованого доїння, цифрового моніторингу й енергоощадного охолодження формує сучасний стандарт молочної ферми.

Сучасні технології охолодження молока розвиваються у напрямі комбінування кількох технічних рішень замість використання одного базового танка. Найбільш ефективною є схема, у якій пластинчасте передохолодження поєднується з резервуаром прямого охолодження або льодоакумуляторною системою, а також із блоком рекуперації теплоти для підготовки гарячої води. Такий підхід забезпечує швидке зниження температури молока, зменшення мікробіологічних ризиків і скорочення витрат електроенергії.

Перспективними напрямами подальшого розвитку є сонячні й автономні охолоджувальні системи, акумуляція холоду, використання фазозмінних матеріалів, а також цифровий моніторинг із прогнозуванням відмов і контролем температурних режимів у реальному часі. Водночас жодна технологія охолодження не може компенсувати низьку початкову гігієну молока, тому модернізація має охоплювати всю систему: доїння, транспортування, охолодження, миття та контроль. Саме інтегрований підхід є основою підвищення якості молока, конкурентоспроможності ферми та енергоефективності молочного виробництва.

114. Поліщук,О.С. Ємець Б.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ВИКОРИСТАННЯ СТЕРНЬОВИХ СІВАЛОК В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

При використанні у технологіях органічного виробництва безплужного та плоскорізального обробітку ґрунту, а також розкидання по поверхні поля подрібнених рослинних решток (мульчі), виникає необхідність у використанні стерньових сівалок (рис. 1). Стерньова сівалка - це широкозахватна сівалка, вона одночасно виконує кілька операцій, характерних для декількох сільськогосподарських машин.



Рис. 1 Стерньова сівалка у полі

За кордоном стерньові сівалки досить поширені[1]. Посівний комплекс дозволяє заощадити на ПММ і трудових ресурсах. Крім того, значно зменшується кількість необхідної для посіву техніки, так як сівалки виконують відразу кілька операцій: обробіток ґрунту, внесення добрив, висівання зерна і коткування засіяних смуг[2, 3]. Стерньова різнорівнева сівалка відрізняється від традиційної способом подачі насіння в сошник, там він механічний - посів насіння відбувається за рахунок їх власної ваги. Сучасна стерньова сівалка висіває насіння за допомогою пневматики, що дозволяє виконувати кілька операцій.

Стерньові сівалки практично не мають недоліків, крім відсутності можливості працювати при традиційній системі землеробства. Перед висіванням насіння і розкиданням добрива є попередній прохід агрегату. Але переваги у них наступні: забезпечення захисту навколишнього середовища, так як немає потреби у переорюванні ґрунту з оборотом пласта; економія на витраті палива; зниження трудовитрат; істотне зниження витрат на техніку, тощо.

Стерньові сівалки набагато вигідніше купувати для роботи у великих господарствах, припускаючи, що працювати вона буде не більше півмісяця в рік. Сівалка шириною захвату 18 м може засівати 350 га/добу[2, 3]. Велика перевага цієї сівалки для господарства полягає в тому, що можна здійснювати посів без попередньої підготовки ґрунту.

Застосування комбінованих сівалок для реалізації технології стерньового різнорівневого посіву дозволяє, в порівнянні із звичайною (плужною) технологією, досягти таких переваг: врожайність збільшується в середньому в 1,5 рази; собівартість зерна зменшується в середньому в 1,7 рази; витрата ПММ зменшаться в 2,5 рази; затрати праці зменшаться в 3 рази[4]. При посіві 150 гектарів термін окупності одного посівного агрегату з 2-х сівалок складає — один польовий сезон.

Прикладом такої стерньової сівалки точного висіву є машини серії Deere/Bauer (DB), вони мають найвищу продуктивність у галузі (рис. 2).

Ці продуктивні сівалки складаються з 3-х або 5-ти секцій, які здатні копіювати рельєф поверхні ґрунту, при цьому вони складаються до відносно компактних транспортних розмірів.

Сівалки DB використовуються при посіві кукурудзи, соняшнику, сої, сорго ті інших культур з подібним міжряддям. Посів можна здійснювати, як за класичною, мінімальною, так і за нульовою технологіями обробітку ґрунту. На всіх сівалках серії DB встановлені висіваючі секції MaxEmergePlus з дозаторами VacuMeter[3].



Рис. 2. Сівалка серії Deere/Bauer (DB)

Технічні характеристики сівалок серії Deere Bauer (DB)

Модель	DB37	DB44	DB55	DB74	DB83
Число рядів	16	24	24	32	36
Міжряддя, см	70	56	70	70	70
Ємність баку для насіння, л/ряд	105	105	105	105	105
Система моніторингу SeedStar	+	+	+	+	+
Висіваюча секція	MaxEmerge / з системою CCS Pro Series				
Змінна норма висіву на ходу	+	+	+	+	+
2-х дисковий сошник Tru-Vee	+	+	+	+	+
Регулювання тиску на сошник	Механічно (пружини) ступінчасто/ опційно — пневматична безступінчасто				

Переваги стерньових сівалок досягаються за рахунок наступних факторів: обробіток ґрунту і посів проводяться одночасно, що дозволяє зберігати вологу в ґрунті від випаровування; посів зернових культур може проводитися як за попередньо обробленого ґрунту, так і по стерні; витрати на внесення добрив і їх зароблення в ґрунт комбінованими посівними агрегатами скорочуються багаторазово; поліпшуються хімічні, фізико-хімічні та інші показники родючості ґрунтів; прикочування ґрунту лише за засіяних смугах сприяє кращому контакту насіння з ґрунтом і капілярного підйому води до насіння з нижніх шарів ґрунту; зерно пшениці, отримане при посіві комбінованими агрегатами, має більш високий вміст білка та сирої клейковини порівняно із звичайною технологією, тощо[1].

Застосування різнорівневого внесення добрив і насіння позитивно впливає на поліпшення екологічних показників. Аргументи на користь цієї думки: з’являється додатковий захисний шар ґрунту, так, як добрива вносяться на велику глибину щодо висіву насіння (до 8-10 см); при цій технології ґрунт краще захищений від вимивання, вітрової ерозії; розміщення добрив у відносно вологому ґрунті, безпосередньо під насінням, сприяє його активному розвитку, формуванню потужної кореневої системи.

Висновки**.** При використанні у технологіях органічного виробництва безплужного та плоскорізального обробітку ґрунту, а також розкидання по поверхні поля подрібнених рослинних решток (мульчі), виникає необхідність у використанні стерньових сівалок.

Стерньові сівалки практично не мають недоліків, крім відсутності можливості працювати при традиційній системі землеробства. Але переваги у них наступні: забезпечення захисту навколишнього середовища, так як немає потреби у переорюванні ґрунту з оборотом пласта; економія на витраті палива; зниження трудовитрат; істотне зниження витрат на техніку, тощо.

Список використаних джерел

1. Goddard T., Zoebisch M., Gan Y. No-Till Farming Systems. Bangkok: World Association of Soil and Water Conservation, 2008. 544 p.
2. Погорілий Л. В., Кравчук В. І. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 2007. 560 с.
3. John Deere. DB Series Planters Technical Manual. Moline: John Deere, 2020. 200 p.

4. Шустік Л. П., Бондар С. М. Енергозбереження в сільськогосподарському виробництві. Київ, 2014. 250 с.
5. Ємець Б.В. Курс лекцій з навчальної дисципліни «Органічне виробництво»: для підготовки фахівців зі спец. 208 «Агроінженерія». Житомир: ЖНАЕУ, 2016. 68 с.
6. Бегей С.В., Шувар І. В. Екологічне землеробство. Львів: Новий Світ-2000, 2007. 429 с.

114. Міненко С.В., Савін Н.Л. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ ҐРУНТУ ПІД ПОСІВ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР

Ефективність вирощування зернобобових культур значною мірою визначається не лише сортом, строками сівби й удобренням, а насамперед якістю підготовки ґрунту. Для цих культур критично важливо сформувати рівне, чисте від бур'янів, достатньо ущільнене й водночас дрібногрудочкувате посівне ложе, у якому насіння буде розміщене на однакову глибину та матиме добрий контакт із вологим ґрунтом. Саме тому мета підготовки насіннєвого ложа в сучасних рекомендаціях визначається як оптимізація проростання через поліпшення контакту насіння з ґрунтом і раціональне управління рослинними рештками.

Для зернобобових культур універсальної системи обробітку не існує. Вибір між оранкою, чизелюванням, мілким обробітком, strip-till або прямим висівом залежить від типу ґрунту, попередника, кількості пожнивних решток, забур'яненості, вологості орного шару та конструкції сівалки. У технологіях зменшеного або нульового обробітку пріоритет набуває збереження вологи, захист поверхні ґрунту від ущільнення та ерозії, але одночасно зростають вимоги до рівномірного розподілу решток і точності роботи посівної техніки.

Головне завдання системи обробітку під зернобобові культури полягає у створенні посівного ложа, яке забезпечує дружні сходи та рівномірний розвиток рослин. Для гороху й нуту в рекомендаціях прямо наголошується на потребі у щільному та вологому посівному ложі, а для сої — на необхідності забезпечення якісного контакту насіння з ґрунтом. Водночас підготовка ґрунту повинна мінімізувати втрати вологи, не провокувати утворення брил і кірки та не погіршувати структуру верхнього шару. Особливо небажаним є обробіток перезволоженого ґрунту, оскільки це погіршує якість насіннєвого ложа й ускладнює точне загортання насіння.

Важливою складовою є управління пожнивними рештками попередника. Для сої сучасні рекомендації підкреслюють, що підготовка посівного ложа починається саме з правильної роботи з рештками: їх слід рівномірно розподіляти по поверхні, а систему обробітку будувати так, щоб на поверхні залишалося якомога більше рослинного покриву для зменшення водної й вітрової ерозії. Разом із тим надмірна або нерівномірна кількість решток у no-till-системах може ускладнювати прорізання борозни, загортання насіння та прогрівання верхнього шару ґрунту.

Після збирання попередника система основного обробітку повинна враховувати ступінь ущільнення ґрунту, запас продуктивної вологи, забур'яненість та обсяг післяжнивних решток. За традиційної технології ефективним є поєднання основного обробітку з наступним вирівнюванням і передпосівною підготовкою. Для нуту, зокрема, описується схема, за якої основний обробіток використовується для загортання решток попередника, а вторинний — для заробки гербіцидів і формування бажаного посівного ложа. Для сої також зазначається, що підготовка має бути достатньою для інкорпорації гербіцидів, а посівний агрегат повинен іти слідом за обробітком без великого розриву в часі, щоб не втрачати вологу.

На практиці це означає, що в умовах великої кількості соломи, потреби у вирівнюванні поля або засміченості коренепаростковими бур'янами виправданий комбінований підхід: лущення чи дискування стерні, основний розпушувальний обробіток і подальший передпосівний прохід комбінованим агрегатом. Натомість на добре структурованих полях, де попередник залишив рівномірно розподілені рештки, можна обмежуватися мілким обробітком або переходити до прямого висіву. Така диференціація дає змогу узгодити фітосанітарні вимоги з енергозбереженням.

Передпосівний обробіток під зернобобові культури має бути, як правило, мінімальним за кількістю проходів, але високоякісним за результатом. Для гороху вказується, що якщо навесні потрібен обробіток, то його слід виконувати якомога раніше і зводити до мінімуму, щоб зберегти вологу у верхньому шарі. Це особливо важливо в умовах короткого періоду весняного зволоження, коли зайвий прохід техніки прискорює висушування насіннєвого горизонту.

Оптимальний передпосівний стан ґрунту для бобових – це вирівняна поверхня, відсутність великих брил, наявність дрібногрудочкуватого посівного шару та ущільненого вологого ложа нижче глибини загортання. Для сої в ресурсозберігальних технологіях особливо важливо, щоб сівалка або зернова сівалка змогла: 1) повністю прорізати шар соломи або решток; 2) покласти насіння в контакт із ґрунтом; 3) надійно закрити борозну ущільненим ґрунтом. Саме ці три умови визначають успішність передпосівної підготовки в мінімальному й нульовому обробітку.

Горох потребує ранньої сівби і тому чутливий до втрати весняної вологи. Рекомендації підкреслюють, що насіння гороху слід розміщувати у щільному й вологому посівному ложі, а весняний обробіток має бути мінімальним. У no-till-системі потрібно уникати надмірної кількості поверхневих решток, які погіршують точність загортання й затримують прогрівання ґрунту на глибині висіву.

Нут менш чутливий до точності розміщення насіння, ніж дрібнонасінні бобові, бо має більше насіння, однак і для нього потрібне щільне вологе посівне ложе. У прямому висіві критичним фактором стає правильний вибір сошникової системи та якісний розподіл решток: для лапових no-till-сівалок бажано, щоб рештки були прибрані або подрібнені й розподілені рівномірно; для дискових сошників небажані товсті мати з соломи, які вони погано прорізають.

Соя порівняно з ранніми ярими бобовими потребує теплішого ґрунту для швидкого проростання, а no-till-ґрунти навесні зазвичай холодніші. Тому підготовка поля під сою повинна поєднувати збереження вологи з достатнім прогріванням посівного шару. На важких або повільно прогріваючихся ґрунтах перевагу можуть мати strip-till або добре підготовлене мінімальне насіннєве ложе, тоді як на легших ґрунтах і за наявності якісної сівалки ефективним є прямий висів у стерню чи «stale seedbed».

Сучасні технології вирощування зернобобових дедалі частіше спираються на мінімальний або нульовий обробіток. Для сої показано, що висів безпосередньо у стерню пшениці або у сформоване «stale seedbed» дає змогу заощаджувати час, краще зберігати вологу і в окремих випадках забезпечувати вищу врожайність. Однак успіх таких систем залежить не від самого факту відмови від оранки, а від якості посівної техніки та налаштування висівних апаратів.

Для широкорядної сої перспективним рішенням є strip-till. Ця система готує лише вузькі смуги ґрунту під рядок, тоді як міжряддя залишаються вкритими рештками. За даними університетських рекомендацій, strip-till забезпечує тепліше й сухіше насіннєве ложе, ніж no-till, але водночас зберігає переваги високого покриття поверхні рештками — кращий захист від ерозії та поліпшене вбирання води. Для зернобобових культур це особливо цінно в умовах контрастного зволоження й ризику запливання поверхні ґрунту.

Якість підготовки ґрунту під посів зернобобових потрібно оцінювати не лише за видом поля після проходу агрегату, а й за результатом сівби. Якщо машина не витримує глибину, не прорізає рештки або не забезпечує закриття борозни, навіть добре підготовлене поле не гарантує дружних сходів. Для систем із великою кількістю решток рекомендуються сошники та ріжучі диски, які повністю прорізають солому, а також прикочувальні або притискні колеса, що покращують контакт насіння з ґрунтом. Водночас підкреслюється, що жодні residue managers не компенсують нерівномірного розподілу решток, якщо помилки були допущені ще під час збирання попередника.

Отже, сучасна технологія підготовки ґрунту під зернобобові культури має будуватися за принципом: мінімум зайвих механічних впливів — максимум якості насіннєвого ложа. На практиці це означає скорочення кількості проходів, відмову від обробітку перезволоженого ґрунту, раціональне поводження з пожнивними рештками, добір системи обробітку під конкретну культуру й наявну техніку, а також синхронізацію обробітку з посівом. Саме такий підхід найбільше відповідає вимогам сучасного ресурсозберігального землеробства.

Підготовка ґрунту під посів зернобобових культур повинна бути диференційованою та адаптованою до біології конкретної культури, попередника, стану ґрунту й технічного оснащення господарства. Для всіх зернобобових спільною вимогою є формування щільного вологого посівного ложа, вирівняної поверхні та надійного контакту насіння з ґрунтом. Для гороху першочергового значення набуває збереження ранньовесняної вологи, для нуту – якісна робота по рештках і стабільне розміщення насіння, для сої – поєднання вологонакопичення з достатнім прогріванням посівного шару.

Традиційний обробіток доцільний там, де потрібно заробити значну масу решток, вирівняти поле або інкорпорувати гербіциди. Мінімальний, нульовий і смуговий обробітки мають переваги за збереження вологи, зменшення ерозії та енерговитрат, але вимагають високої культури землеробства і технічно досконалих сівалок. Тому найефективнішою є не «жорстко фіксована» система, а гнучка

технологія підготовки ґрунту, орієнтована на швидке й дружне формування сходів зернобобових культур.

116. Ковба М.С., Ковба С.С. Відокремлений структурний підрозділ «Стрийський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування» м. Стрий, Україна.

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ GPS-МОНІТОРИНГУ ТА ТЕЛЕМАТИКИ В ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

У сучасних аграрних підприємствах обсяги інформації, яку необхідно опрацьовувати для управління транспортними процесами, значно зросли. Особливо це проявляється в аграрному секторі, де ефективність транспортного обслуговування значною мірою залежить від сезонності робіт, погодних умов та нерівномірності навантаження [1, с. 112].

Аналіз роботи аграрних підприємств показав, що старі методи планування маршрутів часто призводять до невикористаного часу техніки та зайвих витрат палива [2, с. 58]. У зв'язку з цим актуальним є впровадження цифрових технологій, які забезпечують отримання оперативної та об'єктивної інформації про роботу транспорту.

GPS-моніторинг варто використовувати не просто для відстеження місцезнаходження транспорту, а як інструмент для збору статистики про маршрути, час у дорозі та швидкісні режими, що дозволяє виявляти неефективні ділянки [1, с. 119].

Телематичні системи, на відміну від базового GPS-моніторингу, дають змогу відстежувати додаткові показники: витрати палива, режим роботи двигуна, тривалість простоїв і технічний стан транспортних засобів [2, с. 63]. Це створює передумови для переходу від контролю до системного управління транспортною діяльністю.

У ході дослідження запропоновано трирівневу модель організації управління транспортними процесами:

– рівень позиціонування, що базується на використанні GPS-технологій [1, с. 112];

– рівень діагностики, який реалізується за допомогою телематичних систем [2, с. 67];

– рівень управління, що передбачає інтеграцію отриманих даних з інформаційними системами підприємства [3, с. 74].

Запропонована модель дозволяє впорядкувати процес обробки інформації та підвищити оперативність прийняття управлінських рішень.

Аналіз даних, отриманих із систем моніторингу, показує, що однією з основних причин втрат є нераціональна організація маршрутів. Іноді маршрути транспорту виявляються на 10–15 % довшими за оптимальні, що призводить до додаткових витрат палива та часу [3, с. 81].

Окрему увагу слід приділити контролю витрат палива. Встановлено, що значна частина перевитрат пов'язана з тривалими простоями транспортних засобів із працюючим двигуном, а також із різкими змінами швидкісного режиму [2, с. 67]. Використання телематичних систем дозволяє оперативно виявляти такі відхилення та зменшувати їх вплив.

Щоб оцінити ефективність перевезень більш об'єктивно, доцільно застосовувати інтегральний показник, який враховує пробіг, витрати палива, тривалість простоїв та відхилення від планового маршруту [1, с. 134]. Використання такого підходу дозволить знизити витрати палива на 7 % за сезон.

З урахуванням специфіки аграрного виробництва важливим є узгодження роботи транспорту з іншими технологічними процесами. Використання цифрових технологій сприяє покращенню координації між підрозділами підприємства та підвищенню загальної ефективності логістики [3, с. 81].

Разом із тим впровадження телематичних систем потребує належної підготовки персоналу та адаптації організаційної структури підприємства. Без урахування цих факторів ефективність використання цифрових технологій може бути суттєво нижчою [2, с. 63].

Перспективним напрямом подальших досліджень є інтеграція телематичних систем із методами штучного інтелекту, що дозволить автоматизувати аналіз даних і підвищити точність прогнозування транспортних процесів [1, с. 134].

Висновки

Використання GPS-моніторингу та телематичних систем сприяє підвищенню ефективності управління транспортними процесами за рахунок використання об'єктивних даних.

Запропонована трирівнева модель може бути використана в практичній діяльності аграрних підприємств при впровадженні цифрових технологій.

Підвищення ефективності транспортної діяльності досягається насамперед завдяки вдосконаленню управління, а не лише оновленню технічних засобів.

Список використаних джерел

1. Коваленко І. М. Логістичні системи транспорту. Київ, 2021.
2. Бойко В. І. Цифровізація транспортних процесів. Київ, 2022.
3. Мельник Л. Г. Основи екологічної логістики. Суми, 2020.

117. Герук С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКИ ІЕЗ ім. Є. О. ПАТОНА В ГАЛУЗІ ПІДВОДНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Актуальність досліджень полягає в необхідності встановити внесок України, в першу чергу Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона, у створення сучасної технології та обладнання для підводного зварювання і різання сталевих конструкцій мокрим способом.

В даний час застосовують 4 основних методи підводного зварювання:

- ✓ Зварювання в сухій глибоководній камері;
- ✓ Зварювання в робочій камері (водолазний дзвін);
- ✓ Зварювання в портативному сухому боксі;
- ✓ Мокре зварювання.

Відмінні риси технології підводного зварювання:

• тиск води на повітряний міхур у місці зварювання передається і на метал, що вплавляється, що сприяє більш ефективному проплавленню сполучного шва;

• при підвищеному тиску та швидкому охолодженні зварний шов стає грубішим;

• погана видимість у воді та постійний процес виділення газів погіршують огляд для фахівця, тому може відбуватися зміщення шва;

• якщо порівнювати процеси зварювання на суші та під водою, то у другому випадку необхідна вища сила струму;

• швидке охолодження зварного шва у воді знижує його ударну в'язкість та міцність на злам;

• корозійні процеси, що посилюються під водою, ускладнюють процес активації дуги. Щоб її запалити, необхідно не просто постукувати електродом, як у звичайних умовах, а колупати ним.

Ще в 1802 році британський вчений Девід виклав можливість того, що електрична дуга може бути безпосередньо утворена у воді. Можливість горіння електричної дуги з вугільного електрода під водою була доведена в 1880 році російським фізиком В.М. Чикольовим. У 1917 р. Британський морський суднобудівний інститут вперше застосував підводне мокре зварювання для зварювання клепаних швів та витікаючих частин заклепок кораблів (ручне дугове зварювання підводними електродами).

Переваги мокрого зварювання:

• займає менше часу;

• скорочуються витрати;

• зварювальник отримує можливість для вільного пересування.

Мінусом цієї технології, порівняно із сухим зварюванням, є зниження якісних характеристик шва.

Півстоліття нікому не вдавалося сформувати щільне з'єднання двох деталей під водою.

У 1932 р. Професор Хренов Московського інституту залізничного транспорту, розробив перший у світі спеціальний підводний електрод з товстим покриттям. Поверхня цього електрода покрита водонепроникним шаром, щоб зробити підводну зварювальну дугу стабільною та стабільною. Форма зварного шва була значно покращена. Однак через низьку якість зварних швів підводне зварювання в цей час застосовується лише у тимчасових проектах, таких як порятунок затонулих кораблів та порятунок корабельних аварій.

У польових умовах підводне зварювання металів було проведено вже 1936 року. Цю технологію застосували у чорноморській акваторії під час операції з підйому судна. Ще через 2 роки зварювальники-водолази використовували підводне зварювання для ремонту пароплава «Уссурі», не заводячи його до ДОКу. Потім у такий спосіб було відновлено герметичність підводної частини криголаму «Сібіряков», який отримав пошкодження, коли сів на кам'янисту мілину.

У березні 1942 року при Московському електромеханічному інституті інженерів залізничного транспорту було створено спеціальну лабораторію, в якій К. К. Хренов продовжив дослідження та розробку техніки підводного зварювання та різання. В результаті було створено електродні покриття, що забезпечують стійке (стабільне) горіння дуги під водою. Всебічні дослідження властивостей та фізико-хімічного складу швів, зварених під водою, показали можливість застосування зварювання для ремонту підводних частин корпусів кораблів прямо на плаву. (За підводне зварювання К.К. Хренов в 1946 р. отримав Сталінську премію).

У 1965 р. в Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона з ініціативи Б.Є. Патона почалися роботи по металургії і технології механізованого підводного зварювання конструкційних сталей, насамперед, мокрим способом. Організаційні роботи були покладені на І.М. Савича

В наступні роки одним з основних завдань було забезпечення міцності зварних швів при збільшенні глибини.

Одним з основних напрямків розвитку підводного зварювання було створення найпростіших маніпуляторів і пристроїв для підводного зварювання в інертному або активному газах з метою забезпечення стабільності дуг. Тоді ж в ІЕЗ ім. Є.О. Патона розглянуто стан підводного зварювання і різання в СРСР і за кордоном.

У 1965-1970 рр. був виконаний комплекс досліджень особливостейзварювання під водою, розроблені основи захисту зварювання і легуванняметалу шва у водному середовищі. Розроблено зварювальні матеріали таапаратуру для дугової механізованої зварки на великих глибинах. У 1969 р. вперше в світі здійснено підводне напівавтоматичне зварювання міцнощільним швом водопроводу через ріку Дніпро у м. Дніпродзержинську (під керівництвом І.І. Савича).

Розвернулися дослідження металургійних, енергетичних і технологічних особливостей підводного зварювання і різання незахищеною дугою металевих об'єктів на глибинах континентального шельфу (І.М. Савіч, А.Г. Рибченков, В.І. Паньков, А.А. Ігнатушенко, В.Я. Кононенко та ін.). У короткі терміни були розроблені технологія та обладнання для підводного мокрого зварювання сталей порошковим дротом (І.М. Савіч, В.Я. Конененко), електроди для підводного мокрого зварювання у всіх просторових положеннях конструкційних сталей з межею текучості до 350 МПа (С.Ю. Максімов), технологія і електроди для ручного і три типи порошкових дротів для механізованого різання (В.Е. Данченко, Ю.Н. Нефедов, Н.В. Головко). В обмазку і шихту матеріалів для різання введені компоненти, що в зоні горіння дуги виділять велику кількість кисню. При цьому не потрібно подавати в зону дуги з поверхні кисень і міняти електроди.

У ІЕЗ було створено низку макетів напівавтоматів, виконаних за різними схемами – закритою, відкритою і напіввідкритою. Конструкція, виконана за закритою схемою, мала сухий жорсткий бункер, в якому розміщувалися механізм подачі і котушка з електродним дротом. Для запобігання попадання води через канал шлангового утримувача в бункер по спеціальному шлангу подавалося повітря під тиском, що перевищує гідростатичний тиск стовпа води на 0,05 МПа. Були розроблені вперше в світі занурювані у воду апарати, в які входять подаючий механізм з двигуном, редуктором, гнучким шлангом і тримачем, котушка з електродним дротом, проводи ланцюгів управління та зварювальні кабелі (В.Е. Патон, В.Б. Смолярко, В.Г. Пічак).

Безперервними зусиллями вчених, у 1965 році Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона провів низку дослідно-конструкторських робіт і розробив першу у світі нову технологію та обладнання для підводного зварювання та різання металу без газової камери. Напівавтоматична технологія та обладнання для підводного зварювання, винайдені Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона, внесли нову революцію в підводне зварювання. Використання цієї технології може зменшити участь персоналу в процесі зварювання в екстремальних умовах. Практичність цієї технології дозволяє безпосередньо виконувати зварювальні ремонтні роботи у воді без додаткових монтажних робіт.

1. У 1965 по 1970 рік Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона провів низку досліджень щодо характеристик підводного зварювання та узагальнив основні знання про велику кількість зварних з'єднань, що захищаються у воді. І розробив зварювальні матеріали та обладнання для механізованого зварювання глибоководною дугою.

2. У 1965-1970 рр. в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона виконано комплекс досліджень особливостей зварювання під водою, розроблені основи захисту зварювання і легування металу шва у водному середовищі. Розроблено зварювальні матеріали та апаратура для дугового механізованого зварювання на великих глибинах.

3. У 1969 р вперше в світі здійснено підводне напівавтоматичне зварювання міцно-щільним швом водопроводу через ріку Дніпро у м. Дніпродзержинську.

4. З 1970-х років підводне зварювання застосовують при відновленні газопровідних труб, що працюють під високим тиском, корпусів суден, портових шлюзів і при будівництві різних гідротехнічних об'єктів. З використанням напівавтоматичного зварювання спеціальним порошковим дротом тільки на будівництві знаменитого газопроводу Уренгой – Західна Європа довжиною близько 5 тисяч кілометрів було зварено 794 річкових переходів.

5. У другій половині 1990-х і в перші роки після 2000 рр. були інтенсифіковані і поглиблені дослідження з метою розширення технологічних можливостей механізованого зварювання на глибинах до 100-200 м, встановлення природи і заходів запобігання пористості швів, підвищення стабільності дугового розряду при високих значеннях гідростатичного тиску.

6. У 2000-х роках продовжує виконання прикладних досліджень: із розробки підводного зварювання на глибинах континентального шельфу (до 300 м); зі створенню технологій дугового зварювання з адаптивним управлінням процесом формування металу шва і нового покоління зварювального устаткування.

Так у 1974 р. А1450 «Нептун 4» пройшов Державні випробування і був прийнятий ВМФ СРСР. Випущено більше 100 комплектів напівавтоматів. У 1977 р. був розроблений А1660 на робочу глибину 60 м. Випущено більше 140 комплектів напівавтоматів. Напівавтомат типу А1660 складається з шафи управління, розташованого на повітрі, і контейнера, що занурювався у воду і був пов'язаний з шафою керування і джерелом живлення зварювальними кабелями і проводами ланцюгів управління. Напівавтомат набув широкого поширення при виконанні гідротехнічних робіт. У 1989 р ІЕЗ був розроблений більш досконалий напівавтомат для підводного зварювання (ПШ 141).

Найважливішим завданням, що поставив ВМФ СРСР Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона, було розробити ефективні технології різання під водою сталевих конструкцій товщиною більше 30 мм.

У 1986 р. була спроектована установка для плазмово-дугового різання під водою А1821 «Скат 3», 1989 р. – напівавтомат для підводного механізованого різання порошковим дротом ПШ131 В5. Зразу було випущено 18 комплектів. У 1991 р. було випущено 8 комплектів удосконаленого напівавтомата ПШ 141 В5 «Протока» .

З 1979р. підводне зварювання застосовують при відновленні газопровідних труб, що працюють під високим тиском, корпусів суден, портових шлюзів і при будівництві різних гідротехнічних об'єктів.

У другій половині 1990-х і в першій роки після 2000 рр. були інтенсифіковані та поглиблені дослідження з метою розширення технологічних можливостей механізованого зварювання на глибинах до 100-200 м, встановлення природи і заходів запобігання пористості швів, підвищення стабільності дугового розряду при високих значеннях гідростатичного тиску, нейтралізації шкідливого впливу дифузійного водороду на якість зварних з'єднань, запобігання холодних тріщин у з'єднаннях трубних сталей та інших конструкційних сталей підвищеної міцності. Розпочато було дослідження зі зварювання нержавіючих сталей щодо проблем атомників.

Оскільки зварювання дротом суцільного перетину в середовищі захисних газів під водою неможливе, то в Інституті електрозварювання (ІЕЗ) ім. Є.О. Патона НАН України було прийнято рішення про розробку технології із застосуванням самозахисного порошкового дроту із високолегованих корозійностійких сталей.

ІЕЗ ім. Є.О. Патона розробив нові технології мокрого зварювання та різання, що базуються на застосуванні самозахисного порошкового дроту. У порівнянні з традиційним ручним дуговим мокрим зварюванням та різанням, ця технологія має значні переваги. Особливо у випадках, коли потрібна велика кількість зварювання та різання. Напівавтоматичне дугове зварювання під водою порошковим дротом ППС- АН2, створює перспективи для переходу до його механізації, що має важливе значення.

У 1980-х роках у Великобританії, ФРГ і США розгорнулися дослідження підводного зварювання на глибинах більше 100 м. У 1996 р. у Технологічному інституті Великобританії (Institute of Technology, Granfield) гіпербаричне зварювання ведуть під тиском газового середовища, рівним тиску навколишньої води на відповідній глибині. На глибинах до 150 м хороші результати може дати зварювання напівавтоматом порошковоим електродним дротом з додатковим газовим захистом; при цьому спрощуються металургійні проблеми, проте неможливе зварювання металів великої товщини. Розгорнулося вивчення дугового зварювання під дією тиску більш ніж 100 бар.

Встановлено можливі технології зварювання і з'єднання підводних споруд (дугове зварювання, зварювання в твердій фазі, зварювання вибухом, склеювання). Вказані досягнення різних країн у процесах дугового зварювання на глибині 500-1000 м – зварювання плазмове і в захисному газі. Доведено можливості використання роботів, спеціальних пристосувань, моніторингу процесів зварювання і т.д.

Список використаних джерел

1. Етапи розвитку підводного зварювання / О.П. Літвінов // Питання історії науки і техніки. — 2016. — № 1. — С. 17-23. — Бібліогр.: 20 назв. — укр.

2. Setffarth P. Zum gegenwärtigen Stand des Unterwasserschwei ßens. / P. Setffarth //Schweisstechnik (DDR). – 1983. – 33. – №11. S. 521 – 522.

3. Suda Y. On formation of porosity in underwater weld metal – study on mechanisms of blowhole formation by hydrogen (the 2nd report) // Ibid. – 1987. – 18, –№1. – P. 61-68.

4. Ando S., Study on the metallurgical properties of steel welds with underwater gravity welding / S. Ando , T.Ashina. // Underwater weld: Proc. Intern / cont. Trondheim, 27-28 June, 1983. – Oxford. – 1983. – P. 255-261.

5. Ibarra S. Effect of water dept on underwater weld metal porosity formation S.Ibarra, Olson D.L., Liu S. // Intern. Conf. on underwater welding, New Orleans, 20-21 March, 1991. – Miami: AWS, 1991. – P. 54-69.

6. Olson D.L., Ibarra S. Underwater welding metallurgy. // Proc. Ist. On OMAE, 1986. – P. 439-447.

7. Ellis R. Deepwater arc Welding: Arc welding research at pressures that 100 bar. / Ellis Richard // HSB Int. Holl Shipbuild – 1997. – 46. – №3. – P. 51-52.

8. Die Möglichkeiten des hyperbaren Schweissens. «Maschinenbau»,1983.– 12.– №11.– 39-40 (нем).

9.N. Guo, M. R. Wang, Y. P. Du, et al. Metal transfer in underwater flux-cored wire wet welding at shallow water depth[J]. Materials Letters, 2015.

10. Schweißen im Offshorebertich, Möglichkeiten des Kammerschweißens. Ford Eric. (Techn. Rdsch. – 1983. – 75. – №43. – S. 21, 23.

11. Deepwater arc Welding: Arc welding research at pressures that 100 bar / Ellis Richard //HSB Int. Holl Shipbuild. – 1997. – 46/ – №3. – C. 51-52.

12. Input sought For ASTM seawater exposure program // Welding Journal.– 2003.– 82.– № 8.– S. 1-4.

13.石永华 王国荣等. 水下药芯焊丝焊接的工艺特点与 研究进展. 焊接技术. 2000，29（2）

14. Korzhik V. N., Pashchin N. A., Mikhoduj O. L. et al. (2017) Comparative evaluation of methods of arc and hybrid plasmaarc welding of aluminum alloy 1561 using consumable electrode. The Paton Welding J., 4, 30-34.

15. Korzhik V. N., Sydorets V. N., Shanguo Han, Babich A. A. (2017) Development of a robotic complex for hybrid plasmaarc welding of thin-walled structures. Ibid, 5, 62-70.

16. Hamm R.W. (2008) Reviews of accelerator science and technology. Industrial Accelerators, 1, 163-184.

14. http://uk.tianqiaowelding.com/news/underwater-welding-technology/

15. https://gradient.ua/pidvodne-zvariuvannia/

16. https://zpsplav.com.ua/blog/svarka-s-vodoy.html

17. https://kemppi.in.ua/articles/metody_zvaryvannia.htm

118. Ковба С.С., Ковба М.С. Відокремлений структурний підрозділ «Стрийський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування» м. Стрий, Україна.

ЕКОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

У сучасних умовах зміни клімату та посилення екологічних норм висувають нові вимоги до організації транспортних процесів в аграрному виробництві. Транспорт уже не розглядається виключно як допоміжний компонент виробничого процесу; він стає суттєвим чинником екологічного впливу.

Досвід функціонування агропідприємств показує, що транспортні операції формують значну частку викидів парникових газів і впливають на ґрунтовий покрив через інтенсивне використання техніки. За даними [1] транспорт у країнах ЄС формує приблизно чверть усіх викидів парникових газів, причому найбільший внесок робить автомобільний транспорт.

Аналіз наукових джерел [2, с. 41; 3, с. 67] показує, що питання екологізації логістики найчастіше висвітлюються в загальному контексті сталого розвитку, тоді як особливості аграрної галузі враховуються рідше. Проте саме галузеві особливості визначають характер транспортних процесів, включаючи їх сезонність, нерівномірність навантаження та залежність від технологічних циклів.

У цьому дослідженні запропоновано сприймати екологічну трансформацію транспортної діяльності як багаторівневий процес, який включає технічну, організаційну та управлінську складові. Такий підхід дозволяє перейти від поодиноких заходів до комплексного управління екологічними параметрами.

На технічному рівні трансформація передбачає модернізацію транспортного парку та впровадження більш економічних і екологічних транспортних засобів. Використання сучасних транспортних засобів із зниженими показниками викидів значно зменшує негативний вплив на довкілля, хоча ефективність реалізації залежить від режимів експлуатації [1].

Організаційний аспект зосереджений на підвищенні ефективності маршрутів та оптимізації логістичних схем перевезень. Навіть без суттєвих фінансових вкладень можна скоротити витрати палива шляхом раціонального планування перевезень. Практика свідчить про наявність дублювань маршрутів та зайвих пробігів, які традиційні методи планування не враховують [2, с. 53]. Застосування принципів зеленої логістики дозволяє враховувати екологічні аспекти при прийнятті управлінських рішень, оцінюючи не лише економічну ефективність, а й обсяг викидів та енергоспоживання транспортних операцій [4].

Управлінський рівень включає застосування цифрових систем моніторингу та аналізу транспортної діяльності. Такі технології забезпечують контроль витрат палива, режимів роботи техніки та дотримання маршрутів, створюючи передумови для зниження екологічного навантаження [5].

Для комплексного оцінювання екологічної ефективності транспортних процесів запропоновано застосовувати інтегральний показник, який включає:

- обсяг викидів парникових газів;
- витрати палива;
- коефіцієнт використання транспортних засобів;
- частку непродуктивних пробігів.

Цей підхід дозволяє здійснювати всебічну оцінку стану транспортної системи та визначати пріоритетні напрями її вдосконалення.

Аграрне виробництво потребує адаптації екологічних заходів до реальних умов господарювання. Під час польових робіт транспорт функціонує під підвищеним навантаженням, що обмежує можливості оптимізації. У таких випадках ключовим фактором є координація роботи транспортних засобів із технологічною технікою.

Дослідження показують, що головний ефект екологізації досягається через скорочення непродуктивних витрат ресурсів, а не лише через технічне оновлення парку. Водночас реалізація екологічно орієнтованих рішень обмежується низкою факторів: недостатньою інфраструктурою, обмеженими фінансовими ресурсами та необхідністю змін у підходах до управління [3, с. 72].

Перспективним напрямом подальших досліджень є поєднання принципів зеленої логістики з цифровими технологіями управління транспортом, що підвищить точність оцінки екологічних показників і ефективність прийняття рішень.

Висновки

Екологічна трансформація транспортних процесів є критично важливою для підвищення ефективності аграрного виробництва.

Систематизація екологічних заходів за технічним, організаційним та управлінським рівнями має практичне значення і може використовуватися при розробці стратегії розвитку підприємств.

Основний ефект екологізації досягається шляхом оптимізації використання ресурсів та удосконалення управлінських рішень.

Список використаних джерел

1. Popescu C.-A., Ifrim A. M., Silvestru C. I. et al. Evaluation of the Environmental Impact of Logistics Activities. Sustainability. 2024. DOI: 10.3390/su16104061.
2. Нечипоренко К. В. Транспортна логістика аграрних підприємств в системі сталого розвитку АПК. Ефективна економіка. 2015.
3. Городецька Т. Е., Балюк А. В. Роль транспортних підприємств у формуванні ефективної логістики аграрного сектору. АПІЕ. 2025.

4. Що таке зелена логістика та чому вона важлива. Ekol Ukraine. 2025.
5. Logistics in the era of climate change: a review of challenges. ResearchGate. 2025.

119. Герук С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м.Житомир, Україна

ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Вступ Лазерне зварювання є однією з найсучасніших та найперспективніших технологій з'єднання матеріалів, що сьогодні широко застосовується в автомобілебудуванні, авіакосмічній техніці, електроніці, медицині та адитивному виробництві. Його унікальність полягає у здатності створювати точні, міцні та високоякісні зварні з'єднання з мінімальною зоною термічного впливу. На відміну від традиційних методів, лазерне зварювання забезпечує надзвичайно високу концентрацію енергії, можливість автоматизації та здатність працювати з різноманітними матеріалами.

Попри те що лазерне зварювання сьогодні здається звичним елементом високотехнологічного виробництва, його історія є порівняно короткою. Всього за кілька десятиліть воно пройшло шлях від експериментальної лабораторної технології до повністю автоматизованих комплексів з роботами, машинами з числовим програмованим керуванням та інтегрованими системами штучного інтелекту.

У цьому дослідженні розглядаються передумови появи лазерного зварювання, історія створення лазерів, етапи становлення технології, її розвиток у промисловості та сучасні тенденції. Особлива увага приділяється аналізу наукових проривів, що вплинули на формування галузі, а також опису ключових типів лазерів, що використовуються у процесах зварювання.

Мета роботи — всебічно висвітлити історичні, наукові та технологічні аспекти розвитку лазерного зварювання та показати, як еволюція лазерних систем вплинула на промислові процеси і виробничі технології у світі.

1. Передумови появи лазерного зварювання

1.1. Витоки: розвиток квантової фізики

7 липня 1960 року Теодор Майман презентував свій лазер. Його основу складав монокристал штучного рубіна, що створював інтенсивне випромінювання червоного кольору. Промінь лазера здатний долати великі відстані, майже не розсіючись, й концентрувати оптичну енергію на маленькій ділянці, що дало поштовх для використання лазерного світла в технічних цілях. Ідея була революційною, але довгий час залишалася лише теоретичною. Протягом першої половини XX століття вчені зробили значні кроки у вивченні поглинання й випромінювання енергії атомами, що заклало фундамент майбутніх технологій лазерної обробки матеріалів.

1.2. Мазери як попередники лазерів

У 1954 році Чарлз Таунс та його колеги створили мазер — прилад, що генерує когерентне мікрохвильове випромінювання. азву "мазер" (Посилення мікрохвиль за допомогою вимушеного випромінювання, microwave amplification by stimulated emission of radiation). Крім Таунса до відкриття безпосереднього принципу роботи квантового генератора причетні радянські вчені А. М. Прохоров, Н. Г. Басов, а також американці Дж. Вебер, Д. Гордон і Г. Цейгер. Його застосування було обмеженим: мікрохвилі не мали достатньої енергії для обробки матеріалів. Однак мазер продемонстрував принципову можливість створення керованого когерентного джерела.

У 1964 році Прохорову, Басову і Таунсу була присуджена Нобелівська премія з фізики.

У 1961 р був створений лазер на неодимовому склі, а протягом наступних п'яти років були розроблені лазерні діоди, лазери на барвниках, лазери на двоокису вуглецю, хімічні лазери. У 1963 р Ж. Алфьоров та Г. Кремер (Нобелівська премія з фізики 2000р.) розробили теорію напівпровідникових гетероструктур, на основі яких було створено багато лазерів

У 1983 р. Андерсон і Парріш запропонували метод селективного фототермолізу, який заснований на здатності біотканин вибірково поглинати світлове випромінювання певної довжини хвилі, що призводить до їх локальної деструкції. При поглинанні основними хромофорами шкіри - водою, гемоглобіном або меланіном - електромагнітна енергія лазерного випромінювання перетворюється на тепло, що викликає нагрівання та коагуляцію хромофорів.

1.3. Потреби промисловості

Після Другої світової війни індустріалізація набирала обертів. Металообробні підприємства потребували нових технологій для:

• підвищення точності та швидкості робіт;
• обробки надтвердих та високотемпературних матеріалів;

• зменшення термічних деформацій;
• автоматизації виробництва.

Традиційні зварювальні методи часто не відповідали вимогам сучасної техніки, що стимулювало пошук альтернатив, зокрема методів променевої обробки.

2. Створення перших лазерів і початок досліджень зварювання (1960–1970)

2.1. Поява рубінового лазера

У 1960 році Теодор Майман створив перший у світі лазер на рубіні. Його промінь був імпульсним, червоним та надзвичайно інтенсивним. Це стало справжнім проривом, що привернув увагу вчених і промисловців у всьому світі.

2.2. Поява нових типів лазерів

Протягом 1960-х років розробили нові типи лазерів:

• гелій-неоновий лазер (1961) — стабільний і безперервний;
• Nd:YAG-лазер (1964) — універсальний і потужний;
• CO_2-лазер (1964) — високоефективний з тепловим впливом.

Саме CO_2-лазер став першим промисловим інструментом для зварювання металів.

2.3. Перші експерименти зі зварювання

Наприкінці 1960-х років було доведено, що лазерний промінь може розплавляти і випаровувати метал. Цей факт дав початок дослідженням лазерного зварювання, які виконувалися у США, Німеччині та СРСР.

3. Становлення лазерного зварювання (1970–1980)

3.1. Поява CO_2-лазерів промислової потужності

CO_2-лазери у 1970-х досягли потужностей у 1–10 кВт, що дозволило виконувати глибокопроникне зварювання сталі й алюмінію.

3.2. Розширення сфер застосування

Лазерне зварювання почали застосовувати в:

• авіації — для титанових деталей;
• космічній техніці — для спеціальних сплавів;
• електроніці — для герметизації мікрокорпусів;
• військових приладах.

3.3. Висока вартість як стримувальний фактор

Попри значний потенціал, лазери залишалися надто дорогими, що обмежувало їх використання.

4. Промислова революція в лазерному зварюванні (1980–2000)

4.1. Nd:YAG-лазери та оптоволоконна передача променя

У 1980-х роках впровадження Nd:YAG-лазерів з оптоволоконною передачею стало переломним моментом.

Переваги:

• підвищена гнучкість;
• можливість працювати в складних умовах;
• інтеграція з роботами.

4.2. Впровадження у автомобілебудуванні

Виробники автомобілів почали використовувати лазери для:

• зварювання панелей;
• виготовлення коробок передач;
• зварювання кузовів із тонких сталевих листів.

Це дозволило збільшити міцність конструкцій і зменшити вагу автомобілів.

4.3. Автоматизація процесів

1990-ті роки ознаменувалися появою:

• ЧПК-систем;
• роботизованих маніпуляторів;
• систем візуального контролю шва.

5. Ера потужних волоконних лазерів (2000–2015)

5.1. Створення волоконних лазерів

Волоконні лазери стали революційним кроком. Вони забезпечували:

• високий ККД;
• чудову якість променя;

• довговічність;
• мінімальні витрати на обслуговування.
5.2. Масове промислове впровадження
У 2000-х роках лазерне зварювання стало стандартом у:
• виробництві автомобільних акумуляторів;
• телекомунікаційному обладнанні;
• медичних імплантах;
• електроніці високої точності.
5.3. Розвиток лазерно-дугового гібридного зварювання
Поєднання лазера й дуги дозволило:
• зменшити витрати;
• збільшити глибину проплавлення;
• підвищити продуктивність.
6. Сучасний етап: 2015–сьогодні
6.1. Інтелектуалізація лазерних систем
Сучасні установки включають:
• системи машинного зору;
• автоматичну корекцію шва;
• адаптивне фокусування променя;
• штучний інтелект для оптимізації режимів.
6.2. Адитивне виробництво
Лазери відіграють ключову роль у технологіях 3D-друку металами:
• SLM;
• DMLM;
• лазерне наплавлення.
6.3. Новітні тенденції
- ультракороткі імпульсні лазери;
• багатопроменеві системи;
• високошвидкісне зварювання для електромобілів;
• нові способи контролю якості.
7. Перспективи розвитку
У майбутньому очікується:
• волоконні лазери;
- коаксіальні системи
- інтелектуальні системи контролю
- Інтеграція з робототехнікою;
- 3D-зварювання
• повна автономізація лазерного зварювання;
• квантизація та оптимізація променя в реальному часі;
• комбіновані процеси лазер–плазма–електронний промінь;
• широке застосування в космічній промисловості;
• використання у виробництві композитних матеріалів.
Висновок

Історія лазерного зварювання — це динамічний шлях від фундаментальних фізичних відкриттів до ультрасучасних високотехнологічних систем. Сьогодні лазерне зварювання є однією з найефективніших промислових технологій і продовжує активно розвиватися. Поява волоконних лазерів, роботизація виробництва та розвиток адитивних технологій зробили лазер невід'ємною частиною промислової революції XXI століття.

Лазерне зварювання має величезний потенціал, і його розвиток триватиме ще довгі роки, формуючи новий технічний ландшафт і відкриваючи нові можливості для науки та виробництва.

Список літератури

1. Steen W. M., Mazumder J. Laser Material Processing. Springer, 2010.
2. Ion J. C. Laser Processing of Engineering Materials. Elsevier, 2005.
3. Ready J. F. Industrial Applications of Lasers. Academic Press, 1997.

4. Weber R., Graf T. High-brightness lasers and their applications in welding. Physics Procedia, 2013.
5. Miyamoto I., Katayama S. Handbook of Laser Welding Technologies. Woodhead Publishing, 2013.
6. Dubey A. K., Yadava V. Laser beam machining—A review. IJMTM, 2008.
7. German R. Laser Welding: A Practical Guide. Wiley, 2020.
8. Katayama S. Laser Welding Processes. Springer, 2019.
9. https://duikt.edu.ua/ua/news-1-591-1208-iz-istorii-vinahodu-lazera---mazera
10. https://stimul.online/historical-dates/vzyal-molotok-i-razbil-vse-pribory/
11. https://www.kp.ru/daily/26348.7/3230539/
12. https://habr.com/ru/companies/onlinepatent/articles/697328/

120. Гриник А.Р., Ковба С.С. Відокремлений структурний підрозділ «Стрийський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування» м. Стрий, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА НАДІЙНІСТЬ СУЧАСНИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Функціонування сучасних двигунів внутрішнього згоряння супроводжується значними тепловими та механічними навантаженнями, що визначає підвищені вимоги до їх експлуатаційної надійності. Особливо це стосується двигунів, оснащених системами високоточного впорскування палива, для яких характерна підвищена чутливість до якості паливно-мастильних матеріалів. За таких умов паливо і мастило доцільно розглядати як один із ключових чинників, що впливають на довговічність силових агрегатів.

У процесі експлуатації сільськогосподарської техніки вплив якості ПММ посилюється через специфічні умови роботи. Машини функціонують при змінних навантаженнях, у середовищі з підвищеним вмістом пилу, а також тривалий час працюють у режимах часткового навантаження. За результатами узагальнення експлуатаційних спостережень у господарствах західного регіону України встановлено, що зазначені фактори сприяють інтенсифікації процесів зношування. При цьому навіть незначні відхилення показників якості палива або мастильних матеріалів від нормативних значень можуть призводити до скорочення ресурсу окремих вузлів.

Як показують дослідження [1, с. 145–152; 2, с. 210–218], однією з основних причин зниження надійності дизельних двигунів є нестабільність фізико-хімічних властивостей палива. Наявність води та механічних домішок спричиняє прискорене зношування елементів паливної апаратури [3, с. 95–102]. Водночас мастильні матеріали визначають умови тертя між поверхнями деталей і впливають на тепловий режим їх роботи [4, с. 70–85].

До визначальних показників якості дизельного палива належать цетанове число, фракційний склад, вміст сірки та ступінь очищення. Зниження цетанового числа навіть на 2–3 одиниці призводить до збільшення періоду затримки займання [1, с. 148], що змінює характер процесу згоряння. У результаті підвищуються динамічні навантаження на елементи кривошипно-шатунного механізму та порушується рівномірність теплового навантаження.

Практичний досвід експлуатації показує, що чистота палива має критичне значення для роботи паливних систем. Навіть наявність дрібнодисперсних частинок розміром кілька мікрометрів може викликати абразивне зношування прецизійних елементів. Це особливо небезпечно для систем типу Common Rail, де тиск упорскування перевищує 1500 бар [2, с. 214]. У таких умовах прискорюється зношування форсунок і плунжерних пар.

Не менш важливим є вплив мастильних матеріалів. У процесі роботи двигуна мастило формує захисну плівку, яка забезпечує розділення поверхонь тертя. Залежно від режиму роботи реалізуються різні режими змащування — від гідродинамічного до граничного. Погіршення в’язкісно-температурних властивостей мастила призводить до руйнування цієї плівки та зростання коефіцієнта тертя [4, с. 82–84].

У процесі експлуатації відбувається поступове погіршення властивостей мастильних матеріалів. Це пов’язано з окисненням, накопиченням продуктів зношування, потраплянням пилу та проривом газів у картер двигуна [5, с. 120–128]. У результаті знижується ефективність мастила, що негативно впливає на ресурс двигуна.

Для оцінки впливу якості паливно-мастильних матеріалів на довговічність двигуна може бути використана узагальнена інженерна залежність:

$$L = L_0 \cdot k_f \cdot k_o \cdot k_c \quad (1)$$

де L — фактичний ресурс двигуна;

L_0 — номінальний ресурс;

k_f — коефіцієнт якості палива;

k_o — коефіцієнт якості мастила;

k_c — коефіцієнт умов експлуатації.

Зазначена залежність дозволяє на практичному рівні врахувати вплив основних факторів. Наприклад, при зниженні якості палива ($k_f \approx 0{,}85$) та одночасному погіршенні характеристик мастила ($k_o \approx 0{,}9$) загальний ресурс двигуна може зменшуватися більш ніж на 20 %, що узгоджується з експлуатаційними спостереженнями [6, с. 175–180].

Аналіз свідчить, що найбільш негативний ефект виникає при одночасній дії кількох несприятливих факторів. Зокрема, поєднання підвищеної запиленості середовища та використання недостатньо очищеного палива значно прискорює зношування паливної системи.

Практика експлуатації техніки показує, що підвищення надійності двигунів можливе лише за умови комплексного підходу. Він передбачає контроль якості палива під час постачання, регулярний моніторинг стану мастильних матеріалів та дотримання регламентів технічного обслуговування. Застосування методів діагностики мастил дозволяє своєчасно виявляти деградаційні процеси та запобігати відмовам.

Висновки

Якість паливно-мастильних матеріалів є одним із визначальних чинників надійності двигунів внутрішнього згоряння. Погіршення їх характеристик призводить до інтенсифікації зношування, порушення процесів згоряння та зміни теплового режиму роботи двигуна.

Запропонована інженерна модель дозволяє оцінити сукупний вплив якості палива, мастила та умов експлуатації.

Таким чином, забезпечення належної якості ПММ є необхідною умовою ефективного використання техніки в аграрному виробництві.

Список використаних джерел

1. Дубровін В. О. Паливно-мастильні матеріали. Київ : НУБіП України, 2020. 312 с.
2. Бойко В. І. Експлуатація машин і обладнання в АПК. Київ : Центр навчальної літератури, 2021. 400 с.
3. Кравченко О. П. Надійність технічних систем. Харків : ХНАДУ, 2019. 280 с.
4. Литвиненко С. В. Трибологія і мастильні матеріали. Львів : Львівська політехніка, 2020. 250 с.
5. Мельник Л. Г. Основи технічної експлуатації машин. Суми : Університетська книга, 2021. 330 с.
6. Гуменюк В. М. Технічне обслуговування машин. Київ : Аграрна освіта, 2018. 290 с.

121. Дьорка А.І., Ковба С.С. Відокремлений структурний підрозділ «Стрийський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування» м. Стрий, Україна.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНІКИ

Сучасний етап розвитку технічних систем характеризується не лише зростанням їх функціональних можливостей, але й істотним ускладненням конструкцій та умов експлуатації. Особливо це стосується мобільної та сільськогосподарської техніки, яка працює в умовах змінних навантажень, підвищеної запиленості, вологості та температурних коливань. За таких обставин традиційна система технічного обслуговування, побудована на жорстко регламентованих інтервалах, дедалі частіше виявляється недостатньо гнучкою та ефективною.

Як показує експлуатаційна практика, відмови більшості вузлів і агрегатів мають не випадковий, а поступовий характер. Зазвичай їм передує певний період деградації технічного стану, який супроводжується зміною контрольованих параметрів. Це може проявлятися у зростанні рівня вібрації, локальному перегріві або зміні характеристик мастильного середовища. За наявності відповідних засобів контролю такі відхилення можуть бути виявлені ще на ранніх стадіях.

У цьому контексті інтелектуальні системи діагностики доцільно розглядати як один із найбільш перспективних напрямів підвищення надійності техніки. Їх застосування дає змогу перейти від фіксації окремих параметрів до комплексного аналізу технічного стану об’єкта. При цьому використовуються сучасні методи обробки даних, алгоритми машинного навчання та засоби розпізнавання образів.

Результати наукових досліджень підтверджують ефективність такого підходу. Так, у роботах Орищенка С. О. та Орищенка В. О. показано, що використання нейронних мереж у задачах діагностики мехатронних систем дозволяє підвищити точність визначення технічного стану в умовах невизначеності [1, с. 13–16]. Подібні висновки наведено і в працях Горбенка О. В. та Лапенка Т. Г., де особливу увагу приділено оцінюванню залишкового ресурсу машин на основі інтелектуальних моделей [2, с. 160–163]. Водночас Мигаль В. Д. наголошує, що результативність діагностики значною мірою залежить від якості інформаційного забезпечення та обґрунтованого вибору діагностичних параметрів [4, с. 74–77].

Разом із тим, аналіз існуючих підходів показує, що на практиці окремі методи діагностики часто застосовуються ізольовано. Це, своєю чергою, обмежує можливості отримання повної та достовірної інформації про стан техніки. Саме тому актуальним є їх поєднання та інтеграція в межах єдиної системи.

З практичної точки зору інтелектуальна система діагностики функціонує як послідовність взаємопов’язаних етапів. Спочатку здійснюється збір даних за допомогою датчиків або вбудованих засобів контролю. Далі інформація проходить попередню обробку, що включає фільтрацію, нормалізацію та перетворення сигналів. Після цього виконується аналітична обробка із застосуванням відповідних алгоритмів, а завершальним етапом є формування висновків або рекомендацій щодо подальшої експлуатації техніки.

У практиці технічного сервісу використовується цілий комплекс методів діагностики, кожен з яких має свою сферу ефективного застосування. Так, вібраційна діагностика є одним із найбільш інформативних способів контролю стану обертових елементів і дозволяє виявляти дефекти підшипників, валів і редукторів на ранніх стадіях їх розвитку [4, с. 76–78].

Не менш важливим є термографічний контроль, який забезпечує можливість виявлення локальних перегрівів без зупинки обладнання, що має принципове значення для безперервних процесів. У свою чергу, аналіз мастильних матеріалів дає змогу оцінити інтенсивність зношування вузлів за наявністю продуктів тертя та сторонніх домішок [5, с. 231–234].

Доповнюють ці підходи акустичні та ультразвукові методи, які доцільно застосовувати для виявлення дефектів, що складно зафіксувати іншими способами. Як свідчать результати досліджень, вони є особливо ефективними на початкових стадіях руйнування матеріалів [3, с. 294–296].

Окрему увагу доцільно приділити практичним аспектам застосування діагностичних засобів. Зокрема, під час експлуатації тракторів John Deere (серії 5E), Case IH (Farmall M/C), Massey Ferguson (4700), New Holland (T4/T5) у західному регіоні України (за результатами узагальнення експлуатаційних спостережень) встановлено, що початкові відмови підшипникових вузлів редуктора часто мають прихований характер. Використання вібраційного контролю дозволило зафіксувати характерні зміни спектра сигналу ще до появи зовнішніх ознак несправності. Додатковий аналіз мастильного матеріалу підтвердив наявність продуктів зношування. Завдяки своєчасному втручанню вдалося уникнути аварійного ремонту та зменшити витрати на обслуговування приблизно на 15–20 %.

Сучасні тенденції розвитку техніки безпосередньо пов’язані з упровадженням вбудованих систем самодіагностики та цифрових технологій. Це створює передумови для переходу до прогнозного технічного обслуговування, коли рішення приймаються з урахуванням фактичного стану та очікуваних змін у роботі техніки.

У цьому контексті найбільш перспективним напрямом є створення інтегрованих програмно-апаратних комплексів, які об’єднують дані з різних джерел і забезпечують їх узгоджену обробку. У таких системах інтелектуальні алгоритми виконують функцію підтримки прийняття рішень, що дозволяє суттєво підвищити ефективність експлуатації техніки.

Висновки

Інтелектуальні системи діагностики є ефективним інструментом підвищення надійності техніки, що забезпечує своєчасне виявлення прихованих дефектів і запобігання аварійним відмовам.

Найбільший практичний ефект досягається за умов поєднання різних методів контролю в межах єдиної інформаційної системи.

Подальший розвиток у цьому напрямі пов’язаний із впровадженням прогнозної аналітики та інтеграцією діагностики у цифрові системи технічного сервісу.

Список використаних джерел

1. Орищенко С. О., Орищенко В. О. Діагностика мехатронних систем із використанням нейронних мереж // Галузеве машинобудування, будівництво. 2025. № 64. С. 12–18.
2. Горбенко О. В., Лапенко Т. Г. Аналітичні підходи до розроблення інтелектуальних систем діагностики технічного стану машин // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2025. № 6. С. 158–165.
3. Стаднік М. І., Кравчук О. В., Бондаренко Л. М. Застосування інтелектуальних технологій у системах технічної діагностики // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2025. № 1. С. 291–299.
4. Мигаль В. Д. Інтелектуальна діагностика транспортних засобів // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. 2022. № 22. С. 72–80.
5. Левицький В. С., Паламарчук І. П., Ковальчук Р. О. Інтелектуальні методи діагностики технічних систем : монографія. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2025. 256 с.
6. Єриганов О. В. Автоматизовані системи діагностики двигунів внутрішнього згоряння // Вісник Херсонського національного технічного університету. 2025. № 2. С. 120–126.
7. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів : монографія. Харків : ХНАДУ, 2018. 268 с.

122. Олексюк А.В., Довбуш Т.А., Олексюк В.П. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна.

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СЕПАРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН ТА АНАЛІЗ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Картопля є однією з ключових сільськогосподарських культур України, а технологічний процес її збирання значною мірою залежить від ефективності роботи сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин, оскільки саме вони забезпечують відокремлення бульб від ґрунту, рослинних решток та домішок. За низької ефективності сепарації зростають втрати врожаю, збільшується трудомісткість ручного доочищення, підвищуються енергетичні витрати на повторні операції. В умовах малих і середніх агропідприємств України, які забезпечують понад 90% від загального обсягу вирощеної картоплі, виникає потреба у недорогій, технологічно простій та енергоощадній техніці. Саме тому питання удосконалення конструкцій пристроїв для здіснення сепарації вороху, які в певні мірі складають основу машин для збирання картоплі, а також оцінка фактичного стану їх застосування в Україні є науково-практичною проблемою, що потребує системного аналізу.

Пристрої для первинної сепарації картопляного вороху картоплезбиральних машин можна класифікувати на грохотні, транспортерні, барабанні та комбіновані системи [6, 9, 11].

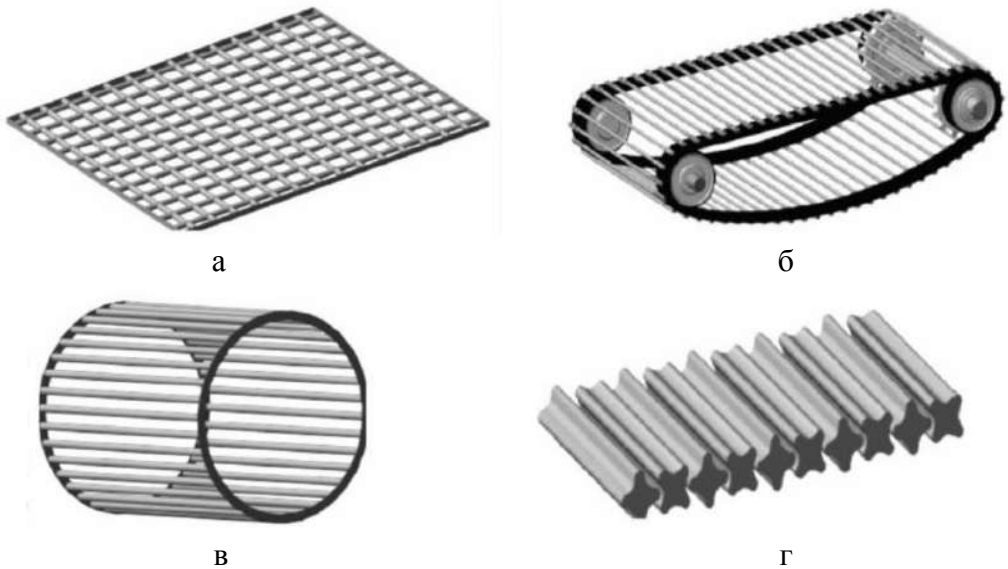


Рисунок 1 – Схеми типових робочих органів для первинної сепарації вороху картоплезбиральних машин

а – грохоти з коливальним рухом решіт; б – транспортери пруткового типу;
в – барабанні сепаруючі пристрої; г – валкові грохоти

Грохотні сепаратори являють собою пруткові решітки, закріплені на хитній рамі, яка здійснює коливальні рухи. Ефективність їх роботи визначається амплітудою та частотою коливань, кутом нахилу решітки, формою прутків та швидкістю подачі вороху [1, 2, 3].

Транспортерні сепаратори забезпечують більш тривалий шлях руху бульбоносного пласта та дозволяють поєднувати функції транспортування і сепарації. Вони можуть бути виконані у вигляді пруткових або гумотканинних транспортерів з різними схемами приводу. За рахунок змінної швидкості руху полотна та інтеграції додаткових очищувальних органів (бітерів, щіток, дисків) досягається висока якість очищення навіть за умов підвищеної грудкуватості ґрунту [1, 6].

Барабанні сепаратори найчастіше використовуються у складі мінікомбайнів та спеціалізованих картоплезбиральних машин. Їхня перевага полягає у можливості інтенсивного перемішування елементів вороху всередині обертового барабана, що сприяє відокремленню ґрунтових частинок та рослинних решток. Водночас існує ризик забивання барабана в умовах перезволоженого ґрунту та на засмічених бур'янами ділянках, що обмежує діапазон ефективної роботи таких систем [2, 5, 9].

Комбіновані системи поєднують переваги кількох типів сепараторів, наприклад, вібраційного лемеша з грохотним та транспортерним сепаратором, або транспортерних секцій із кінцевим барабанним вузлом. Такі рішення забезпечують високу якість очищення вороху, але вимагають більш високого рівня інженерної підготовки під час проєктування та експлуатації, а також збільшують вартість машини [5, 9].

Глибокий статистичний аналіз структури картоплезбиральної техніки України [4, 7, 10] показує виразні структурні закономірності, зумовлені рівнем механізації, типом виробника та агрокліматичними умовами.

Таблиця 1 – Структура картоплезбиральної техніки за типами по регіонах України

Регіон	Грохотні (%)	Транспортерні (%)	Барабанні (%)	Комбіновані (%)
Захід	38	44	10	8
Центр	30	39	18	13
Південь	25	52	15	8
Північ	41	36	8	15
Схід	27	48	14	11

Домінування транспортерних машин та грохотних копачів є не випадковим, а повністю відображає функціональну адаптацію цих конструкцій до умов дрібнотоварного сектору. У господарствах населення, які формують 92% валового збору картоплі, техніка обирається за критеріями доступності, прости обслуговування та сумісності з малогабаритними тракторами. Це пояснює низьку частку барабанних систем, що потребують вищої тягової потужності та стабільних ґрунтових умов.

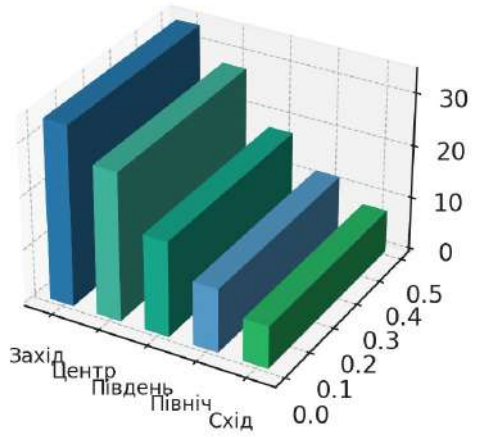


Рисунок 2 – Регіональний розподіл площ під картоплею в Україні (станом на 2025 рік)

Регіональний розподіл площ під картоплею демонструє чіткі закономірності [5, 8]. Західні області (34%) характеризуються високою часткою дрібних фермерських господарств та домогосподарств, що формує високий попит на грохотні та транспортерні копачі. Центральний регіон (28%) показує змішану структуру – тут поширені як малі господарства, так і великі агропідприємства, що сприяє поступовому поширенню барабанних сепараторів. На Півдні (18%) використання техніки залежить від рівня зрошення, у посушливих умовах транспортерні копачі демонструють більш

стабільну роботу. На Поліссі та Північних областях (12%) ґрунти мають підвищену вологість та легку заболоченість, що обмежує ефективність барабанних систем.

Порівняння структури техніки з тенденціями країн ЄС та FAO виявляє суттєві відмінності [4, 7]. У європейських країнах частка високопродуктивних самохідних комбайнів становить 40–55%, тоді як в Україні – менше 5%. Це пов'язано передусім із структурою господарств. У державах ЄС картопля вирощується переважно великими підприємствами, де відсутність ручної праці та значні масштаби виробництва економічно виправдовують застосування комбайнів типу Grimme та Ropa. В Україні ж основним рушієм ринку залишаються домогосподарства, для яких транспортерні або грохотні копачі є оптимальними за співвідношенням ціна-ефективність. Таким чином, структура техніки безпосередньо відображає соціально-економічну складову виробництва.

Розширений аналіз ринку техніки та конструкцій сепаруючих пристроїв свідчить про домінування простих і універсальних рішень. Подальший розвиток машин має ґрунтуватися на удосконаленні вібраційних схем, підвищенні енергоефективності та адаптації до умов дрібнотоварного виробництва. Перспективним напрямом є розроблення комбінованих сепаруючих систем із регульованими параметрами.

Список використаних джерел

1. Bulgakov V., Nikolaenko S., Adamchuk V., Olt J. Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor // Agronomy Research. 2018. Vol. 16, No. 1. P. 52–63.
2. Firman Yu., Hrushetsky S. (2015). Investigation and substantiation of the parameters of the potato digger with a drum separator of potato tubers and residues, MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, Vol. 17, No 1, pp. 17-26.
3. Hrushetsky S. M., Yaropud V. M., Duganets V. I., et al. Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines // INMATEH Agricultural Engineering. 2019. Vol. 59, No. 3. P. 101–110.
4. World Food and Agriculture 2023: Statistical yearbook / FAO. Rome, 2023. URL: https://www.fao.org/3/cc8166en/online/cc8166en.html.
5. Головецький І. В., Бабій А. В. Конструктивні особливості та ефективність роботи мінікартоплекопачів // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч. II. С. 134–143. DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.134-143.
6. Грушецький С.М. Аналіз конструкцій сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин / С.М. Грушецький, А.В. Рудь // Сучасний рух науки: тези доп. XI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції журналу «WayScience», 8-9 жовтня 2020 р. Дніпро, 2020. Т.1. С. 169-173.
7. Державна служба статистики України. Наявність сільськогосподарської техніки URL: https://stat.gov.ua.
8. Державна служба статистики України. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах URL: https://stat.gov.ua.
9. Олексюк А.В. Пошук оптимальних конструкцій сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин / А. В. Олексюк, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк // Матеріали XIV МНТКМУС „Актуальні задачі сучасних технологій", 11-12 грудня 2025. Т.: ФОП Паляниця В.А., 2025. С. 110–112.
10. Перспективи картоплярства // AgroTimes. 2019. URL: https://agrotimes.ua/article/perspektivi-kartoplyarstva/.
11. Пушка О.С., Войтік А.В., Оляднічук Р.В., Кутковецька Т.О. Аналіз конструкцій і режимів роботи сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин. Вчені записки Таврійського нац. унів. ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2022. Том 33 (72). №.2. С. 7-12. DOI: https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.2/02.

123. Журавель Д. П. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного м. Мелітополь, Україна.

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТА АНАЛІЗ ВІДМОВ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ

Проблема забезпечення надійності водопостачання зрошувальних систем набуває особливої актуальності в умовах кліматичних змін, зростання дефіциту водних ресурсів і підвищення вимог до ефективності аграрного виробництва. Безперебійність та стійкість функціонування зрошення

визначаються рівнем надійності елементів водопостачання — водозабірних споруд, насосних станцій, напірних і розподільчих трубопроводів, фільтраційного обладнання, запірно-регулюючої арматури та систем автоматизації. Відмова або нестабільна робота навіть одного з цих компонентів призводить до порушення гідравлічних режимів, зниження тиску і витрати води, нерівномірності поливу, збільшення енерговитрат та виникнення аварійних простоїв, що в підсумку спричиняє втрати врожаю і економічні збитки. Разом із тим значна частина діючих зрошувальних систем характеризується високим рівнем фізичного і морального зношення, що істотно знижує їх надійність і підвищує імовірність відмов. Додаткові ризики пов’язані з наявністю прихованих дефектів трубопроводів, розвитком корозійних процесів, виникненням кавітації в насосному обладнанні, гідравлічними ударами, а також засміченням фільтраційних елементів через недостатню якість води. У сукупності ці фактори ускладнюють забезпечення стабільних режимів роботи системи та потребують поглибленого дослідження показників її надійності. Недостатній рівень автоматизації та технічної діагностики істотно знижує надійність функціонування систем водопостачання, оскільки призводить до несвоєчасного виявлення відмов і трансформації локальних дефектів у масштабні аварійні ситуації. За таких умов порушується безперебійність роботи системи та зменшується її коефіцієнт готовності. Незважаючи на наявність окремих наукових напрацювань у сфері теорії надійності та експлуатації гідротехнічних систем, питання комплексного оцінювання надійності саме водопостачальних підсистем зрошення залишаються недостатньо опрацьованими. Особливо це стосується врахування реальних умов експлуатації, змінного характеру навантажень, а також впливу якості води на надійність і довговічність елементів обладнання [1-3].

У зв’язку з цим актуалізується необхідність удосконалення методів прогнозування відмов, визначення інтенсивності їх виникнення, а також оцінювання основних показників надійності — безвідмовності, довговічності, ремонтопридатності та готовності систем. Важливим є також розроблення науково обґрунтованих підходів до підвищення експлуатаційної надійності водопостачання.

Системи зрошення функціонують у складних гідравлічних і експлуатаційних умовах, що зумовлює поступове зношування обладнання та виникнення аварійних ситуацій. Надійність роботи водозабірних споруд, насосних станцій, трубопроводів, фільтраційного обладнання, запірно-регулюючої арматури та систем автоматизації безпосередньо впливає на рівномірність подачі води, енергоспоживання, довговічність технічних засобів і врожайність сільськогосподарських культур [4,5].

Надійність агрегату визначається надійністю всіх його підсистем, причому відмова будь-якої з них призводить до порушення нормального функціонування всього агрегату. Кожна підсистема може перебувати у двох станах — працездатному або непрацездатному, а ймовірність перебування у кожному з них підлягає кількісній оцінці. Водночас неможливо заздалегідь визначити момент відмови конкретної підсистеми, що зумовлює необхідність проведення діагностики та ремонту. З математичної точки зору такі процеси доцільно описувати як марковські, використовуючи відповідні графи станів.

З точки зору математичного опису такий процес зручно розглядати як марковський, і ілюструвати його відповідним графом стану. Схематично граф стану для зрошувальної системи показано на рис. 1.

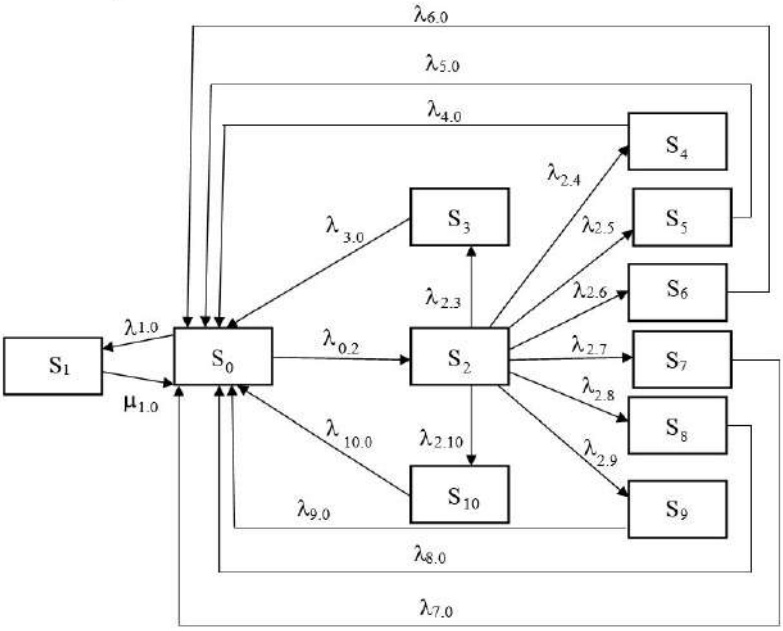


Рис. 1. Граф стану зрошувальної системи

S_0 — зрошувальна система (ЗС) перебуває у справному стані та функціонує; S_1 — ЗС є справною, але тимчасово не працює (простій); S_2 — ЗС перебуває в несправному стані та не функціонує (проводиться діагностування відмови); S_3 — ЗС не працює через відмову головного занурюваного насоса; S_4 — ЗС не функціонує внаслідок відмови поверхневого відцентрового насоса; S_5 – ЗС несправна, через відмову електромагнітного клапану; S_6 – ЗС несправна, через відмову вузла підготовки внесення добрив; S_7 – ЗС несправна, через відмову первинного перетворювача ступеню забруднення води; S_8 – ЗС несправна, через відмову первинного перетворювача вологості грунту; S_9 – ЗС несправна, через відмову дренажного відцентрового насосу; S_{10} – ЗС несправна, через відмову допоміжного відцентрового насосу.

Відмови можуть проявлятися як у раптовій формі, зокрема внаслідок гідроударів або руйнування трубопроводів, так і розвиватися поступово — через корозію, ерозійне зношування, старіння матеріалів або засмічення фільтраційних елементів [6]. Результати досліджень свідчать, що найбільш уразливими складовими є трубопровідні мережі та насосне обладнання, на які припадає основна частка експлуатаційних відмов. Для насосів типовими причинами несправностей є зношування підшипників, кавітаційні процеси, порушення співвісності валів, перевантаження електродвигуна та робота в умовах недостатнього водопостачання [7,8]. У трубопровідних системах домінують корозійні явища, механічні пошкодження, вплив гідравлічних ударів і деградація полімерів під дією температурних змін та ультрафіолетового випромінювання. Вагомим чинником зниження надійності є якість води, зокрема підвищена концентрація завислих часток і солей, що призводить до інтенсивного засмічення фільтрів і краплинних емітерів [9–11]. У сучасних наукових роботах для оцінки надійності застосовують статистичні та ймовірнісні підходи, зокрема визначення середнього напрацювання на відмову, інтенсивності відмов, побудову розподілів часу безвідмовної роботи, використання розподілу Вейбулла, а також аналіз видів і наслідків відмов. Отримані результати дають змогу прогнозувати ресурс обладнання, удосконалювати графіки технічного обслуговування та знижувати ризик виникнення аварійних ситуацій. Важливим напрямом підвищення експлуатаційної надійності є впровадження автоматизованих систем контролю параметрів тиску та витрати води, застосування частотного регулювання роботи насосів, використання матеріалів із підвищеною корозійною стійкістю та своєчасна діагностика технічного стану елементів системи [12,13]. Комплексний підхід до аналізу відмов, що поєднує технічний моніторинг, математичне моделювання й організаційні заходи, забезпечує підвищення коефіцієнта готовності зрошувальних систем і зменшення експлуатаційних витрат. Отже, систематичне дослідження причин і закономірностей відмов елементів водопостачання є необхідною передумовою забезпечення стабільної та економічно ефективної роботи сучасних зрошувальних систем. Отже, найбільш уразливими складовими систем водопостачання залишаються насосні станції та краплинні лінії. Ключовими причинами виникнення відмов виступають якість води, порушення оптимальних гідравлічних режимів і недостатній рівень технічного обслуговування. Використання методів теорії надійності дає змогу прогнозувати ресурс обладнання та знижувати ймовірність аварійних ситуацій. Системний підхід до управління технічним станом забезпечує підвищення

ефективності та довговічності роботи зрошувальних систем. Коефіцієнт готовності для існуючої системи становив 0,66, тоді як для модернізованої 0,71.

Список використаних джерел

1. Бондар А.М. Технічний сервіс мехатронних систем: навчально-методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2021. 141 с.

2. Журавель Д. П. та ін. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: підручник для здобувачів вищої освіти. Київ: ЦП «Компринт», 2021. 448 с., іл.

3. Дідур В. А., Журавель Д. П. Технічна механіка рідини і газу. Підручник. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.

4. Дідур В.А., Журавель Д.П., Палішкін М.А. та ін. Гідравліка. Підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 624 с.

5. Дідур В.А., Савченко О.Д., Журавель Д.П., та ін. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі. Підручник. 2008. 577 с.

6. Сорваніді Ю.Г. Технічний сервіс в АПК: навчально-методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2021. 157с.

7. Бондар А.М. Покращення та оцінка якісних показників відпрацьованих автотракторних олив для сільськогосподарської техніки. Науковий вісник ТДАТУ: ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 15 с.

8. Журавель Д.П. Моделювання процесу зношування прецизійних пар паливних систем мобільної техніки при експлуатації на біодизелі. Праці ТДАТУ. Вип. 18.т.2. Мелітополь, 2018. С. 105-118.

9. Samoichuk, K.; Petrychenko, S.; Bondar A., et al. Modeling of Diesel Engine Fuel Systems Reliability When Operating on Biofuels. Energies, 2022, 15, 1795. https://doi.org/10.3390/en15051795.

10. Kapłan, M.; Klimek, K.; Maj,G., et al.Method of Evaluation of MaterialsWear of Cylinder-Piston Group of Diesel Engines in the Biodiesel Fuel Environment. Energies, 2022, 15, 3416. https://doi.org/10.3390/en15093416.

11. Журавель Д.П. Підвищення ефективності використання мобільної сільськогосподарської техніки шляхом забезпечення оптимального складу сумішевих біодизельних пальних. Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. Вип.8. Т.2. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. С. 91-107.

12. Бондар А. М.. Використання біологічної оливи для сільськогосподарської техніки. Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 125-131.

13. Бондар А.М. Прогнозування ресурсу трибосистем при використанні сумішевих олив. Науковий вісник ТДАТУ: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 19 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-10.

124. Бедюх В.В., Гаража В.М. Відокремлений структурний підрозділ «Хорольський агропромисловий фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету»м. Хорол, Україна.

СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Національне багатство будь-якої країни базується на товарному виробництві, і лише та країна вважається економічно розвиненою, яка, використовуючи новітні прогресивні технології, виготовляє високоякісну конкурентоспроможну продукцію.

Враховуючи те, що Україна є аграрно-промисловою державою, не використовувати повною мірою її природний і промисловий потенціал є неприпустимим. Аграрний сектор економіки забезпечує продовольчу безпеку та продовольчу незалежність країни, формує 17 % валового внутрішнього продукту та близько 60 % фонду споживання населення.

Наявний машинно-тракторний парк АПК сьогодні знаходиться у критичному стані: 85% сільськогосподарської техніки відпрацювало свій амортизаційний термін. Для його відтворення до рівня технологічної потреби виробництва прогнозованих обсягів сільськогосподарської продукції необхідні щорічні.

Вітчизняна промисловість сьогодні не в змозі забезпечити повною мірою потреби в окремих видах сільськогосподарської техніки, зокрема тієї, яка необхідна для впровадження сучасних технологій

аграрного виробництва. У процесі реформування інженерно-технічного обслуговування аграрного виробництва та інших галузей народного господарства формується ринок техніки і послуг, який повинен працювати на інших засадах, ніж планова економіка, коли методом планування і фондування реалізувалися технічні засоби і послуги. Раніше ні виробник, ні торгові підприємства за подальшу їх працездатність і ефективність не піклувалися. У ринкових же умовах повинні діяти принципи, які спрямовані на підвищення відповідальності виробника перед споживачем. Провідна роль тут належить машинобудівним заводам і машинно-технологічним об'єднанням.

Заводи-виробники та створені ними або за їх безпосередньої участі сервісні структури мають взяти на себе функції і відповідальність за реалізацію матеріально-технічних засобів та їх стан у гарантійний період і протягом усього строку експлуатації, а також відновлення та повторний продаж частково зношених машин. Ринок ресурсів доповнюється сервісними структурами, які повинні виконувати функції перед і післяпродажного технічного обслуговування. . [1. с. 11-12]

На сьогодні в Україні вже створено фірмові технічні центри з обслуговування тракторів, комбайнів та іншої складної сільськогосподарської техніки. Колишні СТО та автомийки шляхом створення спільних підприємств стають автосалонами, діагностичними центрами чи перепрофілюються на ремонт. Україна має сприятливі можливості для організації ринку технічних послуг через мережу дилерських підприємств на базі спеціалізованих майстерень, ремонтних заводів, майстерень загального призначення, станцій технічного обслуговування тракторів, автомобілів і обладнання тваринницьких ферм. Ці підприємства, в основному, забезпечені необхідним технологічним обладнанням і мають кваліфіковані кадри для надання технічних послуг.

Одночасно з розвитком дилерської системи необхідна державна підтримка для збереження і відновлення існуючого техсервісного потенціалу. Треба законодавчо зобов'язати заводи-виробники забезпечити технічний сервіс своїм виробам протягом усього періоду їх експлуатації, як це прийнято у розвинутих країнах.

Таким чином, перспективними організаційними формуваннями технічного сервісу є такі:

– дилерсько-сервісна мережа; ремонтно-обслуговуючі кооперативи; районний агротехсервісний комплекс; фірмові технічні центри; об'єднання ремонтних заводів; облагротехсервіси.

Ці формування повинні розгорнути сервісно-консультативні та дорадчі служби з питань оптимізації формування машинно-тракторних парків господарств, обґрунтування раціональних форм кооперування у використанні та ремонті техніки. Послуги повинні виконуватися на договірних засадах. [2. с. 3-7]

У процесі реформування сільського господарства, зміни форм власності, розмірів землекористування сільськогосподарських підприємств і господарств населення зростає потреба прискореного розвитку інфраструктури аграрних ринків, більш оперативного реагування. Для підвищення рівня та якості забезпечення потреб сільськогосподарських товаровиробників у лізингових інвестиціях, виробничих послугах і технічному сервісі з метою заохочення їх до нарощування обсягів виробництва та номенклатури сільськогосподарської продукції.

У сфері лізингових інвестицій:

– розширити номенклатуру машин, які надаються в лізинг, особливо стосовно малогабаритної техніки та обладнання для переробки сільгосппродукції;

– щоквартально вносити зміни до переліку техніки, яка надається в лізинг;

– періодично проводити моніторинг наявності об'єднань (кооперативів, ринків, тощо) з спільного використання сільськогосподарських машин, надавати їм перевагу у забезпеченні лізинговою технікою.

У сфері надання виробничих послуг:

– розширити номенклатури технологічних операцій, підвищення завантаженості машин й зниження собівартості робіт;

– комплектувати машинно-технологічні станції (МТС) машинами й агрегатами з урахуванням розмірів землекористування господарств та їх кількості в зоні обслуговування;

– організовувати на базі МТС прокатні пункти сільськогосподарської техніки, у тому числі малопотужної та малогабаритної;

У сфері послуг технічного сервісу:

– переглянути умови взаємовідносин Компанії із заводами виготовлювачами техніки, передбачити в договорах купівлі-продажу знижку вартості машин для відшкодування витрат на технічний сервіс, а також безкоштовну передачу Компанії запасних частин, вузлів і агрегатів для забезпечення технічного обслуговування машин і обладнання в гарантійний період експлуатації.;

– створення власної виробничої структури регіональних, обласних і районних Центрів технічного сервісу, майданчиків для організації виставок і продажу машин, магазинів для продажу запасних частин на базі:

а) діючих і створюваних МТС;

б) оренди виробничих приміщень ремонтних майстерень, машинних дворів сільськогосподарських та інших підприємств;

в) виробничих приміщень підприємств-боржників, вилучених у рахунок боргів Компанії;

г) великих спеціалізованих ремонтних підприємств на договірних умовах із дочірніми підприємствами.

Сфери діяльності Центрів технічного сервісу включають:

– інформаційне обслуговування та пропаганду вітчизняної техніки;

– доставку та передпродажне обслуговування техніки;

– прокат нескладної сільськогосподарської техніки;

– технічне обслуговування і діагностування техніки, що знаходиться у фінансовому лізингу, в гарантійний і післягарантійний періоди її експлуатації;

– усунення несправностей техніки, що знаходиться у фінансовому лізингу, в гарантійний період експлуатації;

– надання допомоги у складному ремонті машин та обладнання;

– продаж сільськогосподарської техніки, вузлів і агрегатів та запасних частин;

– надання допомоги сільськогосподарським виробникам у претензійній роботі з продавцями техніки.

Напрями перспективного розвитку технічного сервісу в ринкових умовах передбачають:

– максимальне використання існуючих виробничих потужностей ремонтно-обслуговуючої бази шляхом її реформування та переоснащення відповідно до передових технологій виробництва;

– оптимізацію розміщення мережі техсервісних підприємств і підрозділів у регіонах України з урахуванням виключення монополізму на надання послуг;

– обов’язкову участь підприємств-виготовлювачів техніки у формуванні мережі техсервісних підприємств і наданні фірмових технічних послуг;

– упровадження надійного економічного механізму, що діє на договірних засадах і враховує взаємну вигідність та зацікавленість партнерів;

– вирішення питання кредитно-фінансового забезпечення технічного сервісу.

Варто зауважити, що здійснення сервісного обслуговування на спеціалізованих підприємствах гарантує надійний технічний стан техніки і безпечну її експлуатацію. Проведення ж такої роботи самотужки власником тягне за собою безконтрольне використання несертифікованих запчастин і зменшення якості самої роботи.

Сучасний стан соціально-економічного розвитку України об’єктивно зумовлює необхідність грунтовних теоретичних досліджень і практичних висновків щодо вирішення комплексу проблем, пов’язаних із функціонуванням сервісного обслуговування транспортних засобів в умовах ринкового господарювання. В умовах системної кризи та фундаментальних трансформаційних зрушень в Україні недооцінка важливості процесів реформування у сфері сервісного обслуговування транспортних засобів стала наріжним комнем на шляху до стабільності та економічного зростання.

Отже, сервісне обслуговування транспортних засобів в цілому – це запорука умов, які забезпечують безпеку життя і здоров’я людей та зменшують забруднення навколишнього середовища; ознака техніко-організаційної і техніко-економічної надійної діяльності всіх структур, що пов’язані з виробництвом, розподілом, обміном і споживанням (використанням) мобільних транспортних засобів.

Список використаних джерел

1. Колісник М. В., Васюк С. М., та ін. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі: навчальний посібник/ Коновалюк О. В., Колісник М. В., Васюк С. М., та ін., 2025 – Київ: Науково-методичний центр ВФПО, 2025.–222с.

2. Козаченко О. В. Проблеми та перспективи розвитку технічного сервісу машин АПК. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 145 „Технічний сервіс машин для рослинництва”. 2014. с. 3-7.

125. Шостачук А.М., Корнійчук О.Е. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ «УКРАЇНСЬКИЙ АГРОПРОМИСЛОВИЙ КОМПЛЕКС» ЗА ДОПОМОГОЮ АПАРАТУ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

Сучасний український агропромисловий комплекс являє собою досить складну динамічну систему, яка складається з багатьох підсистем, кожна з яких водночас здійснює покладені на неї функції та розвивається з часом, обов'язково узгоджуючись як з іншими підсистемами даної системи, так і з навколишнім середовищем. В умовах складного й мінливого світу, враховуючи значення підприємств агропромислового комплексу для продовольчої безпеки країни, питання гарантії стійкості складної системи «український агропромисловий комплекс» є надзвичайно важливим та актуальним.

На сьогодні практично відсутні обґрунтовані оцінки та й те, що саме доцільно використовувати в якості показника такої ґроміздкої системи. Наприклад, серед показників може бути обсяг фінансових ресурсів на рахунках підприємств агропромислового комплексу, шанс отримати кредит у державних та приватних банківських установах, а також поточні показники діяльності підприємства (прибутковість, рентабельність тощо).

Економічна стійкість сільськогосподарського підприємства охоплює зовнішню, внутрішню, успадковану, виробничу, технологічну, фінансову, соціальну, екологічну й ринкову стійкість та виокремлює фактори впливу зовнішнього середовища на економічну стійкість сільськогосподарських підприємств – прямої та непрямої дії [1, с. 217-219]. Слід зазначити, що сучасний український агропромисловий комплекс є складною динамічною системою, яка містить природну (біологічну), технологічну, економічну й соціальну складові, має велику кількість нелінійних зв'язків та розвивається у просторі й часі. Звідси прогнозування стійкості такої системи – визначення параметрів її стійкості в майбутньому, виходячи з показників в даний момент часу [2, с. 12].

Зрозуміло, що дані показники здатні підвищувати стійкість агропромислового комплексу проти несприятливих внутрішніх та зовнішніх факторів. Проте, на наш погляд, таких показників, взятих окремо чи в сукупності, недостатньо, оскільки і зовнішні, і внутрішні небезпеки не піддаються тільки вищевказаним традиційним кількісним показникам діяльності підприємств (наприклад, неможливо точно спрогнозувати кількість опадів в майбутньому або конкретно визначити поведінку конкурента). У таких оцінках завжди присутній суб'єктивізм. Та методами нечіткої логіки можливо якісні характеристики перетворювати у кількісні змінні. При цьому необхідно виділяти не кількісні, а саме якісні показники, які мають суттєвий вплив на роботу такої складної системи, як агропромисловий комплекс, та на її стійкість у разі несприятливих факторів. До якісних показників віднесемо, наприклад, погодні умови, сприятливий курс національної валюти, можливість отримання банківських кредитів на вигідних умовах, репутація, тощо.

Для формалізації умови задачі розподілимо показники на економічні, технологічні, природні та соціальні. А саме, економічні показники – репутація, інвестиційна привабливість, стабільність та передбачуваність економічної політики державних органів, податковий тиск, стабільність світових ринків збуту, діяльність конкурентів, наявність боргових зобов'язань. Технологічні – забезпеченість технологічних процесів засобами механізації, можливість їх вчасного ремонту та модернізації, придбання нових машин та механізмів, наявність та можливість придбання мінеральних добрив. За природними факторами – погодні умови, стан ґрунту, вплив шкідників. За соціальними факторами – забезпеченість кадрами, соціальний клімат в колективі, створення сприятливих умов роботи. Також усі вищенаведені фактори можна розподілити на зовнішні та внутрішні. Внутрішніми є стан ґрунту, забезпеченість господарств машинами те механізмами, соціальний клімат в колективі тощо. Натомість, зовнішніми є світова кон'юнктура, кліматичні зміни, податкова політика державних органів та ін.

На рисунку 1 наведено класифікацію основних факторів та деякі їхні взаємовпливи. Наприклад, наявність боргових зобов'язань здійснює негативний вплив на репутацію, яка впливає на інвестиційну привабливість, інвестиційна привабливість, в свою чергу, дає підстави для залучення коштів сторонніх інвесторів для придбання засобів механізації, створення сучасної ремонтної бази, погодні умови та діяльність конкурентів впливають на стабільність ринків збуту тощо. Слід зазначити, що стрілки на графі представляють собою нечіткі числа.

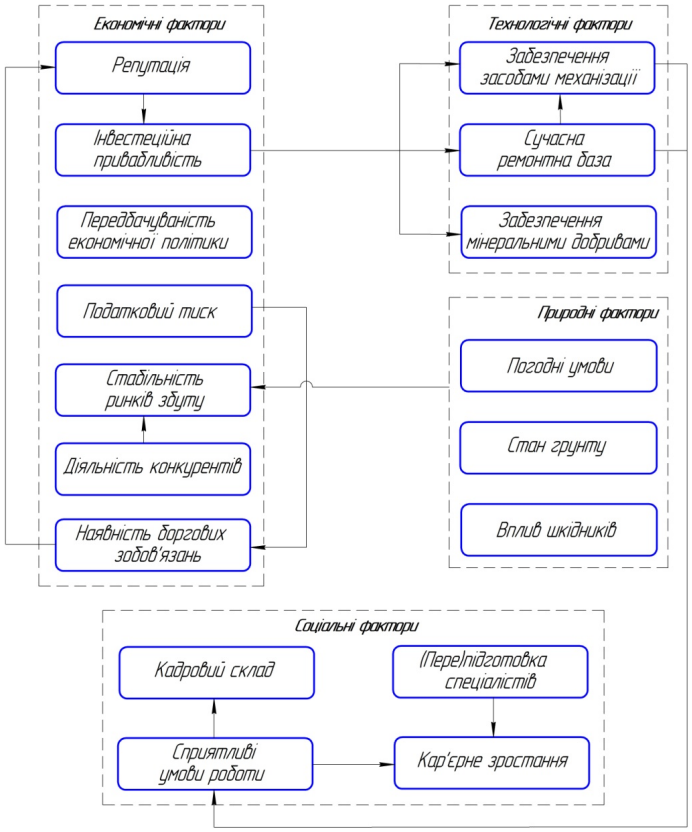


Рис. 1. Класифікація та деякі взаємозв'язки факторів впливу

Практично всі з наведених на рис. 1 показників можуть приймати не тільки значення 0 та 1, як це використовується в класичній теорії ймовірностей, а й проміжні. Значення характеристичної функції такої нечіткої множини інтерпретується як «ступінь включення» $x \hat{I} X$ в A – те, що довільний елемент $x \hat{I} X$ може належати нечіткій множині A лише «частково». Це дає змогу моделювати складні об'єкти в термінах характеристик, значення яких властиві їм лише «до певної міри», «частково» [3, с. 30].

Для кожного із вищезазначених факторів пропонуємо визначити однакові лінгвістичні змінні: низька, задовільна, добра та відмінна. Для кожного рівня будується своя функція залежності (трикутна або трапецієподібна). На рисунку 2 запропоновано лінгвістичну змінну «Інвестиційний клімат». Поділки на горизонтальній осі вказують долю від теоретично розрахованого обсягу інвестицій, необхідного для даного АПК з урахуванням його річного обсягу виробництва, обсягу та стану матеріально-технічної бази, планів подальшого розвитку та модернізації:

$$x = \frac{I_{факт}}{I_{план}} \times 10, \qquad (1)$$

де $I_{факт}$ - фактичний обсяг річних інвестицій, $I_{план}$ - плановий обсяг інвестицій в АПК.

Максимальна оцінка 9 відповідає необхідному обсягу інвестицій. Оцінка 10 відповідає деякому надлишку інвестицій. Трапеція оцінки «низька» має координати (0, 0, 3, 0), що відповідають практично відсутності інвестицій та перспектив для розвитку.

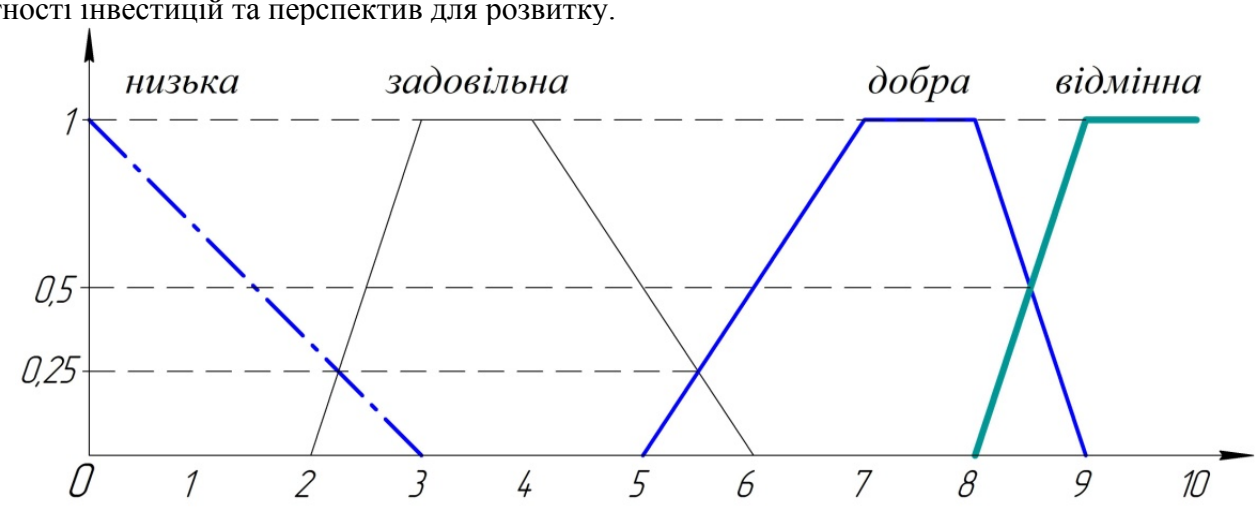


Рис. 2. Лінгвістична змінна «Інвестиційний клімат»

Дещо складнішою, на наш погляд, є лінгвістична змінна «Погодні умови», оскільки вона містить показники й температури, й опади, зокрема, їхню кількість та періодичність. Тобто лінгвістична змінна «Погодні умови» буде представляти собою композицію показників «Середньодобова температура», «Кількість опадів» та «Періодичність опадів». Тут важливо обґрунтувати вагові коефіцієнти з наступних міркувань. Очевидно, що температура в період вирощування сільськогосподарських культур в період «весна-осінь» загалом знаходиться в межах норми. На врожайність впливає наявність (відсутність) опадів, їх вчасність (необхідна періодичність). Якщо визначити та врахувати вагові коефіцієнти лінгвістичної змінної «Погодні умови», можливо побудувати графік, аналогічний представленому на рисунку 2, за оцінюванням – «низька», «задовільна», «добра», «відмінна». Якщо границі значень також розташувати в межах 0-10, то зручно побудувати фазову криву в координатах «Інвестиційний клімат»–«Погодні умови».

Отже, методи нечіткої логіки особливо корисні за відсутності точної математичної моделі функціонування системи. Такі методи ґрунтуються на нечітких множинах (лінгвістичні величини, висловлювання) для опису стратегій прийняття рішень. Теорія нечітких множин дає можливість застосувати неточні або суб'єктивні експертні знання про предметну область без формалізації їх у вигляді традиційних математичних моделей.

Список використаних джерел

1. Дяченко В.С. Економічна стійкість сільськогосподарських підприємств як чинник соціально-економічного розвитку України. Економічний вісник Донбасу, 2013. № 3 (33). С. 216-220.

2. Пічкур В.В. та ін. Теорія динамічних систем: навчальний посібник. Луцьк : Вежа-Друк, 2020. 348 с.

3. Касьянюк В.С., Малютенко Л.М., Польща М.В. Моделювання нечітких множин засобами теорії можливостей. Наукові записки НаУКМА, 2012. Т. 138. Комп'ютерні науки. С. 30-34.

126. Пономаренко Н.О., Часов Д.П., Бейгул В.О., Коровкін А.І., Богданова А.В. Дніпровський державний технічний університет м.Кам'янське, Україна.

АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ ЗБУДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКАТОРА

Дискатор є однією з найпоширеніших машин для обробки ґрунту, основними робочими органами якої є сферичні диски, закріплені на жорсткому або пружному стояку [1]. Дослідження показують, що диски на пружному стояку мають переваги з точки зору зменшення тягового опору та покращення якості подрібнення ґрунту. Однак, через уніфіковану конструкцію більшості стояків їхні можливості обмежені, що не дає змоги повною мірою використати переваги пружного кріплення. Це робить питання аналітичного визначення оптимальних параметрів стояка актуальним і таким, що потребує детального дослідження.

Робоча гіпотеза полягає в тому, що коливання в системі пружний стояк – диск виникають за рахунок періодичної зміни складових тягового опору [2]. В загальному виді тяговий опір має дві складові – постійну і змінну. Номінальна постійно діюча складова формується за умови стабільності вихідних параметрів (механіко-технологічних властивостей грунту, (агрофону). Змінна виникає в разі випадкової або циклічної зміни цих параметрів і умовно поділена нами на два види: варіаційна складова – така що носить циклічний характер і підпорядковується певному закону розподілу і випадкова імпульсна складова.



Рисунок 1 – Загальний вид робочого органу дискатора

Запропонована модель (рис. 1) дозволяє диференційовано враховувати сили, що діють на диск, з урахуванням його обертання. В основі моделі лежить припущення, що пружний стояк складається з ділянок із різною жорсткістю, визначеною напрямком прикладених сил. Конструктивно стояк являє собою сталеву смугу постійного поперечного перерізу, а його жорсткісні характеристики залежать від радіуса вигину.

Основні результати дослідження

1. Раціональний режим коливань

- Теоретичні розрахунки та експериментальні випробування підтвердили, що найбільш ефективними є коливання, площина яких збігається з напрямом руху робочого органа.
- Визначено оптимальне співвідношення складових тягового опору, що забезпечує стабільність роботи диска.

2. Вплив обертання диска

- Доведено, що ключові переваги дискового робочого органа пов’язані з його обертанням навколо осі кріплення.
- У разі загальмованого диска його опір зростає в середньому на 27%, що свідчить про критичну важливість забезпечення вільного обертання.

3. Польові випробування та практичне застосування

- Дискатор продемонстрував працездатність у складних умовах, зокрема за підвищеної вологості та у разі наявності високостеблової рослинності.
- Визначено перспективність його використання для обробки рисових чеків, літування ставків та рекультивації техногенно порушених земель.

4. Оптимізація віброударного режиму

- Віброударний режим найефективніше проявляється при питомому зчепленні часток ґрунту в межах 4,5–5,8 кН/м² (що відповідає 19–24 ударам твердоміра ДорНДІ).
- За 28–34 ударів доцільніше застосовувати жорсткий стояк, який є економічно вигіднішим у виготовленні.

- Використання віброударного режиму зменшує тяговий опір дискатора в 1,1–1,2 раза в усьому робочому діапазоні твердості ґрунтів сільськогосподарського призначення.

Список використаних джерел

1. Булгаков В. М. Дослідження вібраційних процесів при основному обробітку ґрунту / В. М. Булгаков, М. О. Свірень, Р. В. Кісільов, С. Б. Орищенко, І. О. Лісовий // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. - 2015. - Вип. 5, Т. 1. - С. 3-13.

2. Пономаренко Н.О., Теслюк Г.В., Кобець О.М., Лепеть Є.І., Часов Д.П., Бейгул В.О. Удосконалений відцентровий диск з подвійною подачею добрив. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки) 2024. №44. С. 91-98

127. Іванцов П.Д., Білявський Ю.А., Лебедівський Б.В., Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна.

ОРГАНІЧНЕ АГРОВИРОБНИЦВО ПОЛІССЯ ЖИТОМИРЩИНИ

Досліджено головні аспекти органічного землеробства, яке має велике значення та актуальність для забезпечення не тільки інтенсикації галузі рослинництва, а й можливість виробництва органічної продукції без вмісту нітратів, пестецидів, елементів радіоактивного забруднення, важких металів.

Дослідження цієї теми та її результати дають можливість фахівцям господарств різних форм власності аналізувати переваги органічного землеробства над традиційним.

Ключові слова: органічне землеробство, сівозміна, обробіток ґрунту, бур’яни, система удобрення.

Вступ

Органічне агровиробництво є одним із найперспективніших напрямів розвитку сучасного сільського господарства, що забезпечує отримання екологічно безпечної продукції та збереження природних ресурсів. Воно базується на відмові від застосування синтетичних пестицидів, мінеральних добрив, генетично модифікованих організмів та інших штучних речовин, що негативно впливають на довкілля і здоров’я людини.

Однією з найактуальніших проблем сучасного аграрного виробництва є забезпечення відтворення родючості ґрунтів. Ґрунт виступає основним засобом виробництва в сільському господарстві та визначає рівень продуктивності агроекосистем. Упродовж останніх десятиліть спостерігається погіршення агрохімічних властивостей ґрунтів, що зумовлено інтенсивним землеробством, порушенням сівозмін, зменшенням внесення органічних добрив та розвитком ерозійних процесів.

Особливої актуальності ці проблеми набувають для Полісся Житомирської області, де значна частина земель зазнала негативного впливу радіоактивного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Водночас у регіоні існують значні площі земель, придатних для ведення органічного виробництва таблиця 1.

Таблиця 1. За даними Інститут сільського господарства Полісся НААН, площа ріллі Житомирської області, придатна під органічне землеробство

Зона	Площа всього,тис. , га	У тому числі за ґрунтовим покривом			
		дерново-підзолисті супіщані та легкосуглинкові.	ясно-сірі, супіщані та легкосуглинкові.	сірі і темно-сірі, чорноземи опідзолені	чорноземи типові і мало гумусні
Полісся	370	13	24	-	
Перехідна	63	10	-	53	-
Лісостеп	270	_	-	70	200
По області	703	23	24	123	200

Аналіз наведених даних засвідчує виражену просторову диференціацію придатності ріллі Житомирської області для ведення органічного землеробства, що зумовлена сукупним впливом природно-кліматичних чинників і особливостей ґрунтового покриву. Загальна площа

сільськогосподарських угідь, придатних для органічного виробництва, становить 703 тис. га, що свідчить про значний потенціал регіону щодо розвитку екологічно орієнтованого аграрного виробництва.

У структурі територіального розподілу найбільша частка припадає на зону Полісся — 370 тис. га, або близько 52,6% від загальної площі. Значні площі зосереджені також у зоні Лісостепу — 270 тис. га (38,4%), тоді як найменшу частку займає перехідна зона — 63 тис. га (9,0%). Такий розподіл свідчить про домінуючу роль поліської зони у формуванні ресурсного потенціалу органічного землеробства.

Отже, понад половину придатних для органічного виробництва земель зосереджено в межах Полісся, що визначає його ключове значення у розвитку органічного аграрного сектору регіону.

Важливу роль у впровадженні та розвитку органічного агровиробництва відіграють передові господарства, зокрема ПП «Галекс-Агро», яке функціонує з 2008 року та спеціалізується на виробництві сертифікованої органічної продукції рослинництва і тваринництва. Підприємство бере участь у міжнародних проєктах і демонструє високу ефективність застосування органічних технологій у зоні Полісся.

Метою дослідження є оцінка ефективності органічного агровиробництва, а також його впливу на стан ґрунтів і продуктивність агроекосистем на прикладі ПП «Галекс-Агро».

Матеріали і методи дослідження

Дослідження проводилися на базі ПП «Галекс-Агро», розташованого у Звягельському районі Житомирської області. Об’єктом дослідження були ґрунти сільськогосподарських угідь, структура посівних площ, система удобрення та врожайність основних культур.

У процесі роботи використано такі методи дослідження:

- аналітичний — для узагальнення літературних джерел;
- порівняльний — для оцінки змін агрохімічних показників ґрунтів;
- статистичний — для обробки даних урожайності;
- польовий — для аналізу сівозмін і систем удобрення.

Агрохімічні показники ґрунтів визначалися за даними Житомирської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» (2020–2024 рр.). Оцінювали вміст основних елементів живлення (азот, фосфор, калій), гумусу, мікроелементів, кислотність ґрунту та фізичні властивості.

Вивчення продуктивності здійснювали на основі даних врожайності основних сільськогосподарських культур за 2023–2025 роки. Аналізували також структуру сівозміни та систему органічного удобрення.

Результати дослідження

Встановлено, що ґрунтовий покрив господарства, розташованого в межах Житомирської області, представлений переважно дерново-підзолистими та світло-сірими лісовими ґрунтами супіщаного і легкосуглинкового механічного складу. Зазначені ґрунти характеризуються відносно низькою природною родючістю, однак впровадження органічних технологій сприяє суттєвому покращенню їх агрохімічних властивостей (табл. 2).

Упродовж 2020–2024 рр. відзначено позитивну динаміку основних показників родючості ґрунту, зокрема: вміст загального азоту зріс на 24,3%, калію — на 10,5%, вміст гумусу — на 22%. Водночас спостерігається покращення кислотно-лужного стану ґрунтового розчину: значення pH підвищилося з 4,5 до 5,9, що свідчить про зменшення кислотності та оптимізацію умов живлення рослин.

Таблиця 2. Узагальнена еколого-агрохімічна характеристикаґрунтів ПП «Галекс-Агро»

Всього, середньозважений показник мг/кг ґрунту	2020р.	2024р.	Приріст мг/кг грунту	%
N	70	87	17	24,3
P_20_5	128	132	4	3,1
K_20	77	85	8	10,5
pH (обмінна кислотність)	4,5	5,9	1,4	31
Гумус	1,3	1,59	0,3	22
Бор	0,86	0,92	0,06	7
Молібден	0,125	0,14	0,015	12
Цинк	0,38	0,43	**0,05**	13

Щільність г/см^3	1,3	1,29	-0,01	-0,9
Сума вібранних основ (мг.екв. на 100 г.грунту)	15,8	16,2	0,4	2,6

Аналіз виробничих показників ПП «Галекс-Агро» у динаміці врожайності за 2023–2025 рр. (табл. 3) свідчить про загальну тенденцію до підвищення продуктивності сільськогосподарських культур в умовах органічного землеробства.

У групі зернових культур простежується стійке зростання врожайності. Зокрема, озима пшениця підвищила врожайність з 25,4 ц/га у 2023 р. до 42,9 ц/га у 2025 р., при середньому значенні 32,3 ц/га. Подібна тенденція характерна і для спельти, де показники зросли з 29,6 до 36,1 ц/га (середнє — 33,4 ц/га). Найбільш суттєве зростання відзначено у кукурудзи на зерно — з 58,3 до 84,7 ц/га, із середнім рівнем 67,7 ц/га, що свідчить про високу адаптивність культури до органічної системи господарювання.

Таблиця 3. Виробничі показники ПП «Галекс-Агро» в динаміці врожайності

Культура	Урожайність, ц/га			
	2023р.	2024р.	2025р.	Середнє
Озима пшениця	25,4	30,2	42,9	32,3
Спельта	29,6	34,4	36,1	33,4
Кукурудза та зерно	58,3	60,2	84,7	67,7
Просо	14,5	15,7	18,2	16,1
Соя	21,8	18,4	23,6	21,3
Горох	12,9	23,2	24,7	20,3
Соняшник	23,5	21,6	24,9	23,3
Гречка	5,6	4,3	5,9	5,3
Льон	16,3	17,1	22,4	18,6
Люцерна на сінаж	185	220	210	**205**
Конюшина-вика (на сінаж)	150	190	200	180

Серед круп'яних культур просо характеризується поступовим зростанням врожайності (з 14,5 до 18,2 ц/га), тоді як гречка має відносно низькі та нестабільні показники (4,3–5,9 ц/га), що зумовлено її біологічними особливостями та чутливістю до погодних умов.

У групі зернобобових культур соя демонструє коливання врожайності (18,4–23,6 ц/га) із середнім показником 21,3 ц/га, тоді як горох відзначається різким зростанням — з 12,9 до 24,7 ц/га, що може свідчити про покращення агротехнічних заходів і умов вирощування.

Олійні культури характеризуються відносно стабільними показниками: врожайність соняшнику варіює в межах 21,6–24,9 ц/га (середнє — 23,3 ц/га), а льону — має тенденцію до зростання з 16,3 до 22,4 ц/га (середнє — 18,6 ц/га).

Найвищі показники продуктивності спостерігаються у кормових культур: люцерна на сінаж забезпечує врожайність на рівні 185–220 ц/га (середнє — 205 ц/га), а суміш конюшини з викою — 150–200 ц/га (середнє — 180 ц/га), що підтверджує ефективність використання багаторічних трав у системі органічного виробництва.

Таким чином, динаміка врожайності основних культур свідчить про позитивний вплив органічних технологій на продуктивність агроценозів, стабілізацію виробничих показників та підвищення ефективності господарювання в умовах Житомирської області.

Однією з ключових вимог органічного рослинництва є науково обґрунтована система сівозміни, що передбачає раціональне чергування культур відповідно до закону плодозміни. Згідно з органічними стандартами, не менше 20% структури посівних площ повинні становити культури, які забезпечують збагачення ґрунту органічною речовиною та біологічним азотом. Особливої актуальності ця вимога набуває в умовах Полісся, де азот виступає основним лімітуючим елементом живлення рослин.

До групи культур, що сприяють відтворенню родючості ґрунтів, належать зернобобові (соя, горох, люпин, вика, квасоля, боби), сидеральні культури (олійна редька, ріпак, гірчиця), багаторічні бобові трави (люцерна, конюшина, лядвенець), а також рослинні рештки, які повертаються в ґрунт і забезпечують кругообіг поживних речовин.

Як свідчать дані таблиці 4, у польовій сівозміні №1 ПП «Галекс-Агро» (с. Стриєва) загальна площа становить 389 га, при цьому структура посівів є збалансованою та відповідає вимогам органічного землеробства. Частка культур, що збагачують ґрунт азотом і органічною речовиною, є суттєвою: до них належать люцерна (65 га), соя (66 га) та суміш вики з конюшиною (66 га). Сукупно їх площа становить 197 га, або близько 50,6% від загальної площі сівозміни, що більш ніж удвічі перевищує мінімально допустимий рівень.

Таблиця 4. Польова сівозміна №1 ПП «Галекс-Агро» (с. Стриєва)

	С-г. культура	Площа, га	Врожайність(2024р.), ц/га
1.	Люцерна	65	220
2.	Озима пшениця	64	30,2
3.	Кукурудза на зерно	63	60,2
4.	Соя	66	18,4
5.	Соняшник	65	21,6
6.	Вика-конюшина	66	190
Загальна площа сівозміни		389	

Інші культури сівозміни — озима пшениця (64 га), кукурудза на зерно (63 га) та соняшник (65 га) — формують товарну продукцію та забезпечують економічну ефективність господарства. Водночас їх поєднання з бобовими та кормовими культурами сприяє підтриманню оптимального фітосанітарного стану посівів і запобігає виснаженню ґрунту.

Показники врожайності у 2024 році підтверджують ефективність такої структури сівозміни: найвищі значення спостерігаються у багаторічних трав (люцерна — 220 ц/га, вика-конюшина — 190 ц/га), тоді як зернові та олійні культури демонструють стабільні, характерні для органічного виробництва показники (кукурудза — 60,2 ц/га, озима пшениця — 30,2 ц/га, соняшник — 21,6 ц/га, соя — 18,4 ц/га).

Таким чином, структура сівозміни відповідає екологічним вимогам органічного землеробства, забезпечує відтворення родючості ґрунтів, підвищення їх біологічної активності та стабільність продуктивності агроекосистем.

Недостатній рівень внесення добрив у системах землеробства призводить до інтенсивного мінералізаційного розкладу органічної речовини ґрунту, що в довгостроковій перспективі може зумовити зниження, а інколи й втрату його родючості. У зв’язку з цим ключового значення набуває застосування органічних добрив як основного джерела відтворення гумусу та підтримання поживного режиму ґрунтів.

В умовах органічного виробництва важливим є систематичне внесення мікробіологічного матеріалу рослинного і тваринного походження, що сприяє активізації ґрунтової біоти, покращенню агрофізичних і агрохімічних властивостей ґрунту та стабілізації його родючості. При цьому допускається використання виключно органічних добрив і сертифікованих природних речовин, тоді як застосування синтетичних мінеральних добрив є недопустимим.

У господарстві ПП «Галекс-Агро», розташованому в межах Житомирської області, на 1 га ріллі в середньому вноситься близько 24 т/га органічних добрив, що відповідає науково обґрунтованим нормам і забезпечує підтримання позитивного балансу гумусу. Водночас особливу увагу приділяють регулюванню балансу азоту, оскільки його дефіцит спричиняє деградацію гумусового стану ґрунту, а надлишок — негативно впливає на довкілля, зокрема призводить до забруднення водних ресурсів і атмосферного повітря.

Значним джерелом органічної сировини є відходи тваринництва: за оцінками, у 2023 році в Україні було утворено близько 63,3 млн т гною, що містить орієнтовно 816,3 тис. т азоту. Однак використання лише традиційних органічних добрив (гною, компосту) не завжди забезпечує потреби рослинництва через обмежені обсяги та варіабельність їх якості. У зв’язку з цим актуальними є сучасні біоконверсійні технології, зокрема біокомпостування органічних відходів, вермикомпостування та метанове зброджування біомаси, які дозволяють підвищити ефективність використання органічних ресурсів і мінімізувати екологічні ризики.

Як свідчать дані таблиці 5, у польовій сівозміні №1 господарства застосовується диференційована система удобрення, що враховує біологічні особливості культур та їх роль у

кругообігу поживних речовин. Значна частка культур забезпечує біологічну фіксацію азоту: люцерна накопичує до 170 кг/га діючої речовини азоту, соя — до 190 кг/га, а суміш вики з конюшиною — до 150 кг/га. Це дозволяє зменшити потребу у зовнішніх джерелах азоту та підвищити екологічну ефективність системи удобрення.

Таблиця 5. Система удобрення сільськогосподарських культур у польовій сівозміні №1(с. Стриєва)

С.-г. культура	Фон удобрення
Люцерна (на сінаж)	Нагромаджується на 1 га до 170 кг.д.р. біологічного азоту
Озима пшениця + пожнивні на сидерат	Гумати - 2л/200 л води, підживлення у фазі кущіння
Кукурудза на зерно	Перегній - 40т/га
Соя	Нагромаджується на 1 га до 190 кг.д.р. діючого азоту
Соняшник	Перегній - 45т/га
Вика-конюшина (на сінаж)	Нагромаджується на 1 га до 150 кг.д.р. азоту

Для культур інтенсивного використання поживних речовин застосовуються органічні добрива: під кукурудзу на зерно вноситься перегній у нормі 40 т/га, під соняшник — 45 т/га, що сприяє підвищенню родючості ґрунту та забезпеченню стабільної врожайності. У технології вирощування озимої пшениці передбачено використання гуматів у вигляді підживлення (2 л на 200 л води) у фазі кущіння, а також залучення пожнивних решток як сидератів, що додатково збагачує ґрунт органічною речовиною.

Таким чином, система удобрення в польовій сівозміні №1 є комплексною, екологічно збалансованою та орієнтованою на максимальне використання біологічних джерел поживних речовин. Це забезпечує відтворення родючості ґрунтів, оптимізацію азотного балансу та підвищення стійкості агроекосистем в умовах органічного землеробства.

Начало формы

Конец формы

Начало формы

Конец формы

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що органічне агровиробництво в умовах Полісся Житомирської області є ефективним і перспективним напрямом розвитку сільського господарства, який забезпечує не лише отримання екологічно безпечної продукції, а й сприяє відтворенню родючості ґрунтів та стабілізації агроекосистем.

Визначено, що регіон має значний ресурсний потенціал для розвитку органічного землеробства — площа придатних земель становить 703 тис. га, з яких понад половина зосереджена в зоні Полісся. Це обґрунтовує доцільність активного впровадження органічних технологій саме в цій природно-кліматичній зоні.

Доведено, що застосування органічної системи землеробства в ПП «Галекс-Агро» сприяє покращенню еколого-агрохімічних показників ґрунтів: зростанню вмісту гумусу, азоту, калію, мікроелементів та оптимізації кислотності ґрунтового розчину. Це свідчить про відновлення природної родючості навіть на малопродуктивних дерново-підзолистих ґрунтах.

Аналіз виробничих показників підтвердив, що органічне землеробство забезпечує стабільне зростання врожайності основних сільськогосподарських культур. Найбільш виражена позитивна динаміка спостерігається у зернових і кормових культур, що свідчить про ефективність адаптації органічних технологій до умов регіону.

Встановлено, що важливою складовою ефективності органічного виробництва є науково обґрунтована система сівозміни, в якій значна частка належить бобовим і багаторічним травам (понад 50%), що забезпечують біологічну фіксацію азоту, покращення структури ґрунту та підтримання його родючості.

Обґрунтовано, що система удобрення, заснована на використанні органічних добрив, сидератів і біологічного азоту, є екологічно безпечною та економічно доцільною. Вона забезпечує позитивний баланс гумусу, оптимізацію поживного режиму ґрунтів і зменшення антропогенного навантаження на довкілля.

Отже, впровадження органічного агровиробництва в Поліссі Житомирщини є стратегічно важливим напрямом сталого розвитку аграрного сектору, що поєднує екологічну безпеку, економічну ефективність та збереження природних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Кравченко О. В., Мельник С. І. Агроекологічні основи підвищення родючості ґрунтів. Київ : Аграрна наука, 2022.
2. Тіміш Р. Перспективи забезпечення сталого розвитку сільських територій України через органічне виробництво. Науковий вісник Чернівецького університету. 2024.
3. Скидан О., Романаускос Ю., Романчук Л. Органічне виробництво і продовольча безпека. Житомир, 2017.
4. Поліщук В. Д., Бондаренко О. М. Органічне виробництво в Україні: теорія і практика. Київ : ННЦ ІАЕ, 2020.
5. Резніченко В. П., Коломієць Л. В., Стефанюк С. В. Органічне сільське господарство: виклики та перспективи розвитку. Аграрні інновації. 2024. № 23. Чудовська В. А. Фактори формування вітчизняного ринку органічної сільськогосподарської продукції. Агросвіт. 2012.
6. Шкуратов О. І. Організаційно-економічні основи екологічної безпеки в аграрному секторі України: теорія, методологія, практика : монографія. Київ : ДКС-Центр, 2016.
7. Moklyachuk L., Yatsuk I., Mokliachuk O., Plaksiuk L. Mathematical modeling as a tool for determination of tendencies in changes of humus concentration in soil of arable lands. Emirates Journal of Food and Agriculture. 2016. Vol. 28(6). P. 438–448.
8. Мартенюк Е. М. Біогумус в системі органічного виробництва. Органічне виробництво і продовольча безпека : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (12–13 травня 2016 р.). Житомир : Видавець О. О. Свенок, 2016.
9. Житомирська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України». Звіт про стан ґрунтів Житомирської області за 2023 рік. Житомир, 2024.

128. Бай Д.О., Синчак М.О. заклад вищої освіти «Подільський державний університет» м. Кам'янець-Подільський, Україна.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ КЛАПАННОГО МЕХАНІЗМУ ДВИГУНІВ

Сучасні двигуни характеризуються високими вимогами до надійності, паливної економічності та екологічних показників. Одним із критичних вузлів, що безпосередньо впливають на ці показники, є спряження «клапан–сідло» головки блока циліндрів, яке впливає на герметичність камери згоряння та стабільність фаз газорозподілу [1].

Спряження «клапан–сідло» являє собою контактну пару, що працює в умовах високих температур, тиску та циклічних навантажень. Навіть незначне порушення герметичності призводить до зниження компресії, неповного згоряння палива та як наслідок до передчасного виходу двигуна з ладу [2].



Рис 1. Основні дефекти клапанів

У процесі експлуатації дане спряження зазнає інтенсивного впливу термічних, механічних і хімічних факторів, що зумовлює виникнення різноманітних дефектів (рис. 1). До основних із них належать:

- прогар клапана або сідла - виникає через перегрів та втрату герметичності;
- знос робочої фаски, який призводить до збільшення площі контакту, порушення герметичності та подальшого прогару;
- корозійні пошкодження і утворення нагару, з’являються під впливом продуктів згоряння та вологи;
- деформація клапана або сідла під впливом ударних навантажень або перегріву;
- утворення тріщин – особливо небезпечні дефекти і можуть спричинити повну відмову вузла.

Своєчасне виявлення зазначених дефектів є ключовим фактором забезпечення надійної роботи двигуна. Традиційні методи контролю, які базуються переважно на візуальному огляді та ручних

перевірках, суттєво залежать від суб'єктивної оцінки виконавця. До них належать візуальний контроль, перевірка герметичності, вимірювання геометричних параметрів і застосування фарбувальних індикаторів [3].

Основними недоліками цих методів є суб'єктивність оцінки, витрати часу та обмежена точність результатів. У зв'язку з цим актуальним напрямом є вдосконалення процесів діагностування, спрямованих на підвищення об'єктивності, точності та якості оцінки технічного стану клапанного механізму.

Серед методів діагностики клапанів, особливе місце займають пневматичні методи перевірки герметичності, які є одними з найбільш поширених способів оцінювання стану спряження «клапан–сідло». Їх принцип дії полягає у створенні перепаду тиску в камері згоряння з подальшим контролем витоку повітря. У цьому випадку поршень встановлюється у верхню мертву точку, після чого в камеру подається повітря під заданим тиском. За величиною падіння тиску оцінюють стан клапанів. Витік повітря через впускний або випускний тракт свідчить про нещільність прилягання клапана до сідла, що може бути зумовлене зносом, прогаром або деформацією елементів спряження [4].

Пневматичні методи характеризуються рядом переваг, зокрема простота реалізації, чутливість до витоків, можливість оцінки та оперативність проведення контролю. Водночас їх слід застосовувати у поєднанні з іншими методами, оскільки вони дозволяють встановити негерметичність, але не забезпечують точне визначення місця дефекту.

Магнітопорошковий метод використовується для контролю деталей, виготовлених із феромагнітних матеріалів. Його принцип дії полягає у намагнічуванні деталі та нанесенні на її поверхню магнітного порошку. Частинки порошку, потрапивши в поле розсіювання, намагнічуються і притягуються до країв дефектів. У результаті утворюються чіткі індикаторні сліди, які дозволяють визначити розташування дефектів.

Капілярний метод застосовується для виявлення дефектів у деталях незалежно від їх матеріалу. Його суть полягає у використанні рідин із високою проникною здатністю, які наносяться на поверхню деталі. Рідина проникає в мікротріщини, пори та інші дефекти. Після видалення надлишків речовини на поверхню наносять проявник, який витягує рідину з дефектів, утворюючи чіткі індикаторні сліди. Цей метод є простим у застосуванні та забезпечує високу чутливість до дрібних поверхневих пошкоджень.

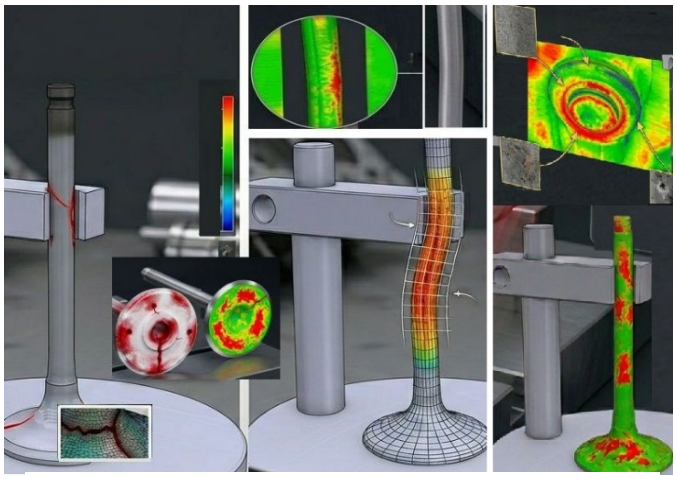


Рис 2. Модель клапана та її порівняльний аналіз

Одним із найбільш точних і технологічно досконалих підходів є використання програмних засобів для перевірки геометрії клапанів. Суть методу полягає у створенні цифрової просторової моделі клапана або спряження «клапан–сідло» на основі даних, отриманих за допомогою лазерного сканування. Отримана модель забезпечує точне відтворення реальної геометрії деталі та можливість її детального аналізу (рис 2).

У процесі контролю відсканована модель порівнюється з еталонною моделлю, що дозволяє визначити: овальність стержня клапана, відхилення кута і ширини робочої фаски, знос та наявність дефектів. Представлення результатів (візуалізація) у вигляді кольорових карт відхилень забезпечує наочність аналізу та виявлення проблемних зон.

Особливо ефективним є застосування моделювання після виконання відновлювальних операцій, таких як шліфування або притирка клапанів. Це дає можливість контролювати якість виконаних робіт та перевіряти відповідність геометричних параметрів нормативним значенням. Крім того, цифрові моделі можуть зберігатися в базі даних, що забезпечує контроль та можливість аналізу зносу.

Застосування сучасних методів діагностування у поєднанні з програмними засобами аналізу є важливим чинником підвищення довговічності та надійності роботи технічних систем. Вони дають змогу комплексно враховувати вплив експлуатаційних факторів, своєчасно виявляти потенційні дефекти та приймати обґрунтовані рішення щодо технічного обслуговування і ремонту.

Список використаних джерел

1. Bosch R. Automotive Handbook. 10th ed. Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2018. 1160 p.

2. Двигуни внутрішнього згоряння: Всеукраїнський науково-технічний журнал. Харків: НТУ «ХПІ». 2021. №2. 95 с.

3. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів. Київ: Либідь, 2006. 400 с.

4. Лудченко О.А. Технічна експлуатація й обслуговування автомобілів: підручник. Київ: Вища школа, 2007. 527 с.

129. Денисенков О.В. Дніпровський державний аграрно-економічний університет м. Дніпро, Україна.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ МОСТОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Постановка проблеми. Сучасний розвиток аграрного виробництва пов'язаний із впровадженням технологій точного землеробства, що передбачають диференційоване управління технологічними процесами на основі просторової інформації про стан ґрунтів, рослин та агрофізичних параметрів поля. Основним завданням таких технологій є підвищення ефективності використання ресурсів, зменшення негативного впливу техніки на ґрунт та оптимізація технологічних операцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що значна увага приділяється розробці систем точного позиціонування сільськогосподарської техніки, автоматизації технологічних процесів та впровадженню технологій керованого руху машин [1-3]. У роботах В. Булгакова, В. Адамчука, В. Улексіна, В. Надикто, В. Кувачова та інших учених розглянуто питання підвищення ефективності механізованих процесів і зменшення техногенного ущільнення ґрунту. Значний інтерес викликає технологія Controlled Traffic Farming, що передбачає рух техніки по постійних технологічних коліях [4]. Водночас більшість систем точного землеробства базується на використанні супутникових навігаційних систем GPS або GNSS, точність яких може знижуватися через нестабільний прийом сигналу, атмосферні перешкоди або вплив засобів радіоелектронної боротьби. Одним із перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є застосування мостової технології, у якій широкозахватні машини переміщуються по рейкових напрямних або технологічних коліях та можуть використовувати локальні координатні системи позиціонування, що забезпечують високу точність виконання технологічних операцій.

Метою дослідження є підвищення ефективності технологій точного землеробства шляхом використання мостових агромашин з локальною системою позиціонування, що забезпечує стабільну точність виконання технологічних операцій у польових умовах.

Результати досліджень. Важливою характеристикою точного землеробства є оцінка просторової неоднорідності ґрунту та розвитку культурних рослин. Зазвичай неоднорідність визначається на різних етапах процесу вирощування рослин і оцінюється за коефіцієнтом варіації:

$$CV = \frac{\sigma}{x} \cdot 100\% \quad (1)$$

де CV – коефіцієнт варіації параметра ґрунту, %;

σ – середньоквадратичне відхилення показника;

x – середнє значення досліджуваного параметра.

Високе значення коефіцієнта варіації свідчить про значну неоднорідність показника та необхідність застосування диференційованих технологій внесення добрив, засобів захисту рослин або обробітку ґрунту. Більш повно аналіз отриманих результатів досліджуваного параметра на ділянці поля можливо виконати використавши метод варіативних моделей [5]. Математично варіограму можливо описати за залежністю:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

де γ(h) – значення варіограми на відстані h;

N(h) – кількість пар точок спостереження, розділених відстанню h;

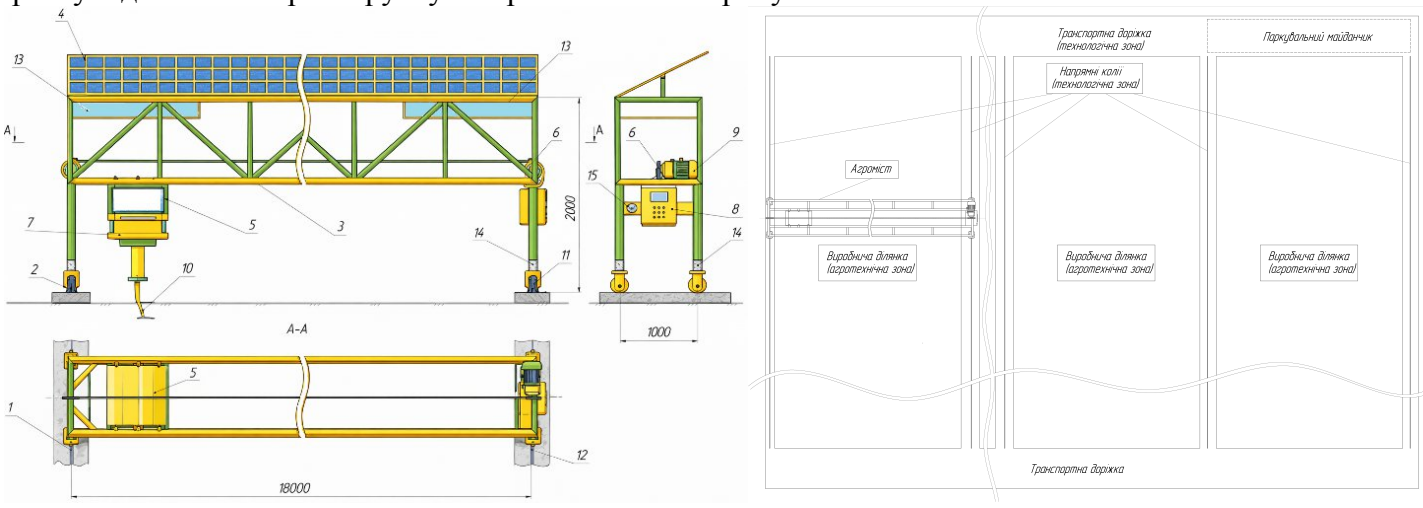
Z(xi) – значення досліджуваного параметра ґрунту в точці xi;

Z(xi+h) – значення параметра у точці, віддаленій на відстань h.

Отримана залежність дозволяє визначити характер просторової неоднорідності досліджуваного показника та обґрунтувати раціональний крок вимірювань при моніторингу агрофізичних параметрів поля. Крім того, варіограма є основою для застосування методу кригінгу, який використовується для побудови карт просторового розподілу агрохімічних і агрофізичних показників у системах точного землеробства. Використання геостатистичних методів аналізу просторової варіабельності дозволяє

більш обґрунтовано визначати зони диференційованого управління агротехнологічними процесами та підвищувати ефективність застосування технологій точного землеробства.

Разом із тим, ефективність використання отриманих просторових даних значною мірою залежить від точності позиціонування робочих органів сільськогосподарських машин під час виконання технологічних операцій. Особливо це актуально для мостових агромашин (рис. 1) [2], у яких положення робочого органу повинно визначатися у тривимірній системі координат (x, y, z), що дозволяє враховувати не лише планове розташування точки обробітку на полі, а й висоту розташування робочого органу відносно поверхні ґрунту або рослинного покриву.



а *б*

Рис. 1. Конструктивна схема одноконсольного агромоста а) та схему поля б) облаштованого за мостовою технологією:

1, 12 – напрямні рейки; 2, 11 – мотор-колеса; 3 – ферма агромоста; 4 – сонячні панелі 5 – каретка агромоста; 6 – ланцюгова передача; 7 – механізм агрегатування; 8 – шафа керування; 9 – електродвигун; 10 – робочий орган знаряддя; 13 – акумуляторна батарея; 14 – кроковий двигун; 15 – роз'єм зарядки батареї

Однією з основних переваг мостових агромашин є висока точність позиціонування робочих органів у межах поля. У класичних системах точного землеробства координати визначаються у площині поля (x,y). Однак при виконанні операцій, пов'язаних із моніторингом розвитку рослин, диференційованим внесенням засобів захисту або регулюванням висоти робочих органів, необхідно враховувати також вертикальну координату z.

У такому випадку положення робочого органу описується у просторовій системі координат (x,y,z), а похибка позиціонування може бути визначена за залежністю:

$$\Delta = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2} \qquad (3)$$

де Δ – абсолютна похибка позиціонування робочого органу, м;

x,y,z – фактичні координати робочого органу;

x_0, y_0, z_0 – задані координати виконання технологічної операції.

Урахування координати z дозволяє забезпечити більш точне виконання технологічних операцій, зокрема при моніторингу стану ґрунту і рослин, регулюванні висоти обприскування або точковому внесенні агрохімічних препаратів.

На відміну від традиційних мобільних сільськогосподарських машин, що використовують переважно супутникові навігаційні системи, мостові агромашини можуть використовувати локальні системи навігації, координати яких формуються безпосередньо у межах поля. У таких системах положення машини визначається відносно стаціонарних направляючих або рейкових колій, які формують базову систему координат руху агромоста.

Переміщення агромоста вздовж направляючих 1, 12 формує координату x, переміщення каретки 5 по фермі 3 агромоста визначає координату y, а система регулювання положення знаряддя 7 забезпечує керування координатою z. Таким чином, формується локальна просторово-координатна система (x,y,z), у якій положення робочих органів визначається з високою точністю.

У загальному випадку сумарна похибка позиціонування робочого органу мостової машини може бути представлена як:.

$$\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2 + \Delta_z^2} \quad (4)$$

де Δ_x – похибка позиціонування агромоста вздовж направляючих;

Δ_y – похибка переміщення каретки по фермі агромоста;

Δ_z – похибка регулювання висоти робочого органу.

Застосування локальної системи координат дозволяє значно підвищити стабільність позиціонування робочих органів та зменшити залежність технологічних процесів від стабільності супутникового сигналу. Це особливо важливо в умовах нестійкого прийому GPS або можливого впливу засобів радіоелектронної боротьби.

Отримані значення точності позиціонування робочих органів безпосередньо впливають на ефективність використання даних просторового моніторингу поля. Тому при подальшому аналізі просторової структури агрофізичних параметрів ґрунту доцільно використовувати геостатистичні методи, зокрема варіограмний аналіз сферичної моделі варіограми, який дозволяє визначити характер просторової кореляції показників та обґрунтувати раціональний крок дискретизації поля.

Висновок. Таким чином, використання мостових агросистем у поєднанні з локальними системами позиціонування створює передумови для підвищення ефективності точного землеробства, зменшення техногенного впливу машин на ґрунт та підвищення ефективності використання матеріальних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Кувачов В.П. Дослідження автоматичного водіння мобільного мостового агрозасобу по слідах постійної технологічної колії. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2020. Вип. 11(110). С. 12–26.

2. Бойко В.Б., Денисенков О.В. (2025). Агроміст з автономним енергоживленням для мостової технології у точному землеробстві. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Технічні науки, 4(49), I: 211–219. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.32

3. Zhang, Q., Wang, Y., & Chen, L. (2022). Precision agriculture—A worldwide overview. Computers and Electronics in Agriculture, 192, 106562. https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106562

4. Antille, D. L., Peets, S., Galambošová, J., Botta, G., & Godwin, R. J. (2022). Controlled traffic farming: A review of its impact on soil structure, crop yield and farm efficiency. Soil and Tillage Research, 218, 105299. https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105299

5. Moemeni, F., Shokati, B., Karimi, A., & Ghorbani, M. (2025). Enhancing soil health and crop productivity through spatial variability analysis. Smart Agricultural Technology, 9, 100532. https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100532

130. Ребенко В.І. Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна.

МОДЕЛЮВАННЯ ДІЛЯНКИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ НА ПЕРЕСУВНОМУ СТРИГАЛЬНОМУ ПУНКТІ

Вівчарство залишається важливою галуззю тваринництва України. В умовах відгінного та пасовищного утримання тварин стрижка овець здійснюється переважно на пересувних стригальних пунктах (ПСП), де ефективність виробничого процесу безпосередньо залежить від технічного стану стригального обладнання. Механізована стрижка підвищує продуктивність праці у 3–10 разів порівняно з ручним методом, а своєчасне технічне обслуговування (ТО) машинок є ключовим чинником безперебійного функціонування пункту [1]. Разом з тим науково обґрунтовані моделі організації ділянок ТО на ПСП в сучасній літературі розроблені недостатньо, що зумовлює актуальність даного дослідження.

Пересувний стригальний пункт є функціонально завершеним технологічним комплексом, що включає: загін для неостриженых овець, стригальний майданчик із робочими місцями стригалів, зону класирування та пресування вовни, а також ділянку технічного обслуговування обладнання. Відповідно до діючих технологічних схем [2], ділянка ТО розташовується в безпосередній близькості до стригального майданчика – як правило, у виділеному відсіку пересувного модуля або під окремим навісом площею 8–12 м^2. Таке розміщення забезпечує мінімальний час доставки стригальних машинок від робочого місця до поста обслуговування та зворотно, що критично в умовах поточного виробничого

процесу. Функціонально ділянка ТО є сервісною підсистемою першого рівня, яка підтримує безперервну роботу 6–12 стригальних машинок (агрегат ЕСА-12/200А або аналоги) і забезпечує зворотний зв'язок у ланці «стригаль - обслуговуючий персонал» [2].

На підставі аналізу нормативних документів та практики експлуатації стригальних агрегатів визначено такий перелік регламентних операцій ТО: (1) поточне очищення стригальних машинок від залишків вовни, жиру та бруду після кожної зміни або за потребою; (2) мащення різальної пари - нанесення спеціального мастила на ніж і гребінку кожні 5–10 хвилин роботи для запобігання перегріванню; (3) замінне заточування – зняття затупленої різальної пари, встановлення загостреного комплекту; (4) контроль положення різальної пари та регулювання притискного механізму; (5) промивання гребінок і ножів від ланоліну та механічних забруднень перед заточуванням; (6) відновне заточування - шліфування гребінок і ножів на точильному верстаті з утворенням коректного «порожнистого» профілю (hollow grind) [3]; (7) діагностика технічного стану шнурів живлення, рукояток і підвісних двигунів; (8) дрібний слюсарний ремонт (заміна пружин, ексцентриків, штекерних з'єднань); (9) запис відпрацьованого моторесурсу різальних пар у журнал обліку. Зазначена система операцій відповідає принципу планово-попереджувального обслуговування (ППО), що мінімізує непланові простої обладнання.

Моделювання ділянки ТО передбачає обґрунтоване комплектування її трьома групами засобів. Заточувальне обладнання є ключовою ланкою ділянки: спеціалізований точильний верстат для гребінок і ножів стригальних машинок (маятникового типу зі шліфувальним диском діаметром 270 мм, потужність двигуна 180–350 Вт, частота обертання диска 1350–2950 об/хв) забезпечує коректне відновлення профілю леза [4]. Одиниця заточувального обладнання здатна обслуговувати до 12 машинок одночасно. Мийне обладнання представлено ємностями з технічними мийними розчинами (керосин, уайт-спірит або спеціальні знежирюючі рідини) для промивання різальних пар, а також робочим столом із вентильованою ванною зі стоком. Слюсарне обладнання включає верстак із лещатами, набір слюсарного інструменту (викрутки, плоскогубці, ключі), динамометричний ключ для контролю натягу, запасний фонд деталей (пружини, ексцентрики, шнури, штекери), а також кабельний тестер і мультиметр для контролю електричних параметрів. Для забезпечення чистоти робочого місця необхідна компресорна установка (0,3–0,5 МПа) для обдувки від вовняного пилу. Розрахунок показує, що наведений склад обладнання є достатнім для обслуговування 6–12 робочих місць стригалів в режимі реального часу.

Ділянку ТО обслуговує майстер-наладчик стригального обладнання (1–2 особи залежно від кількості машинок). Згідно з кваліфікаційними вимогами [5], фахівець повинен мати: практичні навички заточування різальних пар (відтворення точного кута заточування та порожнистого профілю гребінки); знання електричної частини агрегатів і вміння проводити поточний ремонт; розуміння трибологічних процесів у різальних парах (вплив температури, ланоліну, механічних домішок на ресурс леза). Рекомендований розряд — слюсар-наладчик 4–5-го розряду або електрик 3–4-го розряду з додатковою підготовкою з технології вівчарства.

Ефективність функціонування ПСП визначається синхронізацією ритму роботи стригалів та ділянки ТО. За даними досліджень [3], у стригаля середньої кваліфікації зміна різальної пари відбувається кожні 3–5 оброблених тварин (з підвищенням кваліфікації — кожні 5–7 голів). Таким чином, при продуктивності пункту 120 голів/год (норма для агрегату ЕСА-12/200А) майстер-наладчик повинен забезпечити готовність загостреного комплекту «гребінка–ніж» протягом не більше 2–3 хвилин після отримання сигналу від стригаля. Для оптимізації цього процесу доцільне впровадження обмінного фонду загострених різальних пар: кожен стригаль отримує готовий комплект, а здану затуплену пару наладчик заточує упродовж наступного інтервалу. Така схема «обмінного фонду» скорочує простої стригалів до мінімуму (менш ніж 1 хв на заміну) та підвищує продуктивність пункту на 8–15% порівняно зі схемою «заточування на вимогу» [1, 3].

Реалізація запропонованої моделі ділянки ТО дозволяє скоротити непланові простої обладнання, підвищити продуктивність праці на стригальному пункті та забезпечити стабільну якість оброблення вовни відповідно до вимог стандартів.

Список літератури

1. Довідник з вівчарства / Ю.В. Вдовиченко, В.І. Вороненко, В.М. Іовенко, П.Г. Жарук, П.І. Польська; Ін-т тваринництва степових районів ім. М. Ф. Іванова "Асканія-Нова" – Нац. наук. селекційно-генетичний центр з вівчарства. – вид. 2-ге, допов. і перероб. – Нова Каховка : ПИЕЛ, 2017. – 159 с..

2. Ревенко І. І. Машини та обладнання для тваринництва: підручник / І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В. І. Ребенко. – Київ : Кондор, 2012. – 732 с. - ISBN 978-966-351-189-4

3. Penn State Extension. Getting Started with Sheep Shearing: Comb and Cutter Selection, Setup, and Maintenance. — 2026. URL: https://extension.psu.edu/getting-started-with-sheep-shearing

4. Sinha S., Saha S. Dynamic Modeling of a Sheep Hair Shearing Device Using RecurDyn and Its Verification // Mechanisms and Machine Science. — 2019. — Vol. 62. — P. 89–97.

5. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Київ: Ліра-К, 2017. – 290 с.

131. Хропост В.І.Відокремлений підрозділ національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут» м. Ніжин, Україна.

ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА

Цифровізація суттєво змінює сучасне рослинництво, перетворюючи традиційні підходи до вирощування культур завдяки впровадженню інноваційних технологій. Сільське господарство стикається з викликами, такими як зміна клімату, обмеженість ресурсів, зростання попиту на продукцію та необхідність підвищення ефективності. У цих умовах цифрові технології стають невід'ємним інструментом для оптимізації роботи сільськогосподарської техніки, підвищення продуктивності та зниження витрат. Дослідження свідчать, що правильне впровадження цифрових рішень може зменшити витрати на 20–30% і підвищити врожайність на 10–25%, що робить їх особливо актуальними для українського агросектора.

Цифрові технології в рослинництві включають широкий спектр інструментів: точне землеробство, Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), великі дані (Big Data), а також автоматизацію та робототехніку. Точне землеробство, засноване на використанні GPS, дронів і сенсорів, дозволяє моніторити стан ґрунту, вологість, рівень поживних речовин і застосовувати добрива та пестициди цільово, знижуючи витрати та екологічне навантаження. Наприклад, системі CropX чи Aerobotics використовують IoT-сенсори для збору даних у реальному часі про стан рослин, погодні умови та вологість ґрунту, що дає змогу автоматично керувати зрошувальними системами та оптимізувати використання води. [1]

Штучний інтелект і машинне навчання відіграють ключову роль у прогнозуванні врожайності, виявленні хвороб рослин на ранніх стадіях, а також у оптимізації маршрутів сільськогосподарської техніки. Платформи на кшталт Plantix чи Taranis аналізують зображення з дронів або супутників, виявляючи проблеми на полі ще до того, як вони стануть помітними неозброєним оком. Це дозволяє фермерам вживати заходів у потрібний момент, зменшуючи втрати врожаю. Крім того, AI допомагає аналізувати історичні дані про погоду, ґрунт і врожайність, щоб прогнозувати оптимальні терміни посіву, збирання та обробки культур.

Автоматизація сільськогосподарської техніки, зокрема використання безпілотних тракторів, збиральних комбайнів з автопілотом (наприклад, від John Deere чи Case IH) та роботів для збирання фруктів, значно підвищує продуктивність праці. Ці системи здатні працювати цілодобово без втоми, зменшуючи залежність від людського фактору та підвищуючи точність виконання операцій. Наприклад, трактори з GPS-навігацією можуть рухатися з міліметровою точністю, уникаючи подвійної обробки ділянок, що економість паливо, час і ресурси.

Великі дані відіграють важливу роль у прийнятті обґрунтованих рішень. Агрохолдинги та фермери використовують платформи для збору та аналізу даних про стан полів, що дозволяє оптимізувати витрати на насіння, добрива та захист рослин. Наприклад, компанія Climate Corporation пропонує рішення для аналізу даних про погоду, ґрунт і історичну врожайність, щоб рекомендувати фермерам оптимальні стратегії посіву та догляду за культурами. Це не лише підвищує продуктивність, але й знижує ризики, пов'язані з несприятливими погодними умовами. [2]

В Україні впровадження цифрових технологій у рослинництві відбувається повільніше, ніж у європейських країнах, але має значний потенціал. Лідером у цьому процесі є великі агрохолдинги, які активно використовують дрони, IoT-сенсори та програмне забезпечення для керування технікою. Наприклад, компанія «Нібулон» застосовує супутниковий моніторинг для контролю стану посівів на великих площах, а «Кернел» використовує системи точного землеробства для оптимізації витрат на добрива. Дрібні фермери стикаються з бар'єрами, такими як висока вартість обладнання, нестача

кваліфікованих фахівців та обмежений доступ до фінансування, але державні програми підтримки та освітні ініціативи поступово вирішують ці проблеми.

Окрім підвищення продуктивності, цифрові технології сприяють сталому розвитку сільського господарства. Вони дозволяють зменшити використання хімічних добрив і пестицидів, знизити викиди CO_2 завдяки оптимізації маршрутів техніки та зменшенню витрат палива, а також ефективніше використовувати водні ресурси. Це особливо важливо в умовах зміни клімату, коли традиційні методи ведення сільського господарства стають менш ефективними. [3]

Проте впровадження цифрових технологій пов’язане з низкою викликів. Серед них — висока вартість обладнання та програмного забезпечення, необхідність навчання персоналу, а також питання кібербезпеки. Агровиробники мають інвестувати не лише в техніку, але й у підготовку фахівців, здатних ефективно використовувати ці технології. Крім того, збором і обробкою великих обсягів даних потрібно керувати належним чином, щоб уникнути витоку конфіденційної інформації.

У майбутньому очікується подальший розвиток цифрових технологій у рослинництві, зокрема впровадження 5G для швидшого обміну даними, використання блокчейн для відстеження ланцюга постачання та розвиток робототехніки для автоматизації ще більшої кількості процесів. В Україні, враховуючи її значний аграрний потенціал, цифровізація може стати ключовим чинником підвищення конкурентоспроможності вітчизняної продукції на світовому ринку. [4]

Отже, вплив цифрових технологій на продуктивність сільськогосподарської техніки для рослинництва є багатогранним і позитивним. Вони не лише підвищують ефективність роботи техніки, але й сприяють сталому розвитку галузі, зниженню витрат і підвищенню якості продукції. Для успішного впровадження цих технологій в Україні необхідно подолати існуючі бар’єри, інвестувати в освіту та інфраструктуру, а також стимулювати співпрацю між аграріями, науковцями та державними установами.

Список використаних джерел

1. Climate Corporation. (2022). Digital Agriculture: Transforming Farming Through Data. Retrieved from. www.climate.com
2. CropX. (2022). Soil Sensing and Irrigation Optimization. Retrieved from. www.cropx.com
3. John Deere. (2023). Autonomous Tractors and Precision Agriculture. Retrieved from. www.deere.com
4. McKinsey & Company. (2021). The future of agriculture: How digital technologies can boost productivity. Retrieved from. www.mckinsey.com/industries/agriculture

132. Боровський В.В. Бончик В.С. Дуганець В.І. Федірко П.П. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» м. Кам'янець-Подільський, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ РЕМОНТУ ШЛІЦЬОВИХ ВАЛІВ

До 70% витрат на ремонт сільськогосподарської техніки доводяться на придбання нових запасних частин натомість гранично зношених[1]. При цьому граничне зношування 85% деталей, працюючих у сполученні не перевищує 0,1мм, і багато хто з них має залишковий ресурс 60% і менше. Тільки 20% деталей, що поступають в ремонт, підлягають остаточному вибраковуванню. Інші можна відновити, причому собівартість такої операції складе не більше 15...70% витрат на виготовлення.

За кордоном на ринку запасних частин переважають відновлені деталі. Вони в 1,5...2,5 рази дешевше за нові, а по ресурсу, як правило, не значно поступаються їм. Це досягається за рахунок участі у ремонті фірм, що ремонтують машини, а також спеціалізованих підприємств по відновленню зношених деталей.

Причини втрати працездатності відновлених валів багато у чому залежать від прийнятого технологічного процесу.

Згідно рекомендацій ДСТУ 15467-94 і норм ISO 9000:2000, встановили основні чинники, які можуть бути визначальними при виборі оптимальної технології і параметрів відновлення шліцьових валів. Розглянули вплив цих чинників на оптимізацію процесу відновлення шліцьових валів. Для детальних досліджень використовували шліцьовий вал приводу гідронасоса роздавальної коробки передач кормозбиральних машин. Такі вали, як правило, виготовляють із сталі 45.

Оскільки дослідження передбачали відновлення діючої номенклатури валів, то при проведенні досліджень їх матеріал не змінювали.

У завдання досліджень входило вибір матеріалу покриття, розробка оптимальної технології і параметрів відновлення, при яких забезпечувалися б вимоги технічних умов по рівню властивостей на постачання нових шліцьових валів, а це досягнення твердості у шліцьовій частині валу не менше 62 HRC і достатня міцність зчеплення покриття з основою.

Ремонт шліцьових з'єднань здійснюють одним з наступних способів:

- заміною зношеної пари деталей (валу і маточини) з'єднання новими запасними;
- заміною однією зі зношених деталей (у більшості випадків - маточини) запасною новою і застосуванням відновленої другої деталі (вала);
- застосуванням двох відновлених деталей.

Ремонт шліцьових з'єднань, можна виконувати повною заміною зношених шліцьових частин валів, або маточин новими, а також тими, які забезпечують достатній післяремонтний ресурс, приблизно рівний ресурсу нових [2].

Відомий спосіб відновлення шліців маточин пластичною деформацією за допомогою комбінованого інструменту, що складається з шліцьової оправки, на якій змонтовані деформуючі ролики і багатозуба калібруюча шліцьова втулка.

Наплавлення внутрішніх шліців практично не застосовується через технологічні труднощі її виконання в малих отворах. Протягування шліцьових отворів маточин використовується також рідко, оскільки воно усуває лише непаралельність бічних поверхонь шліців, збільшуючи при цьому проміжки між поверхнями, які сполучаються, що призводить до росту темпів зношування з'єднання.

Відновлення шліців запресуванням в розточену маточину шліцьової втулки більше поширено, хоча це трудомістка операція пов'язана з додатковою витратою металу і непридатна для тонкостінних маточин. Знаходить застосування пластична деформація шліцьової маточини осіданням її уздовж осі. У такий спосіб відновлюють маточини з невеликим зношуванням. Пластичну деформацію виконують за допомогою штампів або спеціальних оправлянь. Застосування цього способу із-за складності конфігурації маточин, необхідності виготовлення спеціального оснащення і проведення термічної обробки ускладнене.

При наплавленні виникає додаткова місцева розтягуюча напруга, неоднорідність структури матеріалу, будь-які дефекти наплавлення є концентраторами напруги, що значно знижують циклічну міцність відновлених деталей. Таким чином, втомна міцність деталей, відновлених наплавленням, завжди нижче, ніж міцність нових деталей.

З приведених порівняльних досліджень видно, що мінімальне зниження втомної міцності відновлених валів характерне при використанні електродугового наплавлення в середовищі вуглекислого газу.

При розробці способів відновлення деталей зазвичай керуються принципом: відремонтована деталь повинна відповідати кресленню, фізико-механічним властивостям робочих поверхонь. Така деталь повинна по можливості менше відрізнятися від нової. Але цей принцип, при ремонті шліцьових з'єднань не дає бажаного результату тим більше, якщо і нові деталі не забезпечують необхідний ресурс.

Існує ряд технологічних прийомів по відновленню шліцьових валів методом наплавлення в середовищі CO_2. До найбільш поширених прийомів, вживаних на ремонтних підприємствах є наплавлення уздовж шліца і упоперек його (по гвинтовій лінії). Використовуються також методи відновлення валів, такі як нарізка нового шліца після наплавлення по місцю розташування колишнього паза, а також використання методу зварювання у стик двох частин вала, з менш зношеною шліцьовою частиною і нарізкою нових шліців для сполучення вал - конічна шестерня.

Метод наплавлення по гвинтовій лінії дозволяє реалізувати прийом, який може забезпечити додаткове зниження напруги (окрім відпуску) шляхом створення програмованих порожнин розміром 1,0 - 1,5мм біля основи шліца для релаксації напруги.

Запропонований спосіб відновлення шліцьових валів [2] який включає попередню обробку зношених поверхонь. Для зменшення напруги при обробці і підвищення ресурсу деталей. Нанесення покриттів здійснювали після механічної обробки з частковим видаленням тільки пошкоджених зношуванням поверхонь.

На шліци наплавленням по гвинтовій лінії (упоперек шліців) наносили покриття тій, що по товщині не перевищує величину номінального розміру. При цьому враховували припуск на формування профілю. При необхідності компенсації великого по товщині шару, наплавлення робили в декілька проходів електродом. Перший шар покриття наносили завтовшки не більше 1,5мм, а наступні шари збільшували на 40 - 60% кожного. Раніше був відомий спосіб дугового багатошарового наплавлення сплавами високої

зносостійкості, що включає нанесення покриття по гвинтовій, або кільцевій лінії. Згідно з цим способом релаксацію напруги здійснювали формуванням порожнин в першому шарі шляхом забезпечення тріщиноутворення.

Недоліком відомого способу слід вважати те, що заздалегідь запланована сітка тріщин в першому шарі за певних умов експлуатації виконує роль зародків для появи тріщин в другому і наступних шарах, щоб привести до вифарбовування відновлених і загартованих СВЧ шліців.

Також відомий спосіб відновлення деталей, що включають обробку зношених поверхонь і наступне нанесення покриття [2]. Обробку зношених поверхонь в цьому випадку здійснювали з урахуванням товщини неякісного шару покриття, яку визначали заздалегідь, а шар знімаючого матеріалу відраховували від номінального розміру поверхні в тіло деталі.

Недоліком цього способу є відсутність технологічних прийомів, які б забезпечували зниження напруги у відновленій деталі після остаточної термообробки.

Виходячи з відомих методів відновлення деталей, розробили новий спосіб реновації шліцьових валів, який полягає в тому, що при відновленні наплавленням, по довжині шліців формуються спеціальні порожнини. При їх обробці по гвинтовій лінії вони сприяють зменшенню напруги в наплавленому шарі, що підвищує ресурс валу при експлуатації.

Список використаних джерел

1. Сідашенко О.І. Ремонт сільськогосподарської техніки. Довідник / За ред. О.І. Сідашенка та О.А. Науменка. Київ: Урожай, 2002. 304с.

2. Канарчук В.Е. Технічне обслуговування, ремонт і зберігання автотранспортних засобів. Київ: Вища школа, 2008. 495с.

133. Навроцький А.О. Бончик В.С. Дуганець В.І. Федірко П.П. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» м. Кам'янець-Подільський, Україна.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Заходи, що підвищують зносостійкість і довговічність лез різальних органів сільськогосподарських машин в промисловому і ремонтному виробництвах можна розділити на три основні групи:

1. Вибір раціональних, з точки зору зносу, конструктивних параметрів різального елементу, таких, як величина кута заточування, місце розташування і величина додаткової фаски леза, величина кута ковзання леза;

2. Вибір оптимальних параметрів режиму різання: величина швидкості різання, товщина шару, що перерізається;

3. Застосування зносостійких матеріалів для виготовлення і відновлення деталей і різних видів зміцнень, таких, як поверхневе і об'ємне термозміцнення, механічне зміцнення, нанесення зносостійких покриттів, вібраційне зміцнення.

Використання усіх названих заходів може дати найбільший ефект.

Відновлення зношених деталей дозволяє повторно, а іноді і багаторазово, використовувати деталі, що вичерпали ресурс, завдяки застосуванню ефективних технологій відновлення [1].

Дослідження взаємодії абразиву з поверхнею робочого органу показали, що для збільшення довговічності необхідно підвищити абразивну зносостійкість.

Сучасне машинобудування має в розпорядженні різні методи підвищення ресурсу і зміцнення деталей. Високої ефективності в підвищенні довговічності нових і відновлених деталей досягли за кордоном. Так, в Німеччині Науково-дослідний центр розробляє нові технології відновлення зношених деталей зварюванням, наплавленням, металізацією, пластичною деформацією, полімерними матеріалами.

До методів підвищення корозійної стійкості, зносостійкості і втомної міцності можуть бути віднесена хіміко-термічна обробка, пластична деформація і деякі спеціальні методи [2].Проте, вказані технології відрізняються порівняно високою складністю, вимагають застосування спеціального устаткування і поки що не знайшли широкого застосування в ремонтному виробництві при відновленні вищезгаданих деталей.

Поширенішими методами відновлення лап культиваторів є [2]:

˜ відпуск: зношені робочі органи нагрівають до температури 800...1100°С і відтягують на пневматичному молоті, після чого проводять заточування і необхідну термообробку;

˜ вирізування зношеної частини леза лапи газоплазмовим різаком. Замість відрізаної частини виготовляють профільну пластину із сталі 65Г, яку приварюють суцільним швом до відновлюваної деталі.

Лапи з привареними пластинами або після відтяжки піддають наплавленню зносостійкими металевими порошками з нижнього боку, що забезпечує до певної міри отримання самозаточуючого леза.

Проте ці методи мають високу трудомісткість і не дозволяють отримати високу зносостійкість. Крім того збільшується рівень напружено-деформаційного стану відновленої деталі.

Є дослідження по відновленню робочих органів грунтообробних машин наплавленням порошковим дротом [2]. Цей спосіб забезпечує досить високу твердість поверхні (56...58 HRC), проте опірність матеріалу відновлюваної деталі ударною дією знижується внаслідок особливостей властивостей матеріалу деталі і наплавленого шару.

У літературі [2] є дані про відновлення культиваторних лап наплавленням наморожуванням на заготовку. Суть технології полягає в подачі порції розплавленого зносостійкого сплаву в проміжок між поверхнею заготовки, що наплавляється, яку заздалегідь нагрівають до 850...950°С і флюсують. При заповненні форми присадний сплав витісняє захисний шар флюсу з поверхні, що наплавляється, і кристалізується на останній. Після заповнення форми відбувається твердіння присадного сплаву з утворенням зносостійкого шару заданих розмірів і форми.

Для отримання лез підвищеної довговічності в промисловості використовується метод нанесення твердих сплавів на поверхні робочих органів (наплавлення СВЧ). Для наплавлення використовується сормайт-1, змішаний в різних частинах з ферохромом.

Знаходить певне застосування спосіб отримання лез підвищеної довговічності і міцності наданням лезу пошарової будови з певною відмінністю зносостійкості шарів, що забезпечує стабілізацію працездатної форми шляхом прискореного зношування одного шару при уповільненому зношуванні другого шару (ефект самозаточування) (рис. 1).

У ремонтних умовах знайшло певне застосування наплавлення сплавом сормайт із застосуванням газового полум'я, яка забезпечує отримання на лезі міцного утримуючого шару рівномірної товщини. Проте продуктивність цього методу дуже мала [3].

Для підвищення довговічності робочих органів іноді застосовують магнітоелектричний спосіб зміцнення, суть якого полягає в електроіскровому нанесенні феромагнітних порошків (феробор, ферохром, феротитан та ін.) або порошкових композицій в магнітному полі.

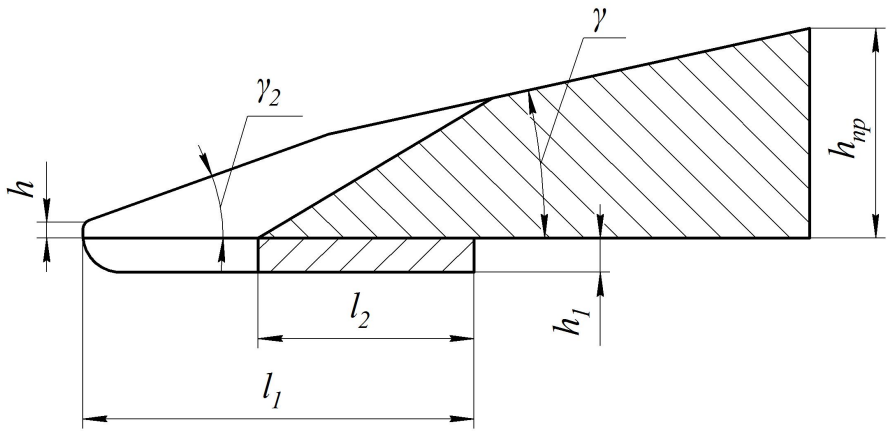


Рисунок 1 - Схема профілю леза, що самозаточуючого: *h* - товщина 0,5 мм;
h_1 - товщина зносостійкого шару; $h_{пр}$ - гранична товщина лапи; γ_2 - кут заточування; γ - кут клину

Суть цього способу полягає в дуговому точковому наплавленні на основний метал зносостійкого матеріалу - порошкового дроту ПП-Нп-80Х20Р3Т. Твердосплавні елементи конусоподібної форми (точки), що утворюються при цьому, мають змінний переріз і твердість, що зменшуються у бік основного металу. Такі точки розташовуються локально, або зв'язано залежно від функціонального призначення робочого органу. Геометрію точок регулюють технологічними параметрами наплавлення: зварювальною напругою і струмом, вильотом електроду, часом наплавлення, полярністю, швидкістю подачі порошкового дроту.

В процесі експлуатації леза робочих органів з точковим зміцненням менш зносостійкі ділянки основного металу піддаються інтенсивнішому зносу, і на їхньому місці утворюються западини, що чергуються з виступами на наплавлених ділянках. В результаті утворюється пилкоподібна форма леза.

Переваги такої форми - збільшення різальної довжини і площі контакту з грунтом; більше число концентраторів руйнування грунту; працездатність робочих органів в порівнянні з серійними, наплавленими індукційним способом, в 1,5-2,0 рази вище. Проте вартість культиваторних лап, оброблених цим способом, значно вище.

Список літератури

1.Анілович В.Я. Надійність машин у завданнях та прикладах / В.Я. Анілович, О.С. Грінченко, В.Я. Литвиненко. Харків: Око, 2001. 320с.

2.Василенко П.М., Бабій П.Т. Культиватори. - Київ: Урожай, 2001. 237 с.

3.Комаристов В.Ю. Сільськогосподарські машини / В.Ю. Комаристов, М.Ф. Дунай. Київ: Вища школа, 1992. 486с.

134. Топалов О.В. Бончик В.С. Дуганець В.І. Федірко П.П. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» м. Кам'янець-Подільський, Україна.

МЕТОДИКА ЗБОРУ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ПРО НАДІЙНІСТЬ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Для вирішення поставлених завдань експериментального дослідження і отримання статистичної інформації про надійність зернозбиральних комбайнів проводяться спостереження за їх станом в період експлуатації.

В умовах рядової експлуатації зернозбиральних комбайнів, зважаючи на велику трудомісткість і практичну неможливість проведення безперервних хронометражних спостережень протягом тривалого часу через сезонність їх використання, в процесі експериментальних досліджень використовується метод визначення показників надійності зернозбиральних комбайнів і їх конструктивних елементів шляхом поєднання хронометражних спостережень зі збором і обробкою даних про наробіток до відмови окремих деталей і складальних одиниць комбайнів іншими способами, які не потребують постійної присутності хронометражистів в полі [1].

Мета спостережень – визначення характеру і причин відмов, способу їх усунення, тривалості і трудомісткості всіх робіт з технічного обслуговування і ремонту, що проводяться в польових умовах, а також оцінка показників надійності зернозбирального комбайна в цілому та окремих його систем.

При частих відмовах однотипних деталей і у випадку, коли немає можливості прослідкувати наробіток до відмови кожної деталі окремо, фіксується сумарна кількість відмов протягом кількох днів. Цей спосіб менш трудомісткий, ніж при фіксуванні наробітку до відмови кожної деталі, але він дає менше інформації і ефективний для оцінки витрат запчастин.

Для оцінки безвідмовності складальних одиниць, що не ремонтуються в польових умовах, а замінюються при відмові використовується спосіб реєстрації величини наробітку до відмови шляхом фіксування дати встановлення даного вузла на комбайн, дати заміни і величини наробітку до відмови у відповідних одиницях виміру.

Для оцінки ремонтопридатності конструкції комбайна при обробці даних використовується та частина тривалості усунення відмови, яка безпосередньо залежить від конструкції, тобто тривалість оперативного усунення відмови. Тому при проведені спостережень фіксуються суміщені в часі роботи і втрати часу, яких можна було б уникнути при правильній організації робіт.

Крім того, під час робіт з технічного обслуговування і усунення відмов проводяться хронометражні спостереження за розбиранням і збиранням кожного окремого елемента з виділенням складових затрат часу і тривалості виконання елементарних операцій. Цей метод особливо ефективний для визначення ремонтопридатності більшості пасів, оскільки усунення відмов даних елементів в польових умовах полягає в їх заміні. При цьому також встановлюється кількість і причини заміни елементів.

Збір даних про фактичну витрату запасних частин проводиться за допомогою книг обліку на складах та лімітно-забірних карток на отримання запасних частин. Ці дані дають можливість визначити середній термін служби деталей (складальних одиниць) і наробіток на відмову при умові встановлення відсутності в майстерні бригади інших запасних частин чи відновлення їх в центральній майстерні.

Кількісний і якісний аналіз експериментальних даних, отриманих в результаті спостережень

здійснюється за допомогою методів теорії ймовірності та математичної статистики [2] згідно вимог ДСТУ 2864-94 та ДСТУ 3004-95. Обробку результатів виконуємо за допомогою пакету комп'ютерних програм "Microsoft Excel" .

Всі відмови зернозбиральних комбайнів можна класифікувати за структурною приналежністю. Пропонується виділити такі структурні частини (системи): жатка з похилою камерою, молотарка (включає очистку), обладнання для збору незернової частини урожаю (НЧУ), двигун, трансмісія (разом з ходовою частиною), привідні механічні передачі (пасові, ланцюгові), гідросистема, система електрообладнання і контрольних приладів.

За характером зміни параметрів в часі при експлуатації зернозбиральних комбайнів можна виділити раптові та поступові відмови (відповідно скачкоподібна або поступова зміна параметра). Раптові відмови викликані, як правило, порушенням технологічного процесу та правил експлуатації і виникають у випадкові моменти часу, а поступові – це, в основному, відмови від зношення, втоми та порушення регулювань [2]. Поступові відмови, на відміну від раптових, можна прогнозувати і вони можуть бути попереджені при своєчасному кваліфікованому технічному обслуговуванні.

Втрата працездатності зернозбирального комбайна може бути [2]:

- повною, коли виключається можливість використання його за призначенням без проведення відновлення;
- частковою, коли значення одного чи кількох параметрів знаходяться за межами агротехнічних вимог. При цьому комбайн може використовуватись за призначенням, але при зниженій якості і ефективності функціонування;
- збій, тобто тимчасова втрата працездатності. В даному випадку відмова усувається самостійно або шляхом холостої прокрутки механізмів.

За характером дії на показники безвідмовності всі фактори розділяють на: конструктивні, виробничі, експлуатаційні, та ремонтно-відновні. Відповідно до них будемо називати і відмови, що виникають.

До конструктивних факторів відносяться невраховані випадкові навантаження в результаті неправильного вибору матеріалу деталей, невідповідності посадки спряжень умовам їх роботи, порушення встановлених правил і норм конструювання та інші [2]. Наявність конструктивних відмов свідчить про недосконаліть конструкції комбайнів і його систем. Виробничі фактори відображають недостатню якість матеріалу, порушення або недосконаліть прийнятого технологічного процесу виготовлення деталей, складання, регулювання і припрацювання. Експлуатаційні фактори спричинені порушенням встановлених правил і умов експлуатації комбайна, низькою якістю проведення технічного обслуговування і зберігання. До ремонтно-відновних відносяться такі відмови, що викликані порушенням встановленого процесу ремонту комбайнів та відновлення окремих вузлів і деталей.

Список використаних джерел

1. Ільницький Д.В., Арсенюк Ю.В., Романчук В.П. Технічне обслуговування сільськогосподарських машин. Київ.: Урожай, 2004.144 с.

2. Особливості ремонту і технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів, що відпрацювали амортизаційний строк (рекомендації). Глеваха.: ННЦ "ІМЕСГ",2002.37 с.

135. Мушеник І.М. Бончик В.С. Дуганець В.І. Федірко П.П. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» м. Кам'янець-Подільський, Україна.

АНАЛІЗ РОБОТИ ЗЕРНОВИХ ДРОБАРОК УДАРНО-ПЕРЕТИРАЛЬНОЇ ДІЇ ТА МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ЇХ РОБОЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Велику увагу дослідників привертає вплив швидкості руху молотків на ефективність роботи молоткових дробарок. У роботах [1, 2] з'ясовано, що під час її зростання можна одержати збільшення продуктивності, покращення якості, зменшення маси конструкції дробарок. Проте швидкість не повинна перевищувати певну межу, яка пов'язана з негативними явищами у процесі подрібнення. Із збільшенням швидкості ротора за кубічною залежністю збільшується витрата енергії на холостий хід. Експериментально визначені кут відхилення молотків, скручування вала, реакції в опорах. Досліджено також рівняння роботи барабана дробарки, зокрема режим холостого ходу та потужність дробарки КДУ-2.

Досліджено вихрові поля швидкості частинок матеріалу та надлишкового тиску. Досліджено повітряний потік в молотковій дробарці, залежності між витратою потужності тиску потоку і частоти

обертання ротора. Останній використовується як вентилятор для продування і транспортування продукту подрібнення. Розглянуто схему руху ППШ, розподіл швидкості частинок повітря, проаналізовано розподіл складових їх швидкості на обмежувальному колі. Встановлено оптимальні співвідношення між конструктивними параметрами корпуса, співвідношення місця завантаження і розвантаження, які дають можливість організувати повітряний потік у необхідному напрямку, підвищити продуктивність дробарки і зменшити її питому енергоємність.

Найкращі умови перебігу робочого процесу молоткової дробарки розглянуто в роботах [2], де наведені закономірності, які записують розміри частинок, а також теоретичні обґрунтування параметрів дробарок. Окремо розглядають динамічні режими руйнування зерна, які характеризують коливання молотків, записують рівняння руху молотка та визначають сили, які діють на нього.

На основі аналітичних досліджень розглянуто шляхи підвищення ефективності роботи дробарок. Проведені експериментальні дослідження енергетичних показників відцентрової дробарки, визначено оптимальні режими її роботи та встановлено конструктивні параметри.

Огляду результатів теоретичних і експериментальних досліджень роботи дробарок присвячені також роботи [1], де розглянуто питання теорії удару і ударного подрібнення, залежності роботи дробарки від механічних властивостей, розмірів і форми частинок подрібнювального матеріалу. Визначена критична швидкість удару, зміна зернового складу залежно від швидкості ротора. Наведені конструктивні схеми молоткових дробарок, а також вплив конструктивних параметрів на ефективність процесу подрібнення.

Розглянуто критерії ефективності й оцінку властивостей матеріалів з точки зору подрібнення, а також вибір способу подрібнення для різних типів машин. Подано класифікацію машин для подрібнення м’яких матеріалів.

Розглянуто розподіл швидкостей повітряного потоку у середині камери подрібнення, вплив продування на гранулометричний склад готового продукту й продуктивність дробарки.

Встановлено, що швидкість ППШ і ступінь подрібнення перебувають в оберненій залежності, а розподіл поля швидкостей вздовж решета позитивно впливає на гранулометричний склад продукту подрібнення, а також техніко-економічні показники.

Результати експериментального визначення часу контакту зерна під час удару, межі міцності зерна (ячменю), часу співударяння для різних частин зерна, впливу вологості зерна, на робочий процес і питомі витрати енергії наведено в роботі [1]. Дослідження показали, що товщина ППШ становить 20...32 мм, а швидкість частинок на його межі становить 50...20 % від швидкості молотків. Розглянуто шляхи підвищення ефективності дробарки, а саме залежність робочого процесу подрібнення від стану поверхні зерна та вплив внутрішнього вентилятора на роботу дробарки.

У роботі [2] наведені результати експериментального визначення потужності електродвигуна для забезпечення оптимального завантаження дробарки залежно від вибраних способу завантаження, діаметра камери подрібнення та отворів сит.

Необхідно відзначити, що, робота будь-якої дробарки характеризується такими основними показниками як продуктивність, споживча потужність, ступінь подрібнення готового продукту, питомі витрати енергії. На їх підставі можна встановлювати залежності між продуктивністю та споживчою потужністю з постійною величиною подрібнення вихідного продукту. Тоді вважають що це є робоча характеристика дробарки, за якою визначають робочий інтервал продуктивності під час подрібнення того чи іншого матеріалу. Не менш вагомою характеристикою зернових дробарок є залежність зміни питомої витрати електроенергії від продуктивності подрібнення.

Параметри, які визначають показники роботи зернових дробарок можна розподілити на дві групи: До першої групи належать параметри, які характеризують конструктивні особливості; це діаметр і довжина ротора, кількість молотків на роторі, його колова швидкість обертання, тип сепаратора; до другої групи відносять параметри, які визначають властивості подрібнювального матеріалу та режим робити дробарки. Це коефіцієнт здатності матеріалу до розмелювання, розмір крупинок матеріалу перед подрібненням і після нього, вологість тощо.

Найбільший вплив на роботу зернових дробарок ударної дії мають параметри першої групи. З параметрів другої групи найбільше значення має розмір крупинок готового продукту і показник здатності матеріалу до розмелювання.

Зернова дробарка має оптимальну продуктивність тоді, коли питома витрата енергії на подрібнення є мінімальною. Зміна її від оптимальної призводить до зростання питомої витрати

електроенергії на подрібнення. Треба сказати, що оптимальна продуктивність буде залежати від конструктивних і технологічних чинників.

Оскільки ефективність робочого процесу подрібнення залежить від багатьох чинників, то вплив робочої кутової швидкості молотків на продуктивність може бути визначений лише комплексно. Під час вибору кутової швидкості молотків повинні враховуватись кількість ударів молотків, їх інтенсивність, тобто величина роботи деформації, час перебування матеріалу у робочій камері, а значить кінетика подрібнення та конструктивні параметри дробарки.

Виходячи з того, що робота зернових дробарок залежить, як правило, від працездатності найбільш навантажених робочих елементів, наприклад, молотків, деки, ротора нами зроблено спробу дослідити причини, які призводять до їх виходу із ладу або поломки в цілому.

В результаті візуального обстеження встановлено грубий рельєф торцевих і бокових поверхонь в місцях заокруглення молотків з явно вираженими слідами виступів і западин, при цьому останні були тим контрастніші, чим глибше спрацювання, а значить був довший термін експлуатації молотків відповідно[2].

Отже, довготривалі статичні та ударні навантаження, що виникають в процесі розмелювання зернових матеріалів призводять спочатку до появи мікротріщини у місцях найбільшої концентрації напружень, яка з часом підростає до макротріщини, а потім поширюючись до критичного розміру, спричиняє руйнування молотка і зупинку дробарки в цілому.

Список використаних джерел

1. Ванкевич П.І. Високоефективні машини для подрібнення компонентів харчових продуктів і комбікормів / П.І. Ванкевич, А.І. Шумиловський // Вісн. НУ "Львівська політехніка": Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. Львів, 2002. С. 85-89.

2. Панько І.М. Теоретичні основи інженерних методів для оцінки тріщиностійкості матеріалів і елементів конструкцій / І.М. Панько Львів: ЛНУ ім. Ів.Франка, 2004. 280 с.

136. Алфьоров О.І. Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна

НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ З ПОСТІЙНОЮ НЕСУЧОЮ ЗДАТНІСТЮ

Раптові механічні відмови елементів і систем у мобільних машинах здебільшого зумовлені багаторазовими випадковими екстремальними навантаженнями, які можуть стрибкоподібно хоча б раз перевищити несучу здатність і призвести до квазістатичного руйнування або виникнення неприпустимих залишкових деформацій.

Прогнозування надійності елементів у разі раптових механічних відмов пов’язане з побудовою моделей, що дають змогу оцінювати ймовірність безвідмовної роботи як ймовірність того, що значення багаторазово повторюваного екстремального навантаження не буде перевищено $P_{\text{н}}$ значення несучої здатності $P_{\text{п}}$ елемента. Розглянемо спрощений варіант, коли постійна в часі несуча здатність елементів має настільки мале випадкове розсіювання, що на практиці ним можна знехтувати. Отже, у всіх екземплярів елементів розглянутого типу несуча здатність однакова і зберігається в часі. Тоді вважатимемо заданим невипадковий (детермінований) і постійний у часі граничний рівень P_o несучої здатності. Таке припущення можна застосувати, вважаючи, що $P_o = \widetilde{P}_o$, тобто використовуючи як граничний рівень нижню межу можливого випадкового розсіювання пропускної здатності. Вочевидь, що, діючи таким чином, ми свідомо завищуватимемо прогнозований ризик раптової відмови. При цьому як коефіцієнт запасу K слід брати відношення граничного рівня P_o до середнього значення випадкових екстремальних навантажень $\overline{P}_{\text{н}}$, тобто $K = P_o \big/ \overline{P}_{\text{н}}$.

Відповідно до відомої з теорії ймовірностей першої форми [1] нерівності Чебишева, за будь-якого закону розподілу позитивного випадкового навантаження та постійної несучої здатності можна оцінити верхню межу ймовірності відмови при першому (одноразовому) екстремальному навантаженні:

$$\widetilde{Q}_1 = Bep\left(P_{\text{н}} \geq P_o\right) \leq \frac{\overline{P}_{\text{н}}}{P_o} = \frac{1}{K}. \qquad (1)$$

Тоді нижня межа $\widetilde{R}_1 = 1 - \widetilde{Q}_1$ ймовірності безвідмовної роботи при першому навантаженні R_1 може бути визначена за виразом

$$R_1 \geq \widetilde{R}_1 = 1 - \frac{1}{K}. \qquad (2)$$

За відсутності інформації про характер та параметри розподілу екстремальних навантажень гарантована оцінка $\widetilde{R}_1$, отримана за припущенням про довільну випадковість навантаження, практично не придатна для забезпечення досить високого нормативного рівня безвідмовності $\lfloor R \rfloor = 0{,}9\ ,\ 0{,}999$, який зазвичай вимагається для елементів машин [2].

Так, наприклад, якщо задати $\widetilde{R}_1$ =0,9, то відповідне значення коефіцієнта запасу має становити K=10. Практика проектування виробів машинобудування показує, що реалізовувати такі запаси міцності в мобільних машинах недоцільно. Слід також зауважити, що оцінка виду (2) може бути обґрунтованою лише за умови одноразового екстремального навантаження, а за умови багаторазових навантажень не забезпечує заданої надійності.

Відомий раціональний підхід, який дає змогу ймовірнісно обґрунтувати коефіцієнти запасу та отримати рекомендації, що можуть бути реалізовані на практиці. Такий підхід полягає у відмові від використання при схематизації навантажень припущення про їх довільну випадковість, а в задаванні виду та параметрів передбачуваного закону розподілу випадкових екстремальних впливів. При цьому доцільно використовувати функції розподілів неперервних додатних випадкових величин з унімодальною (одновершинною) щільністю та нескінченною верхньою межею випадкового розсіювання. З огляду на те, що на етапі проектування єдиним і найзручнішим параметром, який визначає рівень випадкового розсіювання навантаження або несучої здатності при машинобудівних розрахунках надійності [1, 2], є безрозмірний коефіцієнт варіації, доцільніше застосовувати двопараметричні закони розподілу. Надалі при побудові моделей широко використовуються [1, 2]: закон розподілу Вейбулла у формі, а також логарифмічно-логістичний розподіл і розподіл Фреше. Традиційним є застосування нормального, логарифмічно-нормального та подвійного експоненціального розподілів[1-3].

Список використаної літератури.

1. Гринченко А.; Алферов А. Основы прогнозирования и управления надежностью в условиях экстремальных нагрузок; ТОВ «Планета - Принт».: Харьков, Украина, 2017; 136с.
2. Grynchenko O.; Alfyorov O. Mechanical Reliability. In Prediction and Management under Extreme Load Conditions; Springer Nature: Cham, Switzerland, 2020; 125p.
3. Гринченко А.С; Алферов А.И. Прогнозирование надежности элементов машин при случайном пуассоновском потоке экстремальных нагружений. Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». 2017, 7, 141–148.

137. Козак А.В. Відокремлений структурний підрозділ «Львівський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування» м. Львів, Україна.

ТРАНСПОРТНИЙ ПРОЦЕС В АПК В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: РОЛЬ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ (НА ПРИКЛАДІ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Анотація

У статті досліджено особливості функціонування транспортного процесу в агропромисловому комплексі в умовах воєнного стану. Обґрунтовано доцільність застосування мультимодальних перевезень як ефективного інструменту адаптації логістичних систем до кризових умов. Проаналізовано специфіку організації перевезень у Львівській області як прикордонному регіоні та визначено основні напрями підвищення ефективності транспортних процесів.

Ключові слова: транспортний процес, АПК, мультимодальні перевезення, логістика, воєнний стан, Львівська область.

Функціонування агропромислового комплексу безпосередньо залежить від ефективності транспортного забезпечення, яке формує матеріальну основу логістичних процесів. В умовах воєнного стану транспортна система зазнає суттєвих трансформацій, зумовлених руйнуванням інфраструктури, зміною напрямків вантажопотоків та підвищенням рівня ризиків. За таких обставин виникає

необхідність пошуку нових організаційно-технологічних рішень, серед яких особливе місце займають мультимодальні перевезення [1].

Питання організації транспортного процесу в АПК та розвитку логістичних систем розглядаються у працях вітчизняних науковців, зокрема І.В. Коваленка, В.С. Бойка, О.В. Григор'єва. Водночас проблематика функціонування транспортних систем у воєнних умовах та роль мультимодальних перевезень у цьому контексті потребує подальшого наукового осмислення [2–4].

Метою роботи є обґрунтування ефективності застосування мультимодальних перевезень у транспортному процесі агропромислового комплексу в умовах воєнного стану та визначення особливостей їх реалізації в Львівській області.

Транспортний процес в агропромисловому комплексі являє собою сукупність взаємопов'язаних операцій, спрямованих на переміщення сільськогосподарської продукції з мінімальними витратами ресурсів і часу. У мирний період домінуючу роль у перевезеннях відіграє автомобільний транспорт, що забезпечує гнучкість і доступність доставки. Проте в умовах воєнного стану така модель виявляється недостатньо ефективною через перевантаження дорожньої мережі та обмеження її пропускної здатності [3].

Львівська область, як прикордонний регіон, виконує функцію ключового логістичного вузла, через який здійснюється значна частина експортно-імпортних операцій аграрної продукції. У зв'язку з блокуванням традиційних морських маршрутів відбулося суттєве зміщення вантажопотоків у західному напрямку, що призвело до зростання навантаження на транспортну інфраструктуру регіону [5].

У зазначених умовах мультимодальні перевезення набувають особливої актуальності. Їх сутність полягає у використанні кількох видів транспорту в межах єдиного логістичного ланцюга за умови централізованого управління перевезенням. Найбільш поширеною для досліджуваного регіону є схема «автомобільний транспорт – залізничний транспорт», яка дозволяє поєднати мобільність автотранспорту з високою провізною здатністю залізниці [2].

Застосування мультимодальних перевезень забезпечує низку переваг. По-перше, відбувається зниження експлуатаційних витрат за рахунок використання більш економічних видів транспорту на довгих дистанціях. По-друге, підвищується стійкість логістичних систем до зовнішніх впливів, оскільки з'являється можливість оперативної зміни маршрутів. По-третє, забезпечується більш раціональне використання транспортної інфраструктури [4].

Разом з тим, розвиток мультимодальних перевезень стримується низкою факторів, серед яких недостатній рівень розвитку транспортно-логістичної інфраструктури, обмежена пропускна здатність прикордонних переходів та недосконаліть нормативно-правового забезпечення. В умовах воєнного стану ці проблеми загострюються, що вимагає комплексного підходу до їх вирішення [3].

Перспективним напрямом підвищення ефективності транспортного процесу є впровадження цифрових технологій управління. Використання інформаційних систем дозволяє забезпечити інтеграцію різних видів транспорту в єдину логістичну систему, підвищити рівень контролю за перевезеннями та зменшити часові витрати на обробку вантажів [2].

Таким чином, мультимодальні перевезення виступають важливим інструментом адаптації транспортного процесу в АПК до умов воєнного стану, забезпечуючи підвищення ефективності та надійності логістичних операцій.

У результаті проведеного дослідження встановлено, що в умовах воєнного стану транспортний процес в агропромисловому комплексі зазнає суттєвих змін, пов'язаних із трансформацією логістичних потоків та зростанням навантаження на інфраструктуру. Обґрунтовано, що мультимодальні перевезення є ефективним напрямом підвищення стійкості транспортних систем. Для Львівської області їх розвиток має стратегічне значення, оскільки сприяє забезпеченню експортного потенціалу аграрного сектору та інтеграції у європейські транспортні мережі.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про правовий режим воєнного стану». – Київ, 2015 (зі змінами).
2. Коваленко І.В. Логістика в аграрному секторі України. – Київ: Аграрна наука, 2019.
3. Бойко В.С. Організація перевезень у сільському господарстві. – Львів: Сполом, 2020.
4. Григор'єв О.В. Організація мультимодальних перевезень. – Київ: Логос, 2021.
5. Державна служба статистики України. Транспорт і логістика в Україні. – Київ, 2022.

138. Гнатюк О. Ф., Гнатюк Д. А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ІННОВАЦІЙНИЙ ВІБРОУДАРНИЙ МЕХАНІЗМ ДЛЯ СПОРОЖНЕННЯ ВАНТАЖНИХ ЄМНОСТЕЙ

Анотація: У зв'язку з ростом об'єму перевезень насипних вантажів автомобільним транспортом потребується підвищення рівня механізації і автоматизації вантажно-розвантажувальних робіт. Для механізації процесів розвантаження в останні роки створенні різні потужні високопродуктивні розвантажувальні машини оригінальних конструкцій (автомобілеперекидачі, віброплощадки, елеватори, тощо). Це надає можливість прискорити розвантаження, знизити затрати і скоротити наднормативні простої автомобілів-самоскидів під розвантаженням.

Ключові слова: віброударне навантаження, гідропривод, клапан-пульсатор.

Постановка проблеми. Впроваджені рекомендації діагностики техніко-технологічних показників роботи розроблені практичні рекомендації по розробці і проектуванні нової конструкції гідроімпульсного привода розвантажувального пристрою для транспортних засобів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

– обґрунтувати доцільність використання вібрацій і ударів та визначити переваги і недоліки існуючих типів віброприводів, що можуть бути використані для підвищення ефективності процесів розвантаження транспортних засобів;

– обґрунтувати вибір конструктивних схем та розробити на їх базі новий гідроімпульсний привод віброударного пристрою для підвищення ефективності розвантаження кузовів-самоскидів транспортних засобів;

Формулювання цілей.

- набули подальший розвиток та застосовані основні положення резонансно-структурної теорії щодо поведінки навалочних вантажів під дією вібрацій і ударів;

- вперше розроблена математична модель гідроімпульсного привода віброударного пристрою у вигляді систем нелінійних диференціальних рівнянь, які відображають взаємозв'язок між основними періодами робочого циклу спрацювання запірних елементів автоматичного розподільника з певними початковими та граничними умовами;

Об'єкт дослідження – пристрої для вібраційного і віброударного розвантаження транспортних засобів.

Предмет дослідження – гідроімпульсний привод віброударного пристрою для розвантаження кузовів-самоскидів транспортних засобів.

Методи дослідження. До основних методів дослідження входить математичне моделювання процесів в гідроімпульсному приводі віброударного пристрою з урахуванням його конструкційних особливостей і режимів роботи на основі нелінійних диференціальних рівнянь механіки руху твердого та рідинного тіла з використанням числових методів їх розв'язання для визначення в аналітичній і графічній формі основних параметрів гідроімпульсного привода віброударного пристрою і ефективних режимів розвантаження сипучих, великокускових і змерзлих вантажів за допомогою віброударного пристрою. Наукова новизна одержаних результатів.

Наукову новизну складають такі основні її результати і положення:

- набули подальший розвиток та застосування основні положення резонансно-структурної теорії щодо поведінки навалочних вантажів під дією вібрацій і ударів;

- вперше розроблена математична модель гідроімпульсного привода віброударного пристрою у вигляді систем нелінійних диференціальних рівнянь, які відображають взаємозв'язок між основними періодами робочого циклу спрацювання запірних елементів автоматичного розподільника з певними початковими та граничними умовами;

На рис. 1, а показано схематичне розташування вузлів гідроприводу, на рис. 2, б гідравлічна схема приводу вібраційного розвантажувача автомобіля-самоскида, на рис. 2. в конструктивна схема вмонтованого клапана-пульсатора гідропривода вібраційного розвантажувача автомобіля-самоскида. [2].

Запропоновано використовувати базовий гідропривод автомобіля-самоскида, в якому за рахунок створення в додатковому робочому вібраційному гідроциліндрі 5 пульсуючого тиску від загального гідронасоса 18, за допомогою спеціального віброзбуджувача, або клапана-пульсатора [3], досягається можливість створення вібрацій кузова 16, що призводить до одночасного його очищення і розвантажування .

Пристрій працює наступним чином. Коли кузов 16 автомобіля-самоскида за допомогою телескопічного підйомного гідроциліндра 1 розвантажується, робоча рідина під тиском від загального гідронасоса 18 поступає в робочу порожнину вібраційного гідроциліндра 5 по магістралі 7 від напірної лінії 6, до якої підключений розподільний пристрій – кульковий однокаскадний клапан-пульсатор 14. Клапан-пульсатор періодично при досягненні заданого тиску, визначеного за розрахунковим значенням робочого зусилля плунжера 3 вібраційного гідроциліндра 5, з'єднує напірну магістраль 6 зі зливом 13 через дросель12.

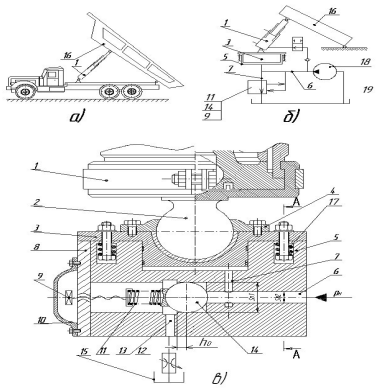


Рис.1. Гідропривод вібраційного розвантажувача автомобіля-самоскида:
а) схематичне розташування вузлів гідроприводу;
б) гідравлічна схема приводу вібраційного розвантажувача автомобіля-самоскида;
в)конструктивна схема вмонтованого клапана-пульсатора.

Принцип дії віброзбуджувача, що входить у данний запропонований пристрій гідропривода вібраційного розвантажувача автомобіля-самоскида, оснований на миттєвому збільшенні зусилля $P_{н1}$ відкриття його рухомого запірного елементу у виді кулькового клапану-пульсатора, яке створюється тиском p_1 на площі підйому $S_{п1}$ ($P_{н1}=p_1 \cdot S_{п1}$), до величини $P_{н2}$ ($P_{н2}>P_{н1}$). Це збільшення відбувається за рахунок ступінчастої зміни площі підйому від $S_{п1}$ до $S_{п2}$ ($S_{п2}>S_{п1}$) в момент порушення герметизації посадки запірного елементу на сідло. Зусилля $P_{н2}=p_1 \cdot S_{п2}$ перевищує зусилля налагодження пружини $P_{пр}=P_{н1}$, що притискає запірний елемент клапана до сідла вібраційного гідроциліндра у вихідному положенні, і може утримувати його у відкритому стані, забезпечуючи доступ рідини із напірної лінії на злив протягом часу падіння тиску в гідросистемі до величини p_2. При цьому тискові зусилля на запірному елементі зменшиться до значення $P_{н1}=p_2 \cdot S_{п2}$ і пружина 11 зможе повернути його у вихідне положення, притиснувши до сідла вібраційного гідроциліндра. Для попередньої оцінки конструктивних параметрів віброзбуджувачів із зворотним зв'язком по тиску можна використати співвідношення [5]:

$$p_1 \geq P_{пр} \geq p_2 S_{n2},$$

Звідки

$$p_2 = p_1 \frac{S_{n1}}{S_{n2}} = p_1 \frac{d^2}{D^2}.$$

Теоретичне дослідження динаміки робочого циклу вібророзвантажувача автомобіля-самоскида

Розглянемо закон руху плунжера 3 при русі вверх. Знайдемо сили реакції опори в шарнірі 2 підйомного телескопічного гідроциліндра 1 і плунжера 3. На рис. 2 зображена схема для знаходження сил реакції опори в шарнірі 2, де кузов 16 знаходиться у положенні розвантаження. Де l – довжина телескопічного підйомного гідроциліндра 1, L – довжина кузова 16, α – кут на який відкрився кузов 16 автомобіля-самоскида, β – кут нахилу підйомного телескопічного гідроциліндра 1. Загальне рівняння руху плунжера 3, рис. 3:

$$(m_n)\frac{d^2 y}{dt^2} = p_ц(y,t)S - \sum R - F_y, \qquad (1)$$

де $p_ц(y,t)$ - поточне значення тиску в порожнині гідроциліндра у вібророзвантажувача (y і t – поточні координати положення кузова 16 і підйомного телескопічного гідро циліндра 1 та часу); $m_п$ – маса плунжера 3; m - маса підйомного телескопічного гідроциліндра 1; M - маса кузова із залишками вантажу 16; $\sum R$ – сумарна сила опору, яка складається із сили $R_{пр}$ стискання пружин 17 на рис. 1в, сил тертя $R_{тр}$ у рухомих з'єднаннях і в'язкого опору руху; F_y – сила реакції опори 2 підйомного телескопічного гідроциліндра 1 на плунжер 3, що з'єднаний із кузовом 16.

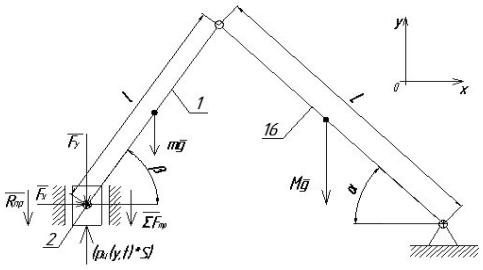


Рис. 2. Розрахункова схема реакцій опори в шарнірі 2 телескопічного підйомного гідроциліндра 1 і вібророзвантажувача.

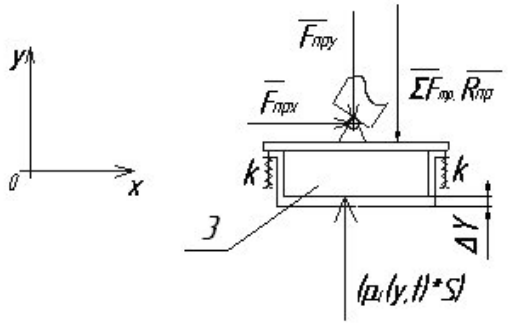


Рис. 3. Розрахункова схема для дослідження закону руху плунжера 3 вібророзвантажувача

Тиск $p_ц(y,t)$ залежить від зміни об'єму рідини у робочій порожнині вібраційного гідроциліндра 5 вібророзвантажувача по мірі руху вверх плунжера 3:

$$p_ц(y,t) = \frac{\Delta V}{V_o} E_{пр}, \qquad (2)$$

де ΔV - сумарна зміна об'єму рідини в гідросистемі за рахунок деформації напірних трубопроводів, вібраційного гідроциліндра і самої рідини; V_o - початковий об'єм рідини в гідросистемі (у вібраційному гідроциліндрі і у підводящих трубопроводах, що відповідають початку руху плунжера 3); $E_{пр}$ - приведений модуль пружності системи.

Висновоки з досліджень й перспективи

Нові конструкції вібраційних приводів, які розширюють технологічні можливості автомобільного транспорту можуть знайти своє призначення у народному господарстві.

Завдяки простоті регулювання параметрів вібрацій, гвинтовим з'єднанням, ми отримали простоту регулювання параметрів вібрацій, компактність конструкції. Застосування однокаскадного клапана-пульсатора в якості регулювальної апаратури дає можливість збільшення потужності і одночасно спрощує конструкцію гідропривода вібраційного розвантажувача автомобіля-самоскида.

Список використаних джерел

1. Іскович-Лотоцький Р. Д., Матвеев І. Б., Крат В. А. (1982). [Машини вібраційного і віброударної дії]. Київ: Техніка. 208 с.
2. Іскович-Лотоцький Р. Д., Іванчук Я. В. (2007) [Дослідження динаміки процесу роботи універсального гідравлічного віброудраного приводу для розвантаження транспортних засобів]. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямом «Інженерна механіка»).Луцьк. № 20. С. 184 – 187.
3. Iskovych-Lototsky, R., Zelinska, O., Ivanchuk, Y., Veselovska, N. (2017) [Development of the evaluation model of technological parameters of shaping workpieces from powder materials]. East European Journal of advanced technologies. 2(85). Pp 43 –46.

139. Фокін В. Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСУ ОБКАТУВАННЯ КАПІТАЛЬНОВІДРЕМОНТОВАНИХ АГРЕГАТІВ ГІДРОПРИВОДУ

Оскільки об'ємна гідропередача функціонує завдяки насосу, що генерує гідравлічну енергію, та гідромотору, який трансформує її у механічну роботу вихідного вала, зазвичай практикується поетапний підхід до тестування. Спершу проводять автономні випробування кожного агрегату окремо, а після цього аналізують роботу всієї системи в зборі [1-3].

Програма стендових випробувань об'ємної гідропередачі охоплює комплексне оцінювання надійності її компонентів та всієї системи загалом. Зокрема, здійснюється зняття зовнішніх характеристик агрегатів, аналіз пускових режимів, перевірка ресурсу та довговічності. Окрему увагу приділяють параметрам регулювання (діапазону швидкостей, стійкості роботи під навантаженням) та маневреності. Також передбачено тестування в умовах, максимально наближених до експлуатаційних, включно з аварійними сценаріями.

Під зовнішньою характеристикою об'ємної гідропередачі розуміють функціональну залежність крутних моментів на вхідному та вихідному валах, а також загального коефіцієнта корисної дії від частоти обертання вихідного вала [4, 5]:

$$M_n = f(n_2);\ M_м = f(n_2);\ \eta_{\text{п}} = f(n_2);$$

Технічний об’єкт після капітального ремонту суттєво відрізняється за структурою своїх компонентів від того, що був прийнятий на ремонтне підприємство (РП). Така відмінність зумовлена технологічною різнорідністю його складу, який після відновлення є комбінацією нових виробів, реставрованих вузлів та деталей зі слідами зносу, чий технічний стан ще дозволяє подальше використання

З огляду на вказані специфічні риси, критично важливим фінальним етапом капітального ремонту є обкатка. Вона являє собою експлуатацію відновлених вузлів та машин на стендах або в реальних умовах за визначених параметрів швидкості та навантаження. Ключова мета цього процесу — сформувати стабільний робочий контакт поверхонь у результаті їхнього припрацювання. Це супроводжується корекцією мікрогеометрії та зміною властивостей поверхневих шарів металу, що зрештою призводить до стабілізації температури, зниження втрат на тертя та мінімізації інтенсивності зносу

У нових виробах процес припрацювання спрямований на згладжування контактних поверхонь та формування оптимального мікрорельєфу, що відповідає специфічним режимам роботи конкретного з'єднання. Такий стан поверхні неможливо повноцінно забезпечити лише методами механічної обробки. Крім того, припрацювання дозволяє нівелювати похибки виготовлення деталей та неточності, що виникли під час збирання конструктивних вузлів.

Хоча суть припрацювання залишається незмінною, для відновлених машин цей процес стає головним індикатором якості виконаних ремонтних робіт. Через велику кількість похибок у сполученнях, що накопичуються під час ремонту, деталі потребують більше часу для адаптації. Відтак, за результатами обкатки робиться висновок про післяремонтну надійність та готовність об'єкта до експлуатації

Процедура обкатки більшості відновлених об'єктів складається з двох етапів: початкового випробування на стендах ремонтного підприємства та подальшої експлуатаційної обкатки в реальних умовах при знижених навантаженнях.

Під час стендової обкатки завершується базове формування мікрогеометрії поверхонь. Цей етап супроводжується інтенсивним абразивним зношуванням: через пластичні деформації відбувається зрізання та згладжування нерівностей. Як наслідок, спостерігається значне виділення тепла, активне спрацювання матеріалу та розширення складальних зазорів у з’єднаннях.

Ефективність мащення на цьому етапі є мінімальною, оскільки значна висота мікронерівностей перешкоджає формуванню суцільного масляного шару, здатного повністю розділити поверхні тертя.

Тривалість стендової обкатки для різних типів з’єднань становить від 0,5 до 6,0 годин, а в окремих випадках може бути довшою.

Під час експлуатаційної обкатки завершується формування мікрорельєфу: початкова технологічна шорсткість трансформується в робочу. У цей період оптимізуються структурно-фазові характеристики поверхневих шарів, що забезпечує деталям високу твердість та антифрикційні якості. Це дозволяє вузлам витримувати пікові робочі навантаження. Паралельно зменшуються механічні втрати й інтенсивність зношування, стабілізуються зазори та нівелюються похибки взаємного розташування елементів.

Протягом початкових 20–30 годин експлуатаційної обкатки силові та кінематичні показники слід обмежувати до 60–75% від номінальних значень. На наступному етапі (тривалістю 50–60 годин) допускається поступове підвищення навантаження до 90–100%.

Застосування спеціалізованих обкатних мастил із додаванням активних присадок дозволяє прискорити процес стендових та експлуатаційних випробувань у 5–7 разів.

Список використаних джерел

1. Grynchenko O.; Alfyorov O. Mechanical Reliability. In Prediction and Management under Extreme Load Conditions; Springer Nature: Cham, Switzerland, 2020; 125p.
2. Гринченко А.; Алферов А. Основы прогнозирования и управления надежностью в условиях экстремальных нагрузок; ТОВ «Планета - Принт».: Харьков, Украина, 2017; 136с.
3. Гринченко А.С; Алферов А.И. Прогнозирование надежности элементов машин при случайном пуассоновском потоке экстремальных нагружений. Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». 2017, 7, 141–148.
4. Аврунін Г. А. Гідравлічне обладнання будівельних та дорожніх машин: підручник / (Г. А. Аврунін, І. Г. Кириченко, В. Б. Самородов); під ред. Г. А. Авруніна. – Харків: ХНАДУ, 2016. – 438 с.
5. Гідродинамічні муфти : методичні вказівки до практичних занять та завдання для виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Гідродинамічні передачі і приводи» / укладач О. І. Котенко. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 67 с.

140. Ісип Р.Ю. Сумський національний аграрний університет Суми, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЦИКЛІВ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ГНОЄЗБИРАЛЬНОГО ТРАНСПОРТЕРУ ТСН 2Б

Визначення оптимальних термінів проведення планових ремонтів та періодичності технічного обслуговування агрегату базувалося на критерії мінімізації питомих експлуатаційних витрат згідно з апробованою методикою [1]. Питомі витрати, корельовані з відповідною часткою середнього ресурсу, слугують базовим показником для регламентації строків виконання планово-попереджувальних робіт. У розрахунковій моделі враховано також інвестиційну вартість нового обладнання та сукупні видатки на забезпечення його функціональної придатності протягом усього життєвого циклу.

Математичну оцінку питомих витрат на проведення технічного обслуговування доцільно здійснювати на основі аналітичної залежності, що враховує сукупні експлуатаційні видатки в кореляції з фактичним наробітком агрегату [1]

$$C_{пит}\left(T_p\right)=\frac{C_{сум}\times T_p + C_a - \left(C_a - C_п\right)\times R\left(T_p\right)}{I\left(T_p\right)}, \qquad (1)$$

де

$$C_{сум}=E\frac{C_н}{t_p}+C_e\times \lambda_e + C_o, \qquad (2)$$

де E – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; $C_н$ – вартість нової машини, грн.; t_p – середньорічний наробіток машини, год.; T_p – термін проведення планового ремонту, год.; C_e – середня вартість усунення експлуатаційних відмов, грн.; λ_e – параметр потоку експлуатаційних відмов, 1/год.; C_a – середня вартість аварійного (позапланового) ремонту, грн.; $C_п$ – середня вартість планового ремонту, грн.; $F\left(T_p\right)$ – імовірність виникнення ресурсних відмов основних агрегатів машини на час проведення планового ремонту; $R\left(T_p\right)$ – імовірність безвідмовної роботи по ресурсних відмовах на час проведення планового ремонту; C_o – питомі витрати на технічне обслуговування, грн./год.

$$C_o = C_{ТО1}\left(\frac{1}{T_{ТО1}} - \frac{1}{T_{ТО2}} - \frac{1}{T_{ТО3}}\right) + C_{ТО2}\left(\frac{1}{T_{ТО2}} - \frac{1}{T_{ТО3}}\right) + \frac{C_{ТО3}}{T_{ТО3}}, \qquad (3)$$

де $C_{ТО1}$, $C_{ТО2}$ і $C_{ТО3}$ – вартість проведення 1-го, 2-го, 3-го технічних обслуговувань, грн.;

$T_{ТО1}, T_{ТО2}$ і $T_{ТО3}$ – терміни проведення ТО-1, ТО-2 і ТО-3, год.

$I\left(T_p\right)=\int_o^{T_p} R(t)dt$ – частина середнього ресурсу, яку була вироблено до проведення ремонту.

На основі аналітичної залежності (1) формується графічна модель, що ілюструє динаміку питомих витрат залежно від часових інтервалів реалізації планового ремонту. Дана візуалізація дозволяє прецизійно ідентифікувати оптимальний термін проведення відновлювальних робіт, що відповідає точці екстремуму — мінімальному рівню питомих експлуатаційних видатків.

Процедура оптимізації міжремонтних інтервалів та регламентації періодичності технічного обслуговування реалізована стосовно гноєзбирального агрегату моделі ТСН-2Б [2, 3]**.** Метою даного етапу є встановлення економічно обґрунтованих термінів проведення планових робіт для забезпечення максимальної експлуатаційної готовності обладнання.

Результати оцінки параметрів надійності дозволили апроксимувати функціональну залежність ймовірності безвідмовної роботи від сумарного напрацювання агрегату *R(t)*. Отриманий масив аналітичних даних послужив базою для подальших розрахунків експлуатаційних характеристик системи.

Одержані кількісні показники слугують базовим масивом вихідних даних для розрахунку функціональної залежності ймовірності безвідмовної роботи $R(T_p)$від тривалості міжремонтних циклів. Це дозволяє встановити кореляцію між надійністю системи та регламентованою періодичністю проведення планових відновлювальних робіт. R(800) = 0,71

Вихідні дані для розрахунку $C_{пит}$ такі:

E=0,1; $t_р$=720 год.; l_e=0,0113 1/год.; $C_н$=98000 грн.; C_a=6800 грн.; $C_п$ =5200 грн.; C_e=1800 грн.; $C_{ТО1}$ =2620 грн.; $C_{ТО2}$ =10110 грн.; $C_{ТО3}$=27440 грн.; $T_{ТО1}$=60 год.; $T_{ТО2}$=240 год.; $T_{ТО3}$=720 год.

Додатково проведено розрахунок питомих витрат для альтернативних інтервалів реалізації планового ремонту, а саме для наробітку 400 та 600 годин. При вказаних термінах величини фактично реалізованого ресурсу становлять $I_1(400)$=376 год. та $I_1(600)$=583 год відповідно. Розрахункові показники ймовірності безвідмовної роботи для зазначених експлуатаційних періодів ідентифіковані на рівні R(400) = 0,97 та R(600) = 0,78.

Графічна модель (рис. 1), розроблена на основі розрахункових показників і візуалізує функціональну залежність питомих витрат від періодичності обслуговування. Дана інтерпретація дозволяє наочно ідентифікувати оптимальний міжремонтний інтервал, що відповідає точці мінімальних фінансових видатків на підтримання працездатності агрегату.

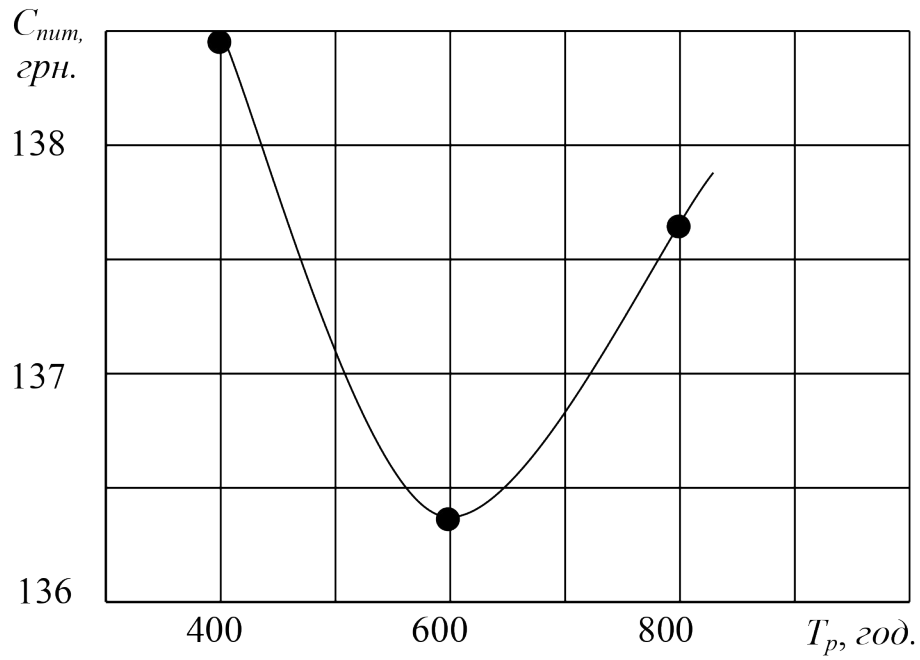


Рис. 1. Графік залежності питомих витрат від терміну планового ремонту

На основі розрахованих прогнозних характеристик надійності було проведено процедуру оптимізації міжремонтних циклів. Результати аналізу дозволили встановити економічно обґрунтовану періодичність реалізації планово-попереджувальних ремонтів транспортера на рівні 600 годин напрацювання.

Список використаної літератури.

1. Гринченко О.С.; Кухтов В.Г.; Алфьоров О.І. Надійність машин: Практикум; ТОВ «Планета - Принт».: Харьков, Украина, 2018; 140с.

2. Машиновикористання техніки в тваринництві: навчальний посібник для виконання лабораторних робіт [Н.І. Болтянська, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр та ін.]. Мелітополь: ВПЦ «Люкс»., 2019. 180 с.

3. «Проектування та монтаж техніки агропромислового виробництва»: навчальний посібник з виконання лабораторних робіт / Н.І. Болтянська, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Б.В. Болтянський, С.В. Дереза. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. 246 с.

141. Халілов Н.Ф. Сумський національний аграрний університет Суми, Україна

ХАРАКТЕР ДЕФЕКТІВ ЕЛЕМЕНТІВ ГОЛОВНИХ ПЕРЕДАЧ

Головна передача конструктивно об'єднує в одному корпусі ведучу й ведену спірально-конічні шестерні, а також диференціал підвищеного тертя. Практика перших капітальних ремонтів цих агрегатів часто обмежувалася лише налаштуванням зазору в головній парі, що не потребувало повного розбирання всього вузла [1].

Основними дефектами, через які вибраковують ведучу шестерню головної передачі, є піттинг зубів, а також зношування посадкових шийок підшипників та шліцьових з’єднань. Статистика першого капітального ремонту свідчить, що непридатними виявилися 26,5% шестерень заднього моста та 21% — переднього. При цьому майже 60% усіх випадків браку спричинені піттингом, який найчастіше виникає внаслідок неправильного регулювання головної пари та відповідного зміщення плями контакту [1,2].

Близько 30% від загального обсягу браку припадає на зношування посадкової шийки діаметром 65 мм під конічний підшипник № 7313. Примітно, що пошкодження зубів піттингом зазвичай супроводжувалося зносом саме цієї шийки. Це дає підстави стверджувати, що некоректне регулювання головної пари негативно впливає і на стан посадкового місця Ø 65 мм. Водночас шийки діаметром 70 мм практично не зазнавали зношування.

Вибраковування ведучих шестерень через дефекти шліців притаманне здебільшого заднім мостам (10% випадків проти 3% у передніх). Таке інтенсивне зношування шліцьових з’єднань, ймовірно, зумовлене биттям елементів карданного вала заднього приводу. Додатковим негативним фактором є відсутність термічного зміцнення шліцьових пазів у фланцях, що контактують із ведучими шестернями.

Основними критеріями вибракування веденої шестерні є наявність піттингу на зубах або відсутність парної провідної шестерні (оскільки вони працюють у комплекті). Під час перших капітальних ремонтів рівень браку ведених шестерень становив 25,5% для заднього моста та 16% для переднього. Примітно, що ті шестерні, які були замінені лише через відсутність пари, залишалися цілком придатними до подальшої експлуатації [1,2].

Корпус головної передачі демонструє високі показники довговічності. Із вибірки у 530 одиниць (передні та задні мости) було вибракувано лише 4 вироби, а ще один випадок заміни зафіксовано безпосередньо під час експлуатації. Отже, до моменту першого капітального ремонту граничного стану досягли лише 5 корпусів (близько 1%). Основним дефектом стало зношування («розбивання») посадкових отворів під підшипники. Також було виявлено, що заміна високоміцного чавуну на сірий призводить до руйнування кришок корпусу вже після 2,0–3,0 тис. годин роботи.

Під час першого капітального ремонту спостерігається високий рівень браку фланців ведучої шестерні. Основними дефектами є зношування посадкової поверхні під сальник (70% усіх випадків) та деформація шліцьових пазів. При напрацюванні близько 5,5 тис. годин непридатними виявляються 48% фланців переднього моста та 53% — заднього. Масова вибраковка фланців заднього моста через знос шліців пояснюється віковим зношенням карданної передачі (дисбаланс, люфти в підшипниках), що призводить до критичного зростання динамічних навантажень на вузол [1,2].

Суттєвий розкид показників зношування шліцьових пазів (при коефіцієнті варіації 0,60–0,80) вказує на відсутність стабільності в умовах експлуатації цієї поверхні.

Причиною заміни опорних шайб сателітів є деградація їхніх поверхонь тертя. За результатами дефектування, непридатними виявилися 33% деталей у задніх мостах та 23% — у передніх.

Під час першого капітального ремонту фланець коробки диференціала демонтують вкрай рідко (зазвичай лише для спресовування підшипника). Рівень браку цих деталей є мінімальним і становить лише 1,5%. Головним фактором вибракування є деградація поверхонь тертя, що контактують із дисками.

Впровадження втулки в конструкцію сателіта диференціала відбулося вже під час серійного випуску. Порівняльний аналіз свідчить, що сателіти без втулок виходили з ладу значно частіше через утворення задирів у посадковому отворі під палець. Використання втулки дозволило суттєво збільшити експлуатаційний ресурс цього вузла.

Завдяки впровадженню бронзових втулок у конструкцію сателітів, випадків вибракування пальця диференціала під час перших капітальних ремонтів зафіксовано не було.

На всіх досліджених зразках техніки стакани підшипників мостів підлягали повторному використанню під час перших ремонтів. Оскільки зовнішні кільця конічних роликопідшипників залишалися в отворах стаканів, стан посадкових поверхонь перевіряли візуальним методом. Показники довговічності стакана цілком відповідають чинним нормативам.

Список використаних джерел

1. Кухтов В. Г. Довговічність деталей шасі колісних тракторів / Кухтов В. Г. – Харків : ХНАДУ, 2004. – 292 с.

2. Кухтов, В. Г. Конструктивні особливості та чинники, що визначають надійність карданних передач сільськогосподарських машин / В. Г. Кухтов, О. С. Гринченко, О. І. Алфьоров та ін. // Вісник ХНТУСХ ім. Петра Василенка. – 2011. – Вип. 110. – С. 29–35.

142 Рева С.В. Відокремлений структурний підрозділ «Глухівський агротехнічний фаховий коледж Сумського національного аграрного університету» м.Глухів, Україна.

ТРИБОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ

Тертя та зношування є фундаментальними фізичними процесами, що визначають довговічність, надійність і працездатність деталей сільськогосподарських машин. В умовах інтенсивної експлуатації аграрної техніки робочі органи постійно взаємодіють із ґрунтовим середовищем, яке характеризується наявністю абразивних частинок різної твердої фази, підвищеною вологістю, а також хімічною активністю. Це зумовлює складний характер руйнування поверхневих шарів деталей, що проявляється у вигляді різних механізмів зношування.

Зношування розглядається як процес поступового руйнування поверхневого шару матеріалу внаслідок механічної взаємодії контактуючих поверхонь при їх відносному русі. У сільськогосподарській техніці цей процес має багатофакторний характер і залежить від сукупності механічних, фізичних, хімічних та трибологічних чинників. Згідно з сучасними уявленнями трибології, інтенсивність зношування визначається не лише властивостями матеріалів, але й умовами контакту, режимами навантаження та характеристиками зовнішнього середовища.

У сучасній сільськогосподарській техніці стійкість є однією з ключових експлуатаційних характеристик, що визначає здатність машинно-тракторних агрегатів і технічних систем зберігати працездатність та заданий режим роботи під впливом внутрішніх і зовнішніх збурень. Це особливо важливо під час роботи агрегатів у змінних польових умовах, де нерівності поверхні, неоднорідність ґрунту та змінні навантаження суттєво впливають на динаміку руху. Недостатній рівень демпфування або його відсутність може призводити до підвищеної вібрації, втрати стійкості руху агрегату та виникнення резонансних явищ, що є особливо небезпечним для тракторів, ґрунтообробної та посівної техніки. У таких випадках зростає ризик передчасного зношування вузлів і механізмів, зниження якості виконання технологічних операцій та загального зменшення ефективності роботи сільськогосподарських машин [1, с. 185].

У процесі експлуатації сільськогосподарських машин найпоширенішими є такі види зношування: абразивне, адгезійне, втомне та корозійно-механічне. Кожен із зазначених типів має свої специфічні закономірності виникнення та розвитку, однак у реальних умовах вони часто діють одночасно, формуючи складний інтегрований механізм руйнування.

Абразивне зношування є домінуючим видом у ґрунтових умовах експлуатації. Воно виникає внаслідок контакту металевих поверхонь із твердими мінеральними частинками ґрунту (кварц, силікати тощо), які мають значно вищу твердість порівняно з матеріалом деталей. Механізм абразивного зношування включає мікрорізання, подряпування та пластичне деформування поверхневого шару. Інтенсивність цього процесу залежить від гранулометричного складу ґрунту, вологості, швидкості руху робочих органів та фізико-механічних властивостей матеріалу. Зі зменшенням твердості поверхні або

збільшенням концентрації абразиву спостерігається експоненціальне зростання інтенсивності зношування [2, с.19].

Адгезійне зношування виникає при безпосередньому контакті металевих поверхонь у разі недостатнього змащування або високого питомого навантаження. У зоні контакту відбувається утворення мікрозварювань між виступами поверхневих нерівностей, які при подальшому відносному русі руйнуються, що призводить до відриву частинок матеріалу. Даний процес супроводжується підвищенням температури в зоні тертя, що може сприяти локальній зміні структури матеріалу та погіршенню його механічних властивостей [3, с.515].

Втомне зношування характеризується накопиченням пошкоджень у поверхневому шарі матеріалу під дією циклічних навантажень. При багаторазовому проходженні навантаження в зоні контакту виникають мікротріщини, які поступово розвиваються і зливаються, утворюючи великі дефекти. Завершальною стадією є відшаровування частинок матеріалу. Даний вид зношування є типовим для деталей, що працюють у режимі повторно-змінних навантажень, таких як підшипникові вузли, шестерні та елементи трансмісії.

Корозійно-механічне зношування є наслідком одночасної дії механічного тертя та хімічно активного середовища. У сільськогосподарських умовах це може бути волога, агресивні компоненти добрив або ґрунтові розчини. Хімічні реакції на поверхні металу призводять до утворення оксидних плівок, які легко руйнуються під час тертя, прискорюючи процес зношування. Такий тип руйнування є особливо небезпечним для деталей, що працюють у вологому середовищі або під відкритим небом.

На інтенсивність процесів тертя та зношування значний вплив мають конструкційні, технологічні та експлуатаційні фактори. До конструкційних факторів належать властивості матеріалів (твердість, зносостійкість, структура), форма та геометрія деталей, а також наявність захисних покриттів. Технологічні фактори включають способи термічної та хіміко-термічної обробки, які дозволяють підвищити поверхневу твердість і зносостійкість матеріалів. Експлуатаційні фактори визначаються умовами роботи техніки, зокрема типом ґрунту, вологістю, температурою, швидкістю руху та рівнем навантаження.

Важливою закономірністю процесу зношування є нелінійна залежність інтенсивності руйнування від навантаження та швидкості ковзання. При перевищенні критичних значень цих параметрів відбувається різке зростання зношування, що пов’язано з переходом від нормального до катастрофічного режиму руйнування поверхні. Це пояснюється накопиченням тепла в зоні контакту та погіршенням умов змащування.

З метою підвищення довговічності деталей сільськогосподарської техніки застосовуються різні методи зміцнення поверхонь. Серед них найбільш ефективними є цементація, азотування, індукційне загартування, наплавлення зносостійких матеріалів, а також нанесення захисних покриттів (хромування, напилення). Дані методи дозволяють значно підвищити твердість поверхневого шару, зменшити коефіцієнт тертя та підвищити опір абразивному і адгезійному зношуванню.

Окрему роль відіграє раціональний вибір мастильних матеріалів, які зменшують безпосередній контакт металевих поверхонь і знижують інтенсивність адгезійного та втомного зношування. Крім того, важливим є регулярне технічне обслуговування сільськогосподарської техніки, що дозволяє своєчасно виявляти та усувати початкові стадії зношування.

У процесі експлуатації сільськогосподарських машин їхні робочі органи зазнають значного зношування, що зумовлюється умовами взаємодії з ґрунтовим середовищем, рослинними рештками та конструктивними особливостями машин. Характерною рисою такого зношування є переважання абразивного механізму, який виникає через наявність у ґрунті твердих мінеральних частинок, зокрема кварцу та силікатів. Додатково інтенсивність зношування посилюється внаслідок врізання робочих органів у ґрунт, тертя під час формування борозни, ударних навантажень при нерівномірній щільності ґрунту, а також переміщення абразивних частинок уздовж робочих поверхонь. У сукупності ці фактори сприяють прискореному спрацюванню елементів і зміні їх геометричних параметрів.

Лемеші плугів, лапи культиваторів і диски борін постійно взаємодіють із ґрунтом, що спричиняє мікрорізання та поступове зношування їхніх робочих поверхонь і зміну геометричних параметрів. Це, у свою чергу, призводить до зниження агротехнічної ефективності та зростання енергетичних витрат під час обробітку ґрунту. Основними чинниками зношування є контакт із твердими частинками ґрунту (піском, кварцом), мікрорізання поверхні, циклічні навантаження під час роботи, а також інтенсивне тертя при виконанні операцій розпушування ґрунту.

Ріжучі органи, такі як ножі косарок і ріжучі апарати жаток, піддаються складному абразивно-втомному зношуванню. Під час роботи вони функціонують у важких умовах високих швидкостей та періодичних ударних навантажень, що спричиняє поступове затуплення ріжучих кромок, утворення мікротріщин і викришування матеріалу. Додатково інтенсивність зношування значно зростає через контакт із рослинною масою, що містить абразивні домішки піску, пилу та частинок ґрунту. До основних причин зношування також належать високошвидкісне різання щільної та неоднорідної рослинної маси, нерівномірне навантаження на ріжучі елементи, вібрації під час роботи агрегатів, а також вплив пилового середовища, яке посилює абразивний ефект. Сукупність цих факторів призводить до інтенсивного руйнування ріжучих кромок і скорочення ресурсу робочих органів.

Елементи трансмісії, зокрема вали, шестерні та підшипники, працюють в умовах змінних (циклічних) навантажень і потребують стабільного формування мастильної плівки для нормального функціонування. Порушення її цілісності призводить до інтенсивного адгезійного та втомного зношування, яке проявляється у вигляді мікротріщин, задирів і поступового руйнування робочих поверхонь. Серед основних причин такого зношування слід відзначити недостатнє або нерівномірне змащування, що сприяє мікрозварюванню контактуючих поверхонь. Значний вплив мають також циклічні навантаження, які викликають накопичення втомних пошкоджень і утворення мікротріщин у металі. Окрему роль відіграє контакт зубців шестерень при високих навантаженнях і недостатній товщині мастильної плівки, що посилює тертя та пришвидшує руйнування поверхневих шарів деталей.

Окрему групу складають деталі, що експлуатуються у вологому або агресивному середовищі, зокрема штоки гідроциліндрів. Для них характерний процес корозійно-механічного зношування, який є результатом одночасної дії хімічно активного середовища та механічного тертя ущільнювальних елементів. Додатковими чинниками інтенсифікації зносу є постійний контакт із вологою, проникнення агресивних домішок (солей, кислот, абразивних частинок), циклічні переміщення штока, а також порушення цілісності захисних покриттів. У результаті виникає корозійне ураження поверхні, яке в поєднанні з тертям призводить до прискореного руйнування робочих поверхонь і зниження ресурсу деталей.

Таким чином, аналіз показує, що зношування робочих органів сільськогосподарської техніки має комплексний характер і визначається сукупністю абразивних, адгезійних, втомних та корозійних процесів. Розуміння цих закономірностей є необхідним для розробки ефективних заходів підвищення довговічності машин та зниження експлуатаційних витрат.

Список літератури

1. Рева С. В. Вплив демпфування на стійкість механічних систем. Collection of scientific papers «ΛΌГОΣ». Seoul, South Korea, 2025. С. 185–187.

2. Савченко В. М., Веремій Т. Б. Механізм абразивного зношування робочих органів посівних комплексів. Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability *:* матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С. 19–20.

3. Журавель Д. П., Гвоздовський О. М. Обґрунтування видів зношування енергетичних засобів та методів їх оцінки. *Технічне забезпечення* інноваційних технологій в агропромисловому комплексі *:* матеріали ІІ міжнар. конф. (Мелітополь, 2–27 листопада 2020 р.). Мелітополь, 2020. С. 514–520.

143. Бойко В.Б. Крупа А.В. Дніпровський державний аграрно-економічний університет м. Дніпро, Україна.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ І ПАРАМЕТРІВ ГАЗОДИЗЕЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДВИГУНА CUMMINS 6TAA 9.0-04L ТРАКТОРА CASE IH MX275

Постановка проблеми.

Сучасний розвиток аграрного виробництва супроводжується зростанням витрат на паливно-енергетичні ресурси, що безпосередньо впливає на собівартість сільськогосподарської продукції. Значна частка енергоспоживання припадає на тракторний парк, зокрема на потужні енергозасоби типу тракторів CASE, оснащених дизельними двигунами Cummins 6TAA 9.0-04L. Використання традиційного дизельного палива в умовах нестабільних цін та обмежених ресурсів обумовлює необхідність пошуку альтернативних шляхів підвищення ефективності їх роботи. Одним із

перспективних напрямів є впровадження газодизельних систем живлення, які дозволяють частково заміщувати дизельне паливо газоподібним, знижуючи витрати та покращуючи екологічні показники.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз наукових праць свідчить, що питання використання газодизельних двигунів є актуальним напрямом підвищення енергетичної та економічної ефективності транспортних і сільськогосподарських машин. У роботах вітчизняних дослідників розглядаються процеси сумішоутворення та вплив параметрів подачі газу на показники роботи двигуна. Зокрема, у дослідженні Полякова А.П. встановлено, що вдосконалення системи подачі газу у впускний колектор сприяє покращенню процесу сумішоутворення та підвищенню економічності циклу двигуна [1].

У фундаментальних працях з теорії двигунів внутрішнього згоряння відзначається, що використання альтернативних видів палива, зокрема природного газу, дозволяє зменшити питомі витрати дизельного палива та підвищити ефективність робочого процесу двигуна за умови оптимізації параметрів упорскування і сумішоутворення [2].

Крім того, сучасні дослідження систем живлення газодизелів підтверджують, що впровадження додаткової газової апаратури не потребує суттєвих змін конструкції базового двигуна, однак вимагає обґрунтування параметрів подачі газу та оптимізації системи керування для забезпечення стабільної роботи [3].

Разом з тим, незважаючи на наявність значної кількості досліджень, недостатньо уваги приділено адаптації газодизельних систем до конкретних моделей тракторних двигунів, зокрема Cummins 6TAA 9.0-04L, що працюють у змінних навантажувальних режимах, характерних для сільськогосподарського виробництва.

Метою дослідження є обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів газодизельної системи живлення двигуна Cummins 6TAA 9.0-04L тракторів CASE для підвищення їх паливної економічності, енергетичної ефективності та екологічних показників роботи.

Результати досліджень.

У результаті проведеного аналізу існуючих конструктивних рішень газодизельних систем живлення [4–6] обґрунтовано схему газодизельної системи двигуна Cummins 6TAA 9.0-04L трактора CASE IH MX275. Запропонована схема (рис. 1) передбачає інтеграцію додаткового газового контуру без суттєвого втручання у штатну дизельну систему, що забезпечує універсальність та можливість модернізації існуючої техніки.



Рис.1. Газодизельна система живлення двигуна Cummins 6TAA 9.0-04L трактора CASE IH MX275

1 – трактор CASE IH MX275; 2 – паливний насос високого тиску; 3 – регулятор витрати газу; 4 – змішувач;5 – балони; 6 – корзина кріплення балонів; 7 – витратний кран; 8 – манометр; 9 – редуктор високого тиску;10 – фільтр; 11 – редуктор-регулятор низького тиску; 12 – магістраль

На основі теоретичних досліджень встановлено, що ефективність роботи двигуна в газодизельному режимі визначається коефіцієнтом заміщення дизельного палива газом:

$$k = \frac{m_{газ}}{m_{диз}+m_{газ}} \quad (1)$$

де $m_{газ}$ і $m_{диз}$ – масові витрати відповідно газу та дизеля, кг/с, .

Паливна ефективність роботи двигуна оцінювалась за питомою ефективною витратою палива:

$$ge = \frac{G_{пал}}{N_e} \quad (2)$$

де $G_{пал}$ – сумарна витрата палива, кг/год

N_e – ефективна потужність двигуна, кВт.

Зміна ефективної потужності двигуна залежно від коефіцієнта заміщення та режиму роботи може бути представлена у вигляді функціональної залежності:

$$N_e = N_{e0} \cdot (1 - ak^2 + bk \cdot \varphi) \quad (3)$$

де N_{e0} – потужність двигуна в дизельному режимі, кВт;

k – коефіцієнт заміщення;

φ – коефіцієнт навантаження двигуна (0–1);

a, b – емпіричні коефіцієнти, що враховують умови згоряння.

Теоретичний аналіз показує, що при зростанні коефіцієнта заміщення спостерігається зниження витрати дизельного палива, однак надмірне збільшення частки газу призводить до погіршення умов згоряння та зниження потужності двигуна. Оптимум досягається при балансі між економією палива та стабільністю робочого процесу.

Встановлено, що оптимальне значення коефіцієнта заміщення знаходиться в межах k=0,3–0,4, що відповідає заміщенню дизельного палива на рівні 30–40 %. У цьому діапазоні забезпечується максимальна ефективність роботи двигуна без втрати потужності.

Визначено (рис. 2), що найбільш ефективна робота газодизельної системи досягається при середніх та високих навантаженнях двигуна (φ=0,6–0,9), що характерно для виконання основних польових робіт. У цих умовах забезпечується стабільне сумішоутворення, повніше згоряння палива та максимальне використання енергетичного потенціалу газу.

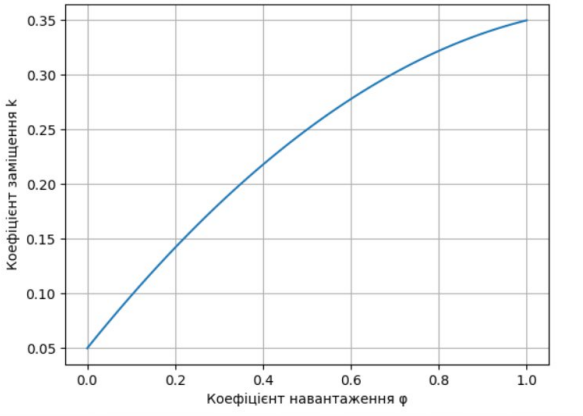


Рис.2. Залежність коефіцієнта заміщення k від навантаження двигуна φ

Додатково встановлено, що застосування газодизельного режиму роботи позитивно впливає на екологічні показники двигуна. Це обумовлено тим, що природний газ (метан) має нижчий вміст вуглецю та практично не містить сірки, що сприяє більш повному згорянню паливної суміші.

Теоретичний аналіз показує, що при оптимальному коефіцієнті заміщення k=0,3–0,4 досягаються такі зміни екологічних показників:

- зниження викидів оксиду вуглецю (CO) на 15–25 %;
- зменшення викидів незгорілих вуглеводнів (HC) на 20–30 %;
- зниження викидів твердих частинок (сажі) до 40–60 %;
- незначне збільшення або стабілізація викидів оксидів азоту (NOx), що пов’язано з підвищенням температури згоряння.

Поліпшення екологічних показників також підтверджується зменшенням коефіцієнта димності відпрацьованих газів, що є характерною ознакою більш повного згоряння палива. Таким чином, використання газодизельної системи живлення дозволяє не лише підвищити паливну економічність та енергетичну ефективність двигуна, але й істотно знизити негативний вплив на навколишнє середовище, що є важливим фактором у сучасних умовах розвитку сільськогосподарського виробництва.

Висновок. У результаті проведеного аналізу та теоретичних досліджень обґрунтовано доцільність впровадження газодизельної системи живлення для двигуна Cummins 6TAA 9.0-04L тракторів Case IH MX275. Встановлено, що оптимальне значення коефіцієнта заміщення знаходиться в межах k=0,3–0,4, що забезпечує зниження витрати дизельного палива до 30–40 % без втрати потужності двигуна. Доведено, що найбільш ефективна робота системи досягається при середніх і високих навантаженнях, характерних для польових робіт. При цьому спостерігається покращення екологічних показників двигуна за рахунок зниження викидів шкідливих речовин. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованого технічного рішення та його перспективність для використання в сільськогосподарській техніці.

Список використаних джерел

1. Поляков А. П., Маріянко Б. С. Дослідження впливу на показники газодизеля вдосконалення системи живлення застосуванням газовпускного пристрою // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2014. – № 2. – С. 1–6.

2. Долганов К.Е., Говорун А.Г., П'яничко О.І., та ін. Автомобілі з бензогазовими двигунами і газодизелі: особливості конструкції і техничного обслуговування. К.:Техніка, 1991. 128 с.

3. Шапко В. Ф. Двигуни внутрішнього згоряння. Основи теорії та динаміки: навчальний посібник. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2025. 209 с.

4. Система регулювання газодизеля: пат. 89683 Україні, (51) МПК(2009) F02D 19/00. Лінник Є.В., Бабенко П.Г., Манойло В.М., та ін.; заявка № a2008 02031 від 18.02.2008; опубл. 25.02.2010. Бюл. № 4.

5. Улексін В. О., Бабич А. С., Кухаренко П. М. Робота автотракторних дизелів на газі : навч. посіб. – Дніпропетровськ : ДДАЕУ, 2006. – 126 с.

6. Ковальов С.О., Назаренко К.С. Екологічні аспекти переобладнання дизелів у газодизелі. Науково-виробничій журнал. 2003. №5 (175). С. 15–18

144. Баранова О.В. Миколаївський національний аграрний університет м. Миколаїв, Україна.

ОЦІНКА МІЦНОСТІ ТА ДЕФОРМАЦІЙ ВУЗЛІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ТОМАТІВ

Проєктування та модернізація обладнання для переробки томатів потребують комплексного врахування сукупності взаємопов'язаних факторів, зокрема фізико-механічних властивостей сировини, параметрів технологічного процесу, заданого рівня продуктивності та показників економічної ефективності експлуатації. Функціонування систем сортування та миття має забезпечувати нормативно обґрунтований рівень очищення плодів і їх диференціацію за розмірними та якісними ознаками. Продуктивність технологічних ліній визначається масштабами виробництва та варіюється в широкому діапазоні – від сотень кілограмів до кількох тон сировини за годину.

Сучасні переробні підприємства висувають підвищені вимоги до точності реалізації технологічних операцій, що зумовлює необхідність підвищення конструктивної досконалості обладнання. Водночас машини харчової промисловості характеризуються значною матеріало- та енергоємністю, що обумовлює актуальність оптимізації їх конструктивних і режимних параметрів. Важливим аспектом є забезпечення відповідності параметрів обладнання фізико-механічним і технологічним властивостям томатної сировини. Традиційні технологічні схеми передбачають роздільну реалізацію процесів подрібнення та протирання, проте вплив конструктивних і режимних характеристик обладнання на інтегральні показники ефективності технологічних ліній досліджено недостатньо [1].

У цьому контексті обґрунтування раціональних конструктивних і режимних параметрів машин для протирання томатної м'якоті є визначальним етапом удосконалення технології виробництва томатного соку. Модернізація обладнання має бути спрямована на підвищення продуктивності та якості готової продукції за одночасного зниження енерговитрат і експлуатаційних витрат [2].

Запропоноване конструктивне рішення забезпечує інтенсифікацію технологічного процесу за рахунок інтеграції операцій подрібнення та протирання в межах єдиного робочого вузла. Для наукового обґрунтування його параметрів виконано аналіз напружено-деформованого стану основних елементів обладнання для переробки томатів [3, 6].

У таблиці 1 початкові дані для розрахунку напружено-деформованого стану робочих елементів пристрою для переробки томатів.

Визначимо колові напруження на барабані:

$$\sigma\theta = \frac{pR}{t} = \frac{0{,}05 \cdot 10^6 \cdot 0{,}15}{0{,}004} = 1{,}875 \text{ МПа} \quad (1)$$

Наступним кроком необхідно визначити поздовжні напруження:

$$\sigma_L = \frac{pR}{2t} = 0{,}94 \text{МПа} \quad (2)$$

Полярний момент опору тонкостінного циліндра:

$$Wp = \frac{\pi R^3 t}{2} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}15^3 \cdot 0{,}004}{2} = 16{,}5 \text{МПа} \quad (3)$$

Еквівалентне напруження визначається:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_\theta^2 + 3\tau^2}\sigma eq = \sqrt{1{,}875^2 + 3 \cdot 16{,}5^2} = 28{,}6 \text{ МПа} \quad (4)$$

Здійснюємо перевірку міцності: 28,6 МПа<140 МПа, отже, умова міцності виконується. Запас міцності ≈ 4,9. Визначимо згинальний момент:

$$M = F_r \cdot lM = 120 \cdot 0{,}12 = 14{,}4 \text{ Н·м} \quad (5)$$

Для подрібнювальних елементів згинальний момент:

$$M = Fr \cdot l = 120 \cdot 0{,}12 = 14{,}4 \text{ Н·м} \quad (6)$$

Момент опору для подрібнювальних пластин прямокутної форми:

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{0{,}04 \cdot 0{,}006^2}{6} = 2{,}4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \quad (7)$$

Визначаємо напруження згину:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{14{,}4}{2{,}4 \cdot 10^{-7}} = 60 \text{ МПа} \quad (8)$$

Кутова швидкість визначається:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 300}{60} = 31{,}4 \text{ рад/с} \quad (9)$$

$$Fc = m \cdot \omega^2 R = 0{,}25 \cdot 31{,}4^2 \cdot 0{,}15 = 37 \text{ Н} \quad (10)$$

Ця сила створює додаткове розтягуюче навантаження, яке незначно впливає на загальний напружений стан. Виконуємо перевірку міцності: 60 МПа <140 МПа. Умова міцності виконується. Запас міцності ≈ 2,3.

Таблиця 1. Початкові дані для розрахунку напружено-деформованого стану робочих елементів пристрою для переробки томатів

№	Параметр	Позначення	Значення	Одиниця виміру
	Протиральний барабан			
1	Радіус барабана	R	0,15	м
2	Товщина стінки	t	0,004	м
3	Довжина барабана	L	0,6	м
4	Внутрішній тиск сировини	p	0,05	МПа
5	Крутний момент	M	350	Н·м
6	Допустиме напруження матеріалу	[σ]	140	МПа
7	Модуль пружності сталі	E	$2{,}0 \cdot 10^{11}$	Па
8	Густина матеріалу	ρ	7800	кг/м³
	Подрібнювальний елемент			
1	Довжина вильоту ножа	l	0,12	м
2	Сила різання	Fr	120	Н
3	Ширина ножа	b	0,04	м
4	Товщина ножа	h	0,006	м
5	Частота обертання ротора	n	300	об/хв
6	Кутова швидкість	ω	31,4	рад/с
7	Маса ножа	m	0,25	кг
8	Радіус обертання	R	0,15	м
9	Допустиме напруження	[σ]	140	МПа

Аналіз результатів розрахунків показує, що протиральний барабан функціонує із значним запасом міцності, що свідчить про наявність потенціалу для оптимізації його конструкції, зокрема шляхом зменшення товщини стінки з метою зниження матеріаломісткості. Подрібнювальні елементи працюють у більш напружених умовах, що обумовлено дією згинальних навантажень, однак їх напружений стан не перевищує допустимих значень і відповідає критеріям міцності.

Раціональний вибір геометричних параметрів конструктивних елементів забезпечує необхідний рівень надійності обладнання за умов мінімізації металоємності та зниження енергетичних витрат [4, 5].

У таблиці 2 наведено порівняльний аналіз характеристик типового обладнання для переробки томатів та оцінку напруженого стану запропонованої вдосконаленої конструкції, таблиці 3 порівняння з типовими конструкціями.

Таблиця 2. Порівняльний аналіз характеристик типового обладнання для переробки томатів та оцінку напруженого стану запропонованої вдосконаленої конструкції

№	Параметр	Позначення	Розраховане значення	Одиниця
Протиральний барабан				
1	Колові напруження	σ_θ	1,88	МПа
2	Поздовжні напруження	σ_L	0,94	МПа
3	Крутні напруження	τ	16,5	МПа
4	Еквівалентне напруження	σ_{eq}	28,6	МПа
5	Допустиме напруження	$[\sigma]$	140	МПа
6	Коефіцієнт запасу	$n=[\sigma]/\sigma_{eq}$	4,9	–
Подрібнювальний елемент				
1	Згинальний момент	M	14,4	Н·м
2	Момент опору	W	$2{,}4\cdot10^{-7}$	м³
3	Напруження згину	σ	60	МПа
4	Відцентрова сила	Fc	37	Н
5	Допустиме напруження	$[\sigma]$	140	МПа
6	Коефіцієнт запасу	n	2,3	–

Таблиця 2. Порівняння з типовими конструкціями

Показник	Запропонована конструкція	Типова протиральна машина
Протиральний барабан		
Товщина стінки	4 мм	5–6 мм
Еквівалентні напруження	28–35 МПа	20–30 МПа
Коефіцієнт запасу	4,5–5	5–6
Матеріаломісткість	Знижена (~15–20%)	Підвищена

Жорсткість	Достатня	Надлишкова
Подрібнювальний елемент		
Показник	Запропонований ніж	Типова конструкція
Товщина ножа	6 мм	8–10 мм
Робочі напруження	~60 МПа	40–55 МПа
Коефіцієнт запасу	2–2,5	3–4
Маса елемента	Менша (~20%)	Більша
Інерційні навантаження	Менші	Більші

Результати проведених досліджень свідчать, що запропоноване конструктивне рішення забезпечує достатній рівень міцності та створює передумови для зниження металоємності без погіршення показників надійності. Встановлено, що конструкція функціонує в межах раціонального коефіцієнта запасу міцності (2–2,5), що відповідає нормативним вимогам до машин харчової промисловості та сприяє зменшенню енерговитрат за рахунок зниження інерційних навантажень.

Порівняльний аналіз показав, що вдосконалена конструкція характеризується такими перевагами: зменшення металоємності на 15–20 %; зниження інерційних навантажень ротора; забезпечення нормативного коефіцієнта запасу міцності; відповідність вимогам енергоефективності технологічного обладнання.

Список використаних джерел:

1. Babenko D., Dotsenko N., Gorbenko O. Justification of the design parameters of improved equipment for tomato processing // Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. 2025. Vol. 29(3). P. 9–22. DOI: 10.56407/bs.agrarian/3.2025.09.
2. Бабенко Д. В., Доценко Н. А., Горбенко О. А., Бацуровська І. В. Пристрій для отримання томатної пульпи з регульованим підбарабанням : патент на корисну модель № 155354 (21.02.2024). URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/17121 (дата звернення: 13.04.2026).
3. Бабенко Д. В., Доценко Н. А., Горбенко О. А. Механіка матеріалів і конструкцій. Частина 1: практикум для навчання на основі інтерактивного графічно-цифрового контенту : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2021. 162 с.
4. Mengistu D., Sharew T. A comprehensive review of tomato post-harvest losses: understanding impacts and contributing factors in Ethiopia // Advances in Sustainable Agriculture. 2024. Vol. 2. P. 525–535. DOI: 10.3923/asb.2024.525.535.
5. Haniva S., Iskandarini S. F. A. Analysis of tomato farmer income increasing strategies in Karo District, Indonesia // European Journal of Social Sciences Studies. 2023. Vol. 8. P. 207–218. DOI: 10.46827/ejsss.v8i6.1508.

145. Gorbenko O.A. Mykolaiv National Agrarian University Mykolaiv city, Ukraine.

DEVELOPMENT OF ENGINEERING SOLUTIONS FOR WATER SUPPLY SYSTEMS OF LIVESTOCK AND PROCESSING ENTERPRISES

The issue of providing livestock enterprises with water resources is one of the key areas of modern scientific research, as a stable water supply directly affects the efficiency of production processes in animal husbandry. It has been proven that insufficient or irregular water supply leads to digestive disorders in animals, reduced feed digestibility, and consequently a decline in productivity, especially under conditions of elevated temperatures [1].

Current research is focused on improving the efficiency of water resource use, since the livestock sector is a significant consumer of fresh water. In this context, indicators of water productivity are analyzed and factors influencing the rational use of water in various production systems are identified. A promising direction

is the modernization of wate ner pipelines, the use of storage tanks, and automated es and ensure continuous access for animals [2, 3].

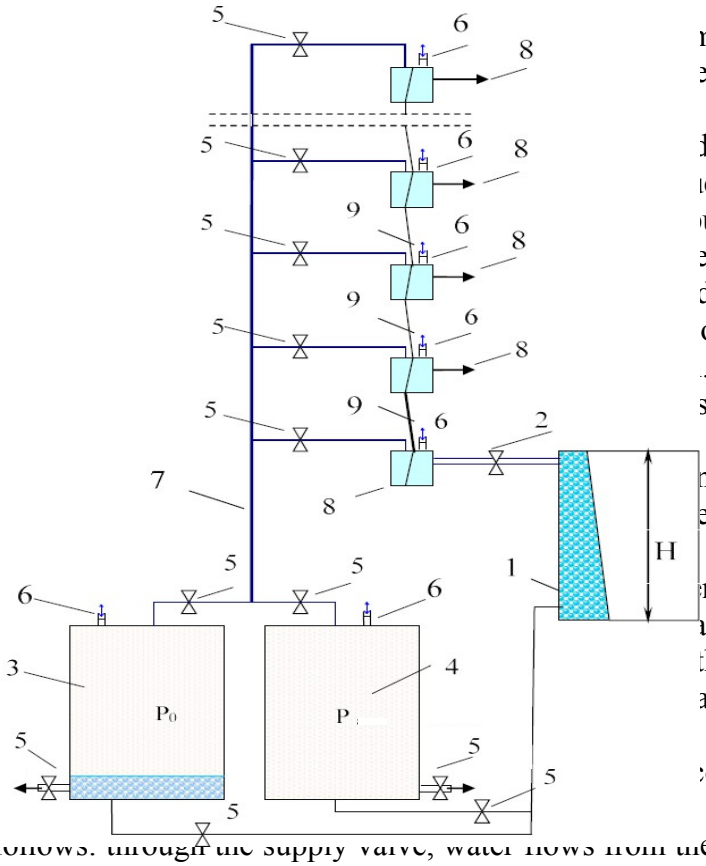
An important role is a l monitoring systems for water consumption, which ma ice operational costs.

In addition, increasing umping units that reduce electricity consumption er supply networks. The development of adaptive distribution depending on animal needs and environme ontinuous monitoring of water quality parameters, inc . The implementation of digital management platform stems across large-scale livestock facilities [4].

Special emphasis is p n systems and improved pipeline integrity monitoring. eveloped to ensure long-term environmental and econc

The proposed water-li ntal laws of hydrostatics, including Boyle-Mariotte's la ation ensures the creation of the required pressure in the he action of gravitational forces. In this case, the press ater supply network – or naturally – due to differences

For a clearer understa corresponding diagram is provided (Fig. 1).



The system operates as follows: through the supply valve, water flows from the pressure tank 1 into the transit container 2 and then into the reservoir 8. After filling, the system is sealed using valve 6, which ensures the necessary conditions for further operation of the equipment.

At the same time, the right base tank 3 is sealed and filled with water through a ball or screw valve 5. As a result, compressed air pressure is created inside the tank. $P_0 = P_{атм} + \gamma h$, where γ – the specific weight of water, and h – the height of the water column corresponding to the pressure head H.

Compressed air from the right base tank 3 is supplied through a ball or screw valve 5 into the compressed air pipeline 7, and further through the sealing or depressurizing valve 6 into the transit reservoir 8. Under the action of compressed air pressure, water is displaced from the reservoir through the pressure pipeline 9 into the next transit tank.

After the tank is filled, the system is sealed, and the water displacement cycle is repeated. In subsequent transit reservoirs, the process operates on the same principle, while each successive tank, starting from the second one, contributes to an increase in water pressure head $H = \gamma h$.

To ensure a continuous supply of compressed air to the system, the sequential and synchronous operation of two base tanks is provided – the right tank 3 and the left tank 4.

.

Fig. 1. Diagram of water-lifting equipment under livestock farm conditions:
1 – pressure tank, 2 – valve for filling the transit tank with water, 3 – right base tank, 4 – left base tank, 5 – ball or screw valve, 6 – sealing or depressurizing valve, 7 – compressed atmospheric air pipeline, 8 – transit reservoirs, 9 – pressure pipelines.

The proposed principle of pressure increase can be used not only for water supply systems but also for generating environmentally clean energy in high-head hydropower installations of various capacities. This expands the functional scope of the technology and allows its application in both agricultural and energy sectors. The utilization of pressure-based water movement provides a stable hydraulic regime and improves overall system efficiency.

The developed equipment operates in an automatic mode and does not require constant human intervention, which significantly increases its practical value. Automation of processes reduces operational risks, minimizes maintenance requirements, and ensures stable performance under variable load conditions. In addition, the system is capable of adapting to different operating environments without complex technical adjustments.

Therefore, it is considered promising for implementation in livestock farms, where ensuring the autonomy of water and energy supply systems is of particular importance. Reliable autonomous operation contributes to uninterrupted water supply for animals, which directly influences productivity and welfare conditions.

Furthermore, the use of such systems can reduce dependency on external energy sources and improve the sustainability of agricultural production. The integration of energy-efficient solutions also supports environmental objectives by reducing emissions and optimizing resource consumption. In the long term, the implementation of this technology may contribute to the modernization of farm infrastructure and the development of smart agricultural systems.

References:

1. Zhang Y., Lu X., Zhang X. Experimental investigation of critical suction velocity of coarse solid particles in hydraulic collecting // Acta Mechanica Sinica. 2021. Vol. 37. P. 613–619. DOI: 10.1007/s10409-020-01022-6.
2. Zacharchenko O. V. Assessment of waste formation and prospects for the introduction of environmentally friendly waste-free technologies in the field of animal husbandry // Scientific Bulletin of Polissia. 2018. № 11(3). P. 82–88.
3. Aryal R., Dokou Z., Malla R. B., Bagtzoglou A. C. Design optimization of a small-scale hydropower harvesting device // Structural and Multidisciplinary Optimization. 2020. Vol. 61(3). P. 1303–1318. DOI: 10.1007/s00158-019-02416-2.
4. Сидоренко М. П. Автоматизація процесів водозабезпечення у тваринницьких комплексах // Техніка і технології АПК. 2021. № 3. С. 44–50.
5. Petrova I., Ivanov S. Energy-efficient pumping systems for rural water supply // Renewable Energy. 2021. Vol. 173. P. 980–989. DOI: 10.1016/j.renene.2021.04.067.

146. Dotsenko N.A. Mykolaiv National Agrarian University Mykolaiv city, Ukraine.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF MELON SEEDS SEPARATION TAKING INTO ACCOUNT DESIGN AND TECHNOLOGICAL MODES

In modern vegetable growing and melon cultivation, ensuring production with high-quality seed material is one of the key factors of sector efficiency. The formation of a high-quality seed base requires the use of specialized technological solutions and machinery that enable the mechanization of seed extraction, cleaning, and preparation processes.

A central role in technological seed processing lines is played by separators designed to separate seeds from fruit pulp, as well as from various impurities and foreign inclusions. In the processing of vegetable and melon crops, particularly melon, such systems are part of complex technological lines that include fruit crushers, separation units

The main functi fruit mass while minimizing seed damag ors such as process productivity, seed losses ed damage.

Scientific researc nt progress in the development of equipme of design solutions and technological lines on, cucumber, and other crops, ensuring mo

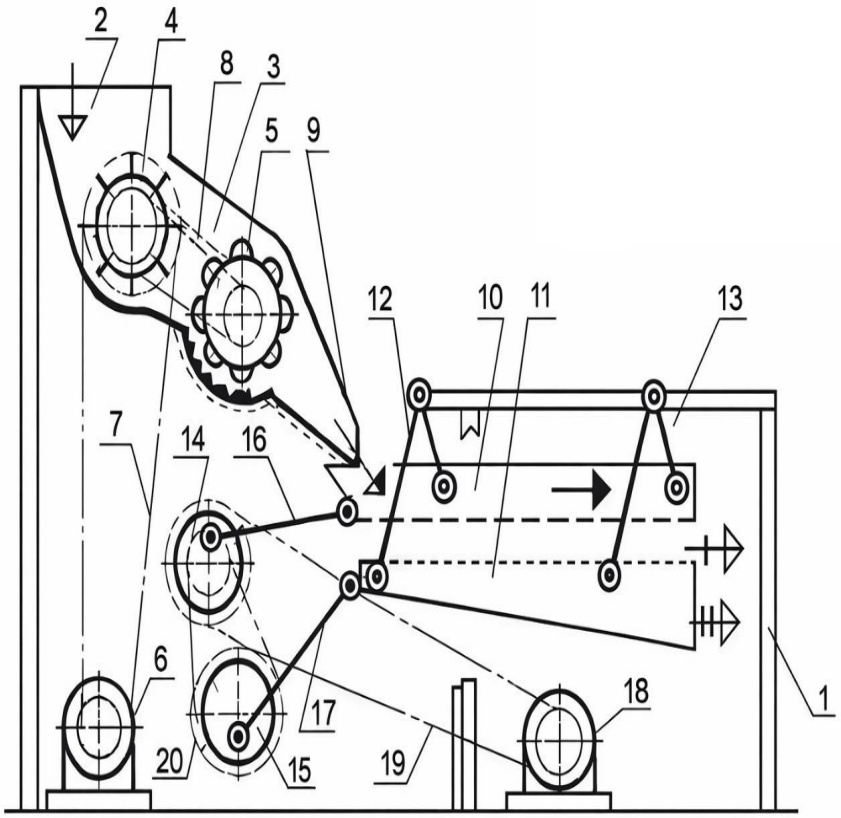
Thus, the analysi aimed at improving the efficiency of seed se he improvement of working element design, seed quality [2, 3]. This necessitates further fication of ways to increase its technologica

The aim of the s reduce the level of mechanical damage by uit juice, and small fragments of peel using rocess stability and improving the quality of

Figure 1 presents r for vegetable and melon crop seeds, which ed design enables a continuous processing fl

The seed extractio are delivered by a conveyor into the receiv ration of the fruits takes place, resulting in a

At the next stage, 4 and 5 toward the separation zone. This e e efficiency of the separation process.



Further, the mixture is fed onto the sieve of the separating screen 10, where the main separation of seeds from pulp and solid impurities occurs. Due to the oscillatory motion of the sieve, conditions are created for intensive screening and passage of seeds through the working surface.

The obtained seeds undergo additional cleaning from residual pulp and fine impurities, which improves their commercial quality. At the same time, coarse peel fractions and other waste materials are removed from the working zone for further disposal or reprocessing.

The proposed technological scheme reduces processing time and increases the productivity of the separation process. In addition, optimization of design parameters helps to reduce the mechanical impact on seeds, which is an important factor in preserving their sowing qualities.

The results of the study can be used in the design of new sieve-type separators and in the modernization of existing technological lines for processing vegetable and melon raw materials.

Fig. 1. Structural diagram of an experimental prototype of a separator for vegetable and melon crop seeds: 1 – frame; 2 – receiving hopper; 3 – crushing chamber; 4 – crushing drum; 5 – rubbing drum;6 – electric motor; 7 – V-belt drive; 8 – V-belt variator; 9 – chute; 10, 11 – sieve screens; 12, 13 – screen suspensions; 14, 15 – crank-and-rod mechanisms; 16, 17 – articulated rods; 18 – electric motor; 19 – V-belt drive; 20 – V-belt variator.

The size of the openings in the upper sieve for processing crushed melon fruits is 5×15 mm, which ensures effective initial separation of fractions during the separation process. During operation, large fragments of peel are removed from the processing zone through the surface of this sieve, forming the oversize product that is discharged from the working process.

Seeds, pulp, and fine fruit particles with sizes close to those of the seeds form the undersize fraction and are directed to the next cleaning stage. This material then enters the surface of the second screen 11, where further separation of components takes place.

During movement along the second sieve, the seeds together with impurities are transported to the final cleaning zone. At the same time, pulp, juice, and fine dispersed particles pass through the sieve openings, fall into a tray, and are subsequently removed from the working area by a pumping system, ensuring continuous operation of the technological process.

The conducted experimental studies made it possible to identify the main factors that significantly influence the performance quality of the sieve separator. These include the inclination angle of the sieve surface, vibration frequency, vibration amplitude, the angle of application of the excitation force, as well as the length of the working sieve surface.

Particular attention in the analysis was given to the dynamic operating parameters of the equipment, as they determine the intensity of the separation process and the degree of seed cleaning. It was established that vibration frequency and amplitude, as well as the length of the working sieve surface, have the greatest influence on efficiency.

As optimization criteria, the following indicators were selected: seed purity, level of mechanical damage, and seed losses. These parameters most comprehensively characterize the performance quality of the separation equipment and its technological efficiency.

As a result of experimental data analysis, optimal ranges of the main operating factors were determined, ensuring stable equipment performance. It was found that a vibration frequency of 9.0-42.0 s^{-1}, vibration amplitude of 24-32 mm, and a sieve working length of 1,2-1,6 m provide a rational balance between cleaning quality and seed losses.

Under these conditions, at a seed damage level of 4–6%, seed purity reaches 70-75% with losses of 6-7%, which is acceptable for such technological processes.

Additionally, it was established that in vibration separation mode, at frequencies above 30 s^{-1} and amplitudes greater than 35 mm (with a 10° excitation force angle), seed damage does not exceed 5%, while purity reaches 70-71%.

Meanwhile, in inertial separation mode, seed losses remain within 5-6%, indicating sufficient efficiency of the proposed design under different operating conditions.

The obtained results confirm the feasibility of further improving the structural and technological parameters of the sieve separator to enhance final seed quality and reduce losses during processing.

References:

3. Бабенко Д. В., Горбенко О. А., Доценко Н. А., Кім Н. І. Дослідження засобів механізації отримання насіння овоче-баштанних культур // Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2016. Вип. 4(92). С. 137–142.

4. Шебанін В. С., Атаманюк І. П., Горбенко О. А., Доценко Н. А. Визначення оптимальних параметрів машин для виділення насіннєвої маси овоче-баштанних культур // Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 2. С. 95–103. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-2(106)-11.

5. Горбенко О., Храмов М. Конструктивне рішення вдосконаленої машини для калібрування кабачків і огірків з розподільним пристроєм // Крамаровські читання: збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди 117-ї річниці від дня народження професора В. С. Крамарова (22–23 лютого 2024 р., Київ). Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2024. С. 336–339.

6. Smith J., Brown R. Advances in vibration screening technologies for agricultural separation processes // Biosystems Engineering. 2021. Vol. 210. P. 112–121.

7. Sokolov A., Petrenko I. Mechanical systems for seed extraction of cucurbit crops // Agricultural Engineering Today. 2022. Vol. 15(3). P. 45–52.

147. Макарець В.В. ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут» м. Ніжин, Україна.

МЕХАТРОННА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ГЛИБИНОЮ ВИСІВУ З АДАПТИВНИМ ЗВОРОТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ

Точність глибини загортання насіння є одним з ключових агротехнічних показників, що визначає дружність сходів, польову схожість та, як наслідок, урожайність сільськогосподарських культур. За результатами польових досліджень, відхилення глибини висіву від агротехнічно оптимальної на ±10 мм призводить до зниження врожайності зернових колосових на 4–8 %, а просапних культур — до 12 % [1]. В умовах інтенсифікації рослинництва та зростання робочих швидкостей посівних агрегатів (понад 10 км/год) класичні пасивні копірні системи на основі опорних коліс сошника не забезпечують необхідної точності регулювання глибини, особливо за значних коливань рельєфу та змін фізико-механічних властивостей ґрунту.

Метою роботи є обґрунтування структури та синтез алгоритму мехатронної системи автоматичного керування глибиною висіву з адаптивним зворотним зв'язком, здатної в реальному часі стабілізувати глибину ходу сошника за наявності параметричних збурень агрофону.

Аналіз сучасних технічних рішень свідчить, що провідні світові виробники посівної техніки впроваджують системи електрогідравлічного довантаження сошникових секцій із задаванням сили притиску (пневмо- або гідроциліндри з пропорційним керуванням). Водночас такі системи переважно використовують регулятори з фіксованими налаштуваннями, що обмежує їхню ефективність у змінних агроумовах [2]. Перспективним напрямом є застосування адаптивних методів керування, зокрема еталонної моделі MRAC та гібридних ПІД-регуляторів [3].

Запропонована мехатронна система включає три функціональні підсистеми. Вимірювальна підсистема об'єднує ультразвуковий сенсор відстані для виявлення рівня поверхні ґрунту перед сошником, датчик лінійних переміщень для контролю фактичного заглиблення робочого органу та тензометричний сенсор зусилля довантаження. Керуюча підсистема реалізована на мікроконтролері STM32F407, до якої входять модуль попередньої фільтрації сигналів, блок адаптації параметрів та формувач керуючого впливу. Виконавча підсистема включає електрогідравлічний пропорційний розподільник і гідроциліндр одностороннього довантаження секції.

Динаміку сошникової секції у вертикальній площині подано лінеаризованим рівнянням другого порядку:

$$\frac{m \cdot d^2h}{dt^2} + \frac{b \cdot dh}{dt} + k \cdot h = Fa(t) - Fon(t) + d(t) \qquad (1)$$

де m — приведена маса секції, кг; b — коефіцієнт в'язкого опору, Н·с/м; k — еквівалентна жорсткість ґрунту, *Н/м; h(t)* — поточна глибина ходу сошника, м; *Fa(t)* — керуюче зусилля актуатора, *Н; Fon(t)* — опір ґрунту, *Н; d(t)* — сумарні збурення (нерівності рельєфу, зміна твердості тощо).

Параметри k та Fon є апріорно невідомими і можуть змінюватися в широких межах протягом робочого проходу. Тому для синтезу закону керування застосовано схему адаптивного ПІД-регулятора з еталонною моделлю, у якій параметри налаштовуються градієнтним методом на основі функції Ляпунова:

$$u(t) = Kp(t) \times e(t) + Ki(t) \int e(t)dt + Kd(t) \times \frac{de}{dt} \quad (2)$$

де $e(t) = hз(t) - h(t)$ — похибка регулювання глибини; адаптація коефіцієнтів виконується за законом:

$$\frac{dKp}{dt} = \gamma p \times e(t) \times \gamma м(t), \quad (3)$$

де γp — коефіцієнт швидкості адаптації; $ум(t)$ — вихід еталонної моделі. Аналогічно формуються закони адаптації для коефіцієнтів Ki та Kd.

Імітаційне моделювання системи виконано за робочої швидкості 12 км/год, частоті синусоїдальних збурень 2 Гц та амплітуді нерівностей ±30 мм. Як еталонну задано глибину висіву 50 мм. Порівняння показників якості керування класичного ПІД-регулятора та запропонованої адаптивної системи наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняльні показники якості керування

Показник	Од. вим.	ПІД	MRAC-ПІД
СКВ похибки глибини	мм	8,2	3,1
Макс. динамічна похибка	мм	17,4	6,8
Час перехідного процесу	с	0,58	0,39

Як випливає з таблиці, застосування адаптивного закону керування дозволяє знизити середньоквадратичне відхилення глибини висіву у 2,6 раза та скоротити час перехідного процесу на 32,8 % порівняно з класичним ПІД-регулятором з фіксованими параметрами. Такий результат досягається за рахунок безперервного підстроювання коефіцієнтів регулятора до поточного стану агрофону.

Висновки. Запропонована мехатронна система автоматичного керування глибиною висіву з адаптивним зворотним зв'язком забезпечує стабілізацію глибини ходу сошника в умовах параметричних збурень та змінних фізико-механічних властивостей ґрунту. Результати імітаційного моделювання підтверджують доцільність її впровадження у сучасні посівні агрегати. Подальші дослідження доцільно спрямувати на експериментальну апробацію системи в польових умовах та її інтеграцію з бортовою телематикою ISOBUS за стандартом ISO 11783.

Список використаних джерел

1. Сисолін П. В., Сало В. М., Кропівний В. М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування : підручник. Київ : Урожай, 2002. 464 с.

2. Надикто В. Т. Основи агрегатування машинно-тракторних агрегатів : монографія. Мелітополь : Люкс, 2019. 234 с.

3. Лисенко В. П., Шворов С. А., Болбот І. М. Інтелектуальні системи керування біотехнічними об'єктами агропромислового комплексу : монографія. Київ : НУБіП України, 2018. 312 с.

4. Karayel D., Barut Z. B., Özmerzi A. Mathematical modelling of vacuum pressures on a precision seeder. Biosystems Engineering. 2004. Vol. 87, No. 4. P. 437–444.

5. Suomi P., Oksanen T. Automatic working depth control for seed drill using ISO 11783 remote control messages. Computers and Electronics in Agriculture. 2015. Vol. 116. P. 30–35.

6. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Каравела, 2020. 552 с.

148. Лисенко Р.Д. Вінницький національний аграрний університет м. Вінниця, Україна.

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГАЗОДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ПРИ РОБОТІ НА ЧОТИРЬОХКОМПОНЕНТНІЙ ДВОФАЗНІЙ СУМІШІ

Сучасні вимоги до енергоефективності транспортних засобів спонукають до пошуку раціональних режимів роботи двигунів на багатокомпонентних паливах [2]. Особливий інтерес викликає використання суміші біометану з рідкою фазою (етанол, бензин, біодизель), що потребує комплексного аналізу техніко-економічних показників (ТЕП) у всьому діапазоні навантажень [4].

Було запропоновано таку методику досліджень. Для розрахунку ТЕП використано імітаційну модель, що базується на інтегруванні показників робочого циклу та енергетичному балансі [1]. Основними параметрами оптимізації обрано:

- Склад паливної суміші: масові частки біометану (g_{bm}) та рідких компонентів (g_{et}, g_b, g_{bd}).
- Режимні параметри: частота обертання колінчастого вала (n) та ступінь навантаження (p_e).

Розрахунок техніко-економічної ефективності проводився за показниками питомої індикаторної витрати палива (g_i) та ефективного ККД (η_e), згідно з класичними методами термодинамічного аналізу [2].

В результаті моделювання режимів роботи, проаналізовано роботу двигуна на малих, середніх та повних навантаженнях [1]. Встановлено такі закономірності:

Таблиця 1 Вплив складу паливної суміші на основні техніко-економічні показники газодизельного двигуна на різних режимах навантаження

Режим навантаження	Оптимальна частка біометану	Зміна ККД (ηe)	Економія дизельного палива
Малі (до 30%)	15–20%	+1.5%	до 40%
Середні (40–70%)	30–50%	+3.2%	до 65%
Повні (80–100%)	25–40%	+2.1%	до 55%

Модель підтвердила, що на середніх навантаженнях використання чотирьохкомпонентної суміші забезпечує максимальний термодинамічний вихід за рахунок покращення фази швидкого згоряння, зумовленої фізико-хімічними властивостями етанолу та біометану [4].

За результатами багатовимірного аналізу та 3D-візуалізації встановлено:

1. Економічність: Заміна частини рідкого палива біометаном знижує експлуатаційні витрати на паливо на 12–18%, що корелює з перевагами конвертації дизелів у газодизельний цикл [3].
2. Енергетичність: Максимальна потужність при роботі на суміші становить 92–95% від номінальної, що підтверджує стабільність робочого процесу [1].
3. Екологічність: Сумарний викид CO_2 знижується на 10–14%, а сажоутворення суттєво зменшується на високих навантаженнях завдяки кисневмісним компонентам [4].

Розроблений інтерактивний інтерфейс дозволяє оператору вводити бажану частку біометану та отримувати миттєвий прогноз ТЕП. Можливість експорту результатів у формати CSV та Excel забезпечує швидку підготовку техніко-економічного обґрунтування.

Запропонована модель є ефективним інструментом для визначення раціональних режимів експлуатації газодизелів [1]. Найбільша економічна ефективність досягається в діапазоні середніх навантажень при вмісті газоподібної фази на рівні 40–50%.

Список використаних джерел.

1. Lysenko R. Mathematical simulation of the working process of the gas-diesel cycle in the cylinders of the Powertech 6068hf250 engine. Вібрації в техніці та технологіях. 2024. № 2 (113). С. 127–131.
2. Марченко А. П. та ін. Термодинамічний аналіз циклів двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», 2017. 240 с.
3. Boretti A. Advantages of converting diesel engines to run as dual-fuel natural gas-diesel. Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2017. Vol. 45. P. 232–248.
4. Performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with diesel/biodiesel/ethanol blends / J. Zheng et al. Fuel. 2015. Vol. 151. P. 132–141.

149. Ляшук О.Л., Гупка А.Б., Цьонь А.Б., Хорошун Р.В., Слободян Л.М. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль,Україна

ПІДВИЩЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ШНЕКОВИХ МЕХАНІЗМІВ КОНСТРУКТИВНИМИ МЕТОДАМИ

Інтенсивність зношування робочих поверхонь деталей машин, вузлів, агрегатів і механізмів суттєво впливає на їх експлуатаційний ресурс, надійність та безпечність роботи. Особливо актуальною ця проблема є для деталей автомобільного транспорту та сільськогосподарської техніки, які працюють в умовах значних навантажень, дії пилу, вологи, абразивного середовища та змінних режимів експлуатації. У таких умовах пари тертя зазнають інтенсивного механічного, абразивного та втомного

зношування, що призводить до погіршення технічного стану машин і збільшення витрат на ремонт та обслуговування.

Ефективне керування процесами тертя і зношування, а також вибір раціональних заходів для підвищення зносостійкості деталей є важливим завданням для автомобільного транспорту, аграрного виробництва та машинобудування. Трибологічну надійність і довговічність спряжених деталей необхідно забезпечувати ще на етапах проєктування, виготовлення та вибору матеріалів. Це дає змогу підвищити ресурс роботи вузлів тертя, зменшити ймовірність передчасних відмов і забезпечити стабільну роботу машин.

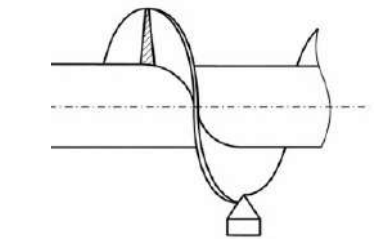
Найбільш відповідальними елементами шнекових механізмів є спіралі шнеків, оскільки вони безпосередньо взаємодіють із транспортованим матеріалом і сприймають основні навантаження. Поверхня гвинтової заготовки належить до складних гелікоїдальних поверхонь, які не розгортаються на площину без деформації. Тому технологічність конструкції гвинтових стрічок має велике значення, адже від способу їх виготовлення залежать залишкові напруження, рівномірність товщини, міцність периферійної зони та подальша зносостійкість [1].

У процесі експлуатації шнекових механізмів найбільш інтенсивно зношується периферійна частина гвинтової стрічки. Саме зовнішня кромка спіралі має найбільшу швидкість відносного переміщення, активно контактує з матеріалом і зазнає підвищених навантажень. Для сільськогосподарської техніки ця проблема є особливо важливою, оскільки робочі органи часто взаємодіють із зерном, ґрунтом, піском, рослинними рештками та іншими абразивними домішками.

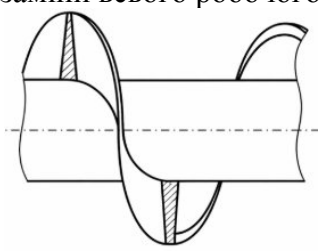
До основних шляхів підвищення надійності та довговічності шнекових механізмів належать: раціональний вибір матеріалу; механічна (рис. 1, а), термічна та хіміко-термічна обробка робочих поверхонь; наплавлення або напилення зносостійких покриттів; використання змінних або накладних елементів на периферії спіралі; виготовлення шнеків із мінімальною деформацією периферійної зони; збільшення товщини зовнішньої кромки та підвищення жорсткості конструкції (рис. 1, б).

Основним напрямком створення довговічних конструкцій із шнековими елементами є комплексний підхід, який враховує умови експлуатації, характер навантаження, властивості транспортованого матеріалу, режими роботи та технологію виготовлення. Для деталей автомобільного транспорту і сільськогосподарської техніки важливо не лише забезпечити міцність конструкції, а й підвищити опір робочих поверхонь абразивному та втомному зношуванню (рис. 2).

Використання змінних елементів периферійної частини спіралі є доцільним для техніки, яка працює в умовах інтенсивного абразивного зношування. Такі елементи можуть виготовлятися з матеріалів із підвищеною твердістю та зносостійкістю. Їх застосування дає змогу швидко відновлювати працездатність шнека без повної заміни всього робочого органа.



а



б

Рисунок 1 – Проточування периферії спіралі шнека (рис. 1,а) та її ущільнення (рис. 1,б)

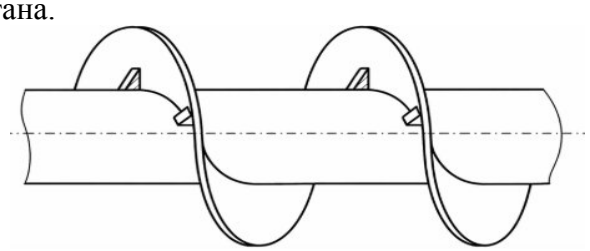


Рисунок 2 – Встановлення ребер жорсткості для великогабаритних шнекових механізмів

З метою зменшення розрихлення матеріалу спіралі шнека по зовнішньому діаметру застосовують навивання з мінімальною деформацією її периферійної частини [2]. Для цього з внутрішнього боку заготовки спіралі формують клиноподібні вирізи (рис. 3а) або виконують розрізи заготовки на задану висоту (рис. 3б). Одним із можливих способів підвищення зносостійкості та жорсткості периферійної зони спіралі є нанесення на її поверхню гумових чи полімерних покриттів, а також формування вигнутого профілю у вигляді полички (рис. 4) [3].

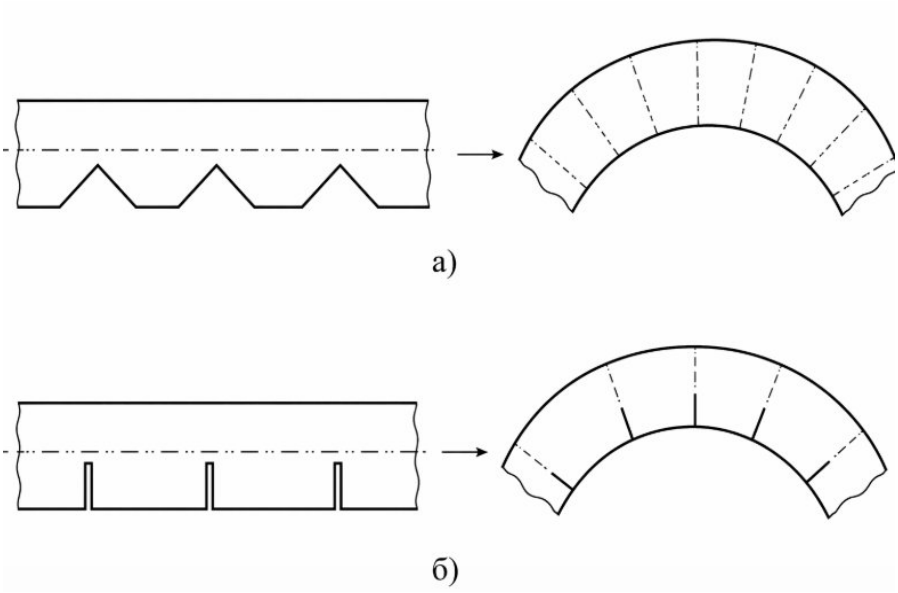


Рисунок 3 – Формування клинових вирізів та розрізання спіралі шнека для великогабаритних шнекових механізмів

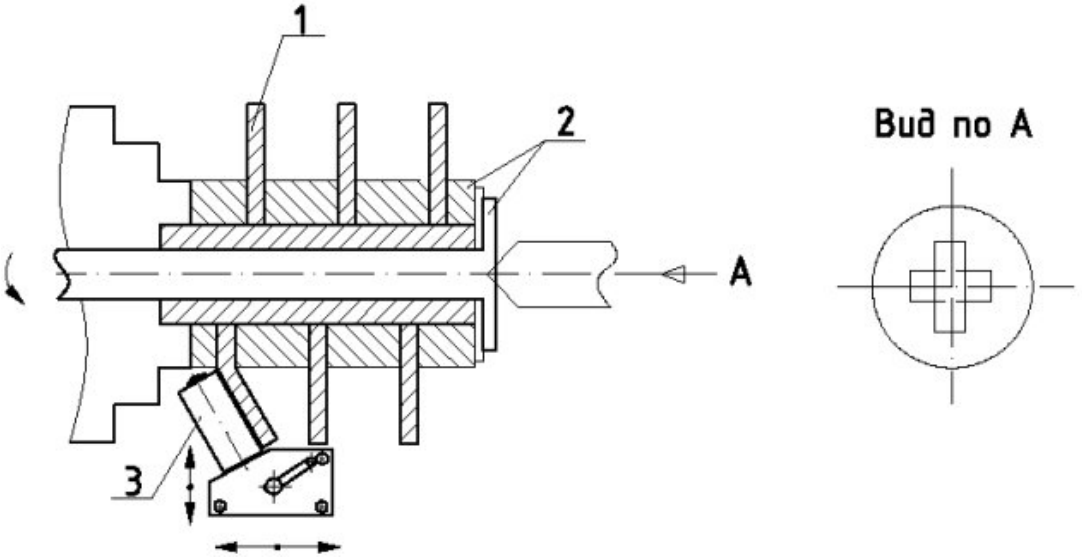


Рисунок 4 – Конструктивна схема пристрою для виготовлення вигнутого профілю на гвинтових заготовках: 1 – ГЗ; 2 - система кріплення ГЗ; 3 - формувальний інструмент

Порівняльні дослідження зносостійкості робочих поверхонь спіралей шнекових механізмів із застосуванням запропонованих конструктивних рішень проводили на спеціально розробленому стенді (рис. 5).

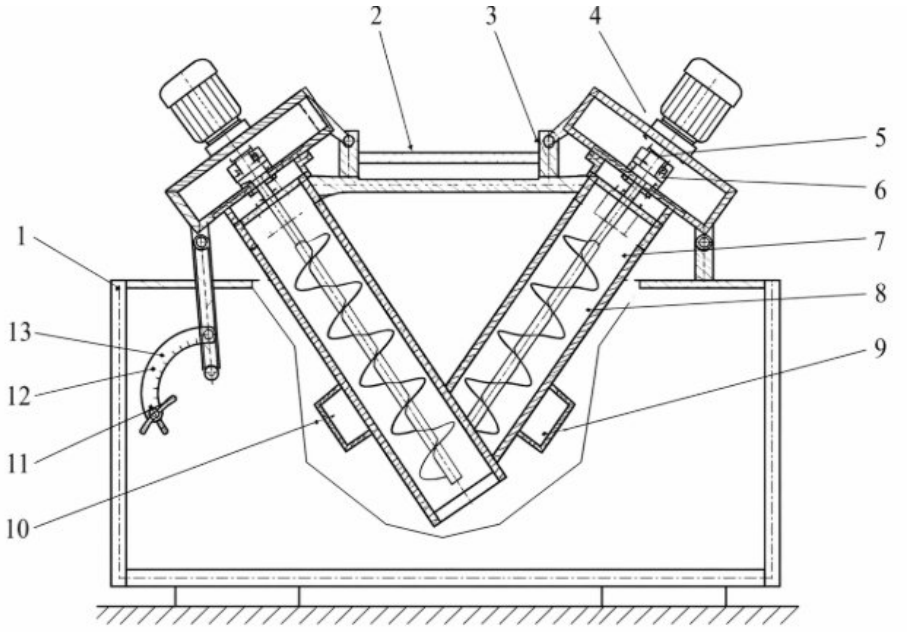


Рисунок 5 – Стенд для дослідження зносостійкості спіралей шнеків

Стенд складається з корпуса 1, до якого приварена опорна плита 2. З нею шарнірно з'єднані поворотні кронштейни 3, на яких розміщені електродвигуни 4, муфти 5, 6 та вали 7 зі встановленими спіралями шнеків 8. Спіралі розміщені в циліндричних трубах 9, жорстко закріплених на поворотних кронштейнах. У трубах передбачені навантажувальні вікна 10. Налаштування конвеєрів на необхідний робочий кут здійснюється за допомогою механізмів 11, 12, 13.

Запропоновані конструктивні методи підвищення трибологічної надійності шнекових механізмів були реалізовані під час виготовлення експериментальних зразків, які пройшли випробування на спеціальному стенді (рис. 5). Практика експлуатації таких механізмів підтвердила ефективність запропонованих рішень лише за умови якісного технологічного виконання та вибору оптимальних режимів роботи.

Список використаних джерел:

1. Аулін В.В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах: Монографія / В.В. Аулін. – Кіровоград : Видавець Лисенко В.Ф., 2014. – 370 С.

2. Пилипець М.І., Гевко І.Б., Лещук Р.Я. Дослідження неперервного процесу профілювання гвинтових стрічок / Автомітизація технологічних процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. Український міжвідомчий науково-технічний збірник, Львів, вип. №36, 2001. – 36-42 с.

3. Oleg Lyashuk, Maria Sokil, Yuriy Vovk, Anna Tson, Andrii Gupka, Oleksandr Marunych. (2018). Torsional oscillations of an auger multifunctional conveyor's screw working body with consideration of the dynamics of a processed medium continuous flow. Ukrainian Food Journal, 7(3), 499-510.

150. Лихіцький В. В., Рожко І. І., Полтавський державний аграрний університет м. Полтава, Україна.

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ МАЛОГАБАРИТНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ

Сучасний стан тваринництва вимагає інтенсифікації процесів підготовки високоякісних кормів. Одним із найбільш вживаніших енергетичних компонентів раціону тварин є кукурудза [1 – 2]. Проте її ефективне використання в умовах малих фермерських господарств обмежене через дефіцит малогабаритного та енергоефективного обладнання для первинної обробки.

Аналіз існуючих технологій свідчить, що у багатьох господарствах на сьогодні застосовуються застарілі технічні підходи. Зокрема, ручне очищення часто супроводжується значними втратами часу, нерівномірним відокремленням зерна, механічним пошкодженням тощо. Крім того, під час тривалих ручних операцій зростають втрати поживних речовин – частина зерна ушкоджується, забруднюється чи обсипається, що суттєво знижує якість фуражного матеріалу.

Більшість промислових моделей обладнання розраховані на великі підприємства, мають високу вартість і складні експлуатаційні вимоги. Це створює технологічний розрив між потужними агрохолдингами та дрібними виробниками, які змушені використовувати менш ефективні методи. Відсутність універсальних, компактних, енергоощадних та доступних рішень знижує загальну рентабельність фуражного виробництва та обмежує можливості покращення якості кормів на рівні фермерських господарств [3].

Запропонована нами установка базується на використанні вертикальної циліндричної робочої камери, де ключовим робочим органом є диск із закріпленими бичами, що приводиться в дію електродвигуном потужністю 3.0 кВт. Технологічний процес очищення реалізується шляхом інтенсивного механічного тертя качанів об бичі та їхньої взаємодії між собою під час обертання, що забезпечує ефективне відокремлення зерна та очищення від обгортки.



Загальний вигляд машини

Встановлено, що за умови дотримання робочих швидкостей у діапазоні 2000 – 3000 об/хв досягається ступінь очищення сировини на рівні 97–99%. Продуктивність машини складає від 350 до 550 кг/год при питомих витратах електроенергії 0,8 – 1,4 кВт·год на 100 кг обробленого матеріалу. Порівняльний аналіз із серійними аналогами типу MS-700CA підтвердив переваги розробленої конструкції в частині меншої металомісткості та вищої експлуатаційної зручності.

Таким чином, розроблена малогабаритна машина є перспективним рішенням для автоматизації процесів кормоприготування в умовах малих фермерських господарств, поєднуючи високу продуктивність із простотою конструкції.

Список використаних джерел

1. Бомко В.С., Сиваченко Є.В., Сметаніна О. В. Корми і кормові добавки та ефективність їх використання в годівлі тварин: навч. посібник. – Біла Церква, 2023. – 225с.

2. Полторак Д. Основні критерії годівлі сільськогосподарських тварин. Сучасні технології виробництва і переробки продукції тваринництва: матеріали ІІІ Всеукраїнської науково-практичної студентської конференції здобувачів (Одеса, 07 березня 2024 року). Одеський державний аграрний університет. Навчально-науковий інститут біотехнологій та аквакультури. Одеса, 2024. С.78 – 81.

3. Коробка В. В. Обґрунтування засобів механізації при вирощуванні кукурудзи на зерно з енергетичною оцінкою технологій: пояснювальна записка до дипломної роботи ОС «Магістр»: 208 «Агроінженерія». Науковий керівник Макаренко Дмитро. Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Інженерно-технологічний факультет. Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку. Дніпро, 2025. 82 с. Режим доступу : https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/1331

151. Калініченко Р.А. ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут» м. Ніжин, Україна.

ОСОБЛИВОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ ЗЕРНА

Значна частка зібраного врожаю зернових культур потребує післязбиральної термічної обробки, передусім сушіння, для забезпечення якісного тривалого зберігання. В Україні понад 50% зернового вороху характеризується підвищеною вологістю, що зумовлює необхідність його обов’язкового сушіння [1].

Теплове сушіння є складним нестаціонарним та енергоємним процесом, частка енергетичних втрат у якому може досягати до 55% від загального енергоспоживання. Підвищені енерговитрати в сучасних зерносушарках обумовлені нерівномірністю сушіння, низькою інформативністю систем контролю та недостатнім рівнем автоматизації. Більшість існуючих напівемпіричних і емпіричних моделей процесу сушіння ґрунтуються на спрощених припущеннях, не враховують зміну теплофізичних параметрів зерна та є справедливими лише в межах вузького діапазону режимних параметрів.

Метою дослідження є розроблення та ідентифікація математичної моделі кінетики нагрівання і сушіння зерна з урахуванням змінних теплофізичних властивостей матеріалу.

В основу досліджень покладено аналітично-експериментальний підхід. Як базову модель використано систему диференціальних рівнянь О.В. Ликова для тонкого шару зерна з урахуванням

нестаціонарності процесу та залежності коефіцієнта вологопровідності від температури і вологовмісту зернівки.

Для побудови моделі прийнято такі припущення: поля температури і вологості є однорідними за об'ємом зернини; потоки через поверхню описуються законом Ньютона для тепла і аналогічною залежністю для масопереносу; зернівку розглядаємо у вигляді кулі з еквівалентним радіусом.

Ефективний коефіцієнт вологопровідності суттєво залежить від вологовмісту і температури матеріалу та має дуже складний характер зміни. Використання існуючих громіздких емпіричних залежностей призводить до значного ускладнення розв'язку рівнянь.

Щоб уникнути цього, вперше запропоновано спрощену аналітичну залежність: прийнято припущення, що коефіцієнт сушіння змінюється прямопропорційно добутку температури на вологовміст матеріалу. Залежність має вигляд:

$$k_c(U,\theta) = k \cdot U(\tau) \cdot \theta(\tau). \quad (1)$$

Відповідно отримано замкнуту систему нелінійних диференціальних рівнянь, яка описує кінетику конвективного сушіння і нагрівання:

$$\frac{d\theta}{d\tau} = k_\theta\left(t_c - \theta(\tau)\right) + \varepsilon\frac{r_0}{c_z}\frac{dU}{d\tau}; \quad (2)$$

$$\frac{dU}{d\tau} = -k \cdot U(\tau) \cdot \theta(\tau)\left(U(\tau) - U_p\right); \quad (3)$$

Оскільки ця система аналітично не вирішується, для чисельних розрахунків було проведено ідентифікацію параметрів моделі (коефіцієнта нагріву k_θ та коефіцієнта сушіння k) на основі експериментальних даних із застосуванням методу зворотних задач [2].

У результаті апроксимації даних отримано такі емпіричні залежності коефіцієнтів, що враховують початковий вологовміст зерна (U_0), швидкість фільтрації (V) та температуру сушильного агента (t_c):

$$k_\theta = 0{,}657U_0^{-0.41}V^{0.653}; \quad [1/\text{хв}] \quad (4)$$

$$k = 0.008U_0^{-0.5}V^{0.312}t_c^{1.192}\cdot 10^{-3}. \quad [1/\text{хв}] \quad (5)$$

Коефіцієнти множинної кореляції для цих залежностей становлять R=0.9 та R=0.985 відповідно.

Висновки.

Сформульовано математичну модель процесу тепло- та масопереносу в тонкому шарі зерна на базі рівнянь О.В. Ликова, яка враховує змінні теплофізичні параметри матеріалу та умови процесу сушіння.

Запропоновано спрощену аналітичну залежність для коефіцієнта сушіння (пропорційність добутку температури та вологовмісту), що зменшує обчислювальну складність моделі без втрати точності.

Результати чисельного моделювання за розробленою моделлю добре узгоджуються з експериментальними даними, що підтверджується високим значенням коефіцієнта множинної кореляції (R=0.96–0.99).

Запропонована модель може бути використана для розрахунків сушильного обладнання, визначення раціональних режимів роботи зерносушарок та розроблення інтелектуальних систем керування. Це сприятиме підвищенню енергоефективності процесу при повному збереженні якості зернового матеріалу.

Список використаних джерел

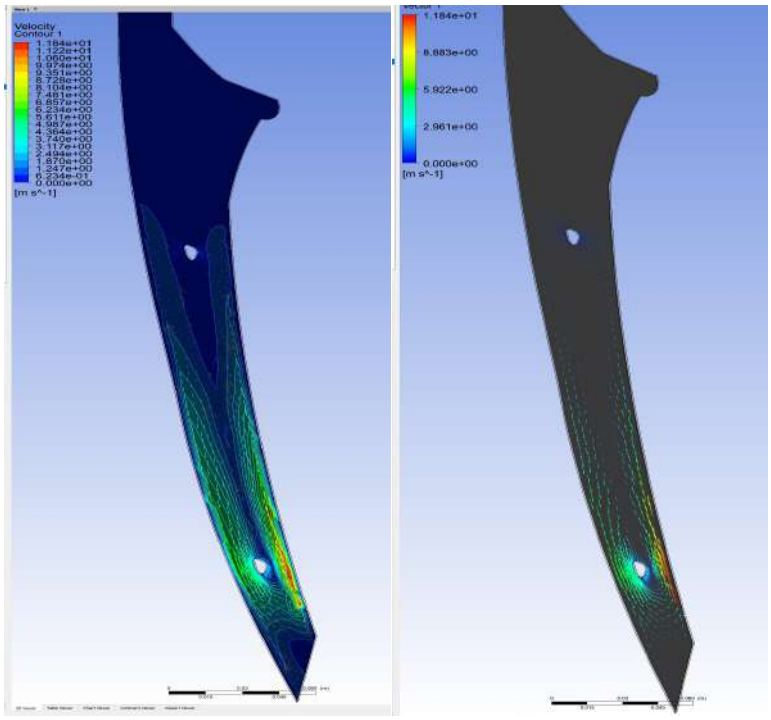
1. Котов Б. І. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (очищення, сепарація, сушіння, активне вентилювання, охолодження) : колект. монографія. Київ ; Ніжин : Лисенко М. М., 2017. 551 с.

2. Калініченко Р. А. Алгоритм параметричної ідентифікації аналітичного математичного опису динаміки низькотемпературного сушіння зернових матеріалів // Механізація та електрифікація сільського господарства. 2016. Вип. 3 (102). С. 181–188.

152. Шелест М. С., Барабаш Г. І. Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ПРИПОСІВНОЇ ІНОКУЛЯЦІЇ

Впровадження ресурсоощадних технологій у рослинництво передбачає локальне внутрішньоґрунтове внесення рідких препаратів (інокулянтів, стимуляторів росту) безпосередньо під час посіву. Ефективність такої операції критично залежить від точності дозування та якості покриття посівного матеріалу робочою рідиною під час його руху у висівній трубці (рис.1). Відповідно, виникає потреба в аналітичному описі цього процесу для обґрунтування конструктивно-режимних параметрів розпилювальних систем просапних сівалок.



а б

Рисунок 1 - Математичне моделювання взаємодії робочої рідини із посівним матеріалом: а –Тиск 5 Мпа форсунка 0,4 мм; б – Тиск 3 Мпа форсунка 0,3 мм

Для аналітичного опису процесу взаємодії диспергованих крапель робочої рідини з насіниною у висівній трубці було розроблено зведену цільову функцію математичної моделі. Вона дозволяє визначити кінцевий об’єм робочої рідини (V_{oc}), що ефективно осіла та утрималася на насінині.

Математична модель враховує комплекс гідродинамічних, геометричних та кінематичних факторів і має вигляд:

$$V_{oc} = \left(C_d \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2P_c}{\rho}} \cdot t \right) \cdot \left(\frac{S_{nac}}{S_{tp}} \right) \cdot \eta_{oc}, \quad (1)$$

де C_d – коефіцієнт витрати розпилювача;

d – внутрішній діаметр вихідного отвору сопла форсунки;

P_c – робочий тиск рідини в системі нагнітання;

ρ – густина інокулянту;

t – тривалість процесу розпилення.

Імовірність контакту крапель з поверхнею насінини в моделі виражена через геометричне відношення площі міделевого поперечного перерізу насінини (S_{nac}) до площі внутрішнього поперечного перерізу висівної трубки (S_{tp}). Якість фіксації препарату описується коефіцієнтом ефективності осідання та прилипання крапель (η_{oc}), який є функцією від числа Вебера та змочуваності поверхні.

На основі розробленої моделі здійснено розрахунок параметрів припосівної інокуляції та виконано візуалізацію розподілу швидкостей потоку для різних режимів роботи системи. Аналіз гідродинамічної картини потоку проводився для різних конфігурацій, зокрема порівнювалися режими роботи системи з діаметром сопла форсунки 0,4 мм при тиску 5 МПа та з діаметром сопла 0,3 мм при тиску 3 МПа. Моделювання показало, що варіювання тиском та діаметром сопла дозволяє керувати кінетичною енергією крапель, що безпосередньо впливає на коефіцієнт осідання η_{oc} та рівномірність обробки в обмеженому просторі висівної трубки.

Таким чином запропонована зведена цільова функція математичної моделі дає змогу на етапі проєктування аналітично обґрунтувати вибір розпилювачів (внутрішній діаметр d) та налаштування гідросистеми (тиск P_c). Результати розрахунків та моделювання швидкостей потоку для форсунок 0,3 та

0,4 мм підтверджують можливість оптимізації процесу "in-furrow" обробки, що гарантує надійне покриття насіння заданим об'ємом препарату.

153. Степаненко С.П. Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної аграрної академії наук с-ще. Глеваха, Україна.

РОЗРОБКА НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ФРАКЦІОНУВАННЯ ЗЕРНА

Сучасний стан розвитку агропромислового комплексу потребує переходу від традиційних механізованих процесів до інтелектуальних систем, здатних функціонувати в умовах високої невизначеності. На основі попередньо визначених оптичних характеристик зернових потоків, ключовим завданням стає створення інтелектуального алгоритму, здатного не лише розпізнавати об’єкти в реальному часі, а й приймати автономні рішення щодо корекції робочих параметрів сепаратора. Традиційні системи автоматизації, що використовуються на зерноочисних комплексах, працюють за жорстко заданими детермінованими алгоритмами. Вони не враховують стохастичну природу зміни вологості, щільності та засміченості зернового вороху, що призводить до значних втрат продукції. Використання глибоких нейромережевих моделей дозволяє реалізувати концепцію адаптивного керування, що забезпечує стабільно високу якість очищення за будь-яких умов вхідного потоку, нівелюючи негативний вплив людського фактору.

Для реалізації прецизійного потокового контролю було обрано архітектуру глибокого навчання на основі бібліотек TensorFlow та Keras. Вибір цього стеку технологій зумовлений можливістю ефективного використання GPU-прискорення, що забезпечує високу швидкість обробки відеоданих (понад 30 кадрів на секунду) безпосередньо в процесі руху зернової маси.

Основою системи є згорткова нейронна мережа (CNN), архітектура якої оптимізована для задач сегментації та класифікації в умовах обмежених обчислювальних ресурсів [1, 2]. Модель пройшла навчання на спеціально сформованому датасеті, що включає понад 5000 анотованих зображень високої роздільної здатності. Набір даних містить різноманітні стани пшениці, а також критичні домішки: кукіль, вівсюг, мінеральні включення та органічне сміття.

Процес розпізнавання базується на мінімізації функції втрат L:

$$L = \lambda_c \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^{B} l_{ij}^{obj} \left[\left(x_i - \hat{x}_i \right)^2 + \left(y_i - \hat{y}_i \right)^2 \right]$$

де x_i, y_i - координати центрів зернівок, а l_{ij}^{obj} - індикатор наявності об’єкта в комірці.

Такий підхід дозволяє локалізувати кожну частку суміші та визначити її геометричні параметри (довжину, ширину, площу проекції).

На основі вихідних даних нейромережі розроблено програмний комплекс мовою Python із використанням бібліотеки OpenCV для детекції динамічних змін у потоці. Керуючим впливом $U(t)$ системи є корекція частоти коливань решітного стану ω та кута нахилу решіт α за допомогою частотних перетворювачів та актуаторів.

Функція управління реалізується через розрахунок вектора стану потоку:

$$U(t) = f\left(K_z, P, I_g\right)$$

де K_z - коефіцієнт заповнення решета; P - показник чистоти; I_g - рівень втрат зерна у відходах.

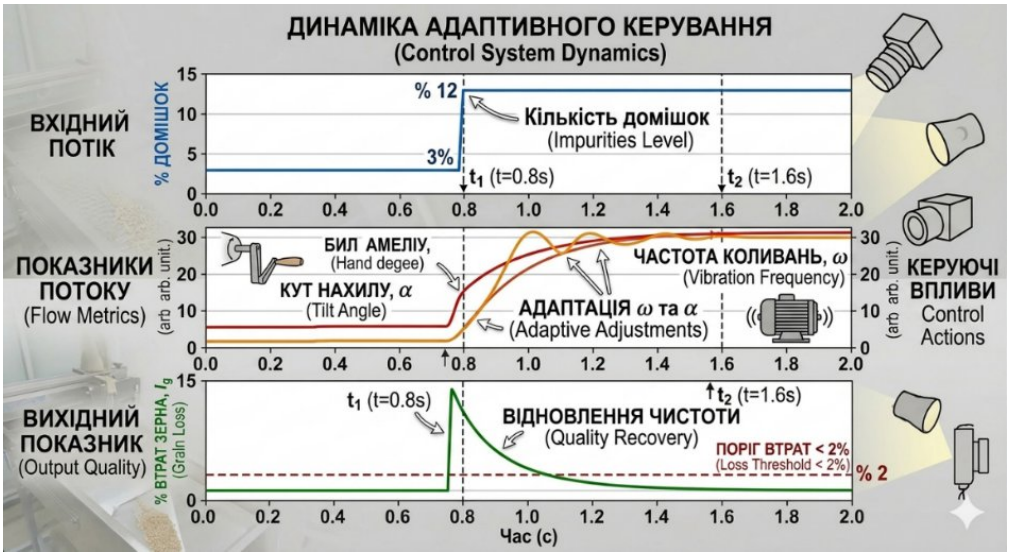


Рис. 1 Динаміка адаптивного керування

Алгоритм працює в зацикленому контурі зворотного зв'язку. При виявленні тенденції до перевищення порогу втрат ($I_g > 1{,}5\%$,), що часто трапляється при перевантаженні машини, інтелектуальний агент автоматично ініціює зниження швидкості подачі живильника або коригує вібраційні параметри, стабілізуючи товщину шару зерна на оптимальному рівні. Програмне забезпечення повністю інтегровано модулем (на базі Jetson Nano), що дозволяє виконувати всі обчислення локально, без затримок, характерних для хмарних систем.

Експериментальна перевірка розробленої інтелектуальної моделі на базі модернізованої сепарувальної установки показала високу стійкість алгоритмів. Точність розпізнавання основних фракцій та домішок становить 94,5%, що є рекордним показником для систем, що працюють у запиленому середовищі зерноочисних машин. Час реакції системи на різку зміну вхідних параметрів (наприклад, раптове збільшення засміченості) не перевищує 0,8 с.

Впровадження нейромережевого контролю дозволило досягти таких показників:

1. Зниження втрат повноцінного зерна у відходах на 1,8–2,4% порівняно з еталонними налаштуваннями машини ЗВС.
2. Підвищення стабільності якості очищення при коливаннях вологості вороху на ± 5%.
3. Автоматичне виявлення критичних режимів роботи («забивання» решіт) на ранніх стадіях.

Розробка нейромережевих моделей є завершальним та найбільш технологічним етапом створення методу інтелектуального фракціонування зерна. Поєднання високої роздільної здатності комп'ютерного зору з гнучкістю адаптивного нейро-керування дозволяє не лише мінімізувати вплив суб'єктивного людського фактору, а й забезпечити стабільно високу якість насіннєвого матеріалу. Розроблена система закладає фундамент для створення повністю автономних зерноочисних комплексів майбутнього.

Дослідження виконано в рамках проекту № 2025.02/0002, що фінансується Національним фондом досліджень України (грант Президента України докторам наук для проведення наукових досліджень і розробок).

1. Stepanenko S., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., Dnes V., Volyk D., & Kalinichenko R. (2025). A machine vision approach for grain quality control during separation. Journal of Engineering Sciences, Vol. 12(1), P. E9–E17. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2

2. Stepanenko S., Shvydia V., Dnes V., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., & Kalinichenko R. (2025). Smartphone-based machine vision for grain quality assessment. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 12(2), pp. E14–E21. http://doi.org/10.21272/jes.2025.12(2).e2

154. Попович М.О. Артьомов М.П. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного м. Мелітополь, Україна.

КОНТРОЛЬ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧІВ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Агропромислове виробництво України поступається за продуктивністю праці, раціональним використанням земельного фонду розвиненим країнам. Позитивні наслідки в галузі рослинництва для

підвищення ефективності аграрного сектора як основи подальшого зростання матеріального виробництва лише тоді матимуть результат, коли в проведенні реформ буде задіяно весь науковий і економічний потенціал країни. Для цього необхідно забезпечити рослинництво сучасною технікою, удосконалювати технології вирощування сільськогосподарських культур.

У сучасній практиці вирощування сільськогосподарських культур багато господарств впроваджують технології вирощування польових культур на власний розсуд, часто ігноруючи основні принципи агротехніки, зокрема правила сівозміни. Але багато господарств останнім часом почали впроваджувати ощадні технології обробітку ґрунту такі як No-till, Mini-till, Strip-till із запровадженням розширених сівозмін. Недотримання вимог грунтообробки, а також хаотичне переміщення тракторів, комбайнів і вантажного транспорту полями – особливо в період підвищеної вологості ґрунту навесні – створюють передумови для формування ущільненого шару ґрунту, відомого як плужна підошва[1,с.3]. Між тим впровадження таких передових технологій вимагає виходу в поле агрегатів, раз на 4 – 5 років, для руйнування ущільненого шару грунту – глибокорозпушувачів. Серед усього спектру ґрунтообробної техніки найбільшим навантаженням під час виконання агротехнічних операцій піддаються чизельні плуги та агрегати для глибокого розпушування(рис.1). Навіть незначні зміни фізико-механічних властивостей ґрунту під час обробітку можуть суттєво вплинути на якість виконання операції. Водночас ґрунтообробка має низку відомих переваг, серед яких – зменшення витрат паливно-мастильних матеріалів і зниження загальної енергоємності основного обробітку[2].



Рис.1 Робота агрегату у складі трактора John Deere 9470R і глибокорозпушувача Gaspardo DIABLO

Однією з ключових переваг глибокорозпушувача є його здатність поєднувати суцільний обробіток верхнього шару з глибоким руйнуванням ущільнень ґрунту. Адже саме ущільнення на глибині 30-40 см часто є головною причиною втрати вологи. Мета такого обробітку в тому, щоб зруйнувати підплужну підошву, але не підняти біологічно не активний, «мертвий» ущільнений ґрунт у верхній шар.

При цьому такі ґрунтообробні агрегати зазнають суттєвих навантажень і виникає необхідність у детальному дослідженні реальних навантажень на глибокорозпушувальні агрегати в процесі виконання даної складної технологічної операції.

Сила тягового опору плугів та інших розпушувальних знарядь, що функціонують на різних глибинах обробітку, залежить від ряду параметрів. Ці залежності можуть бути описані за допомогою аналітичного виразу, подібного до раціональної формули, яка використовується для моделювання тягових характеристик [3, с14].

$$R = fG + kS_k + \varepsilon S_k V^2 \quad (1)$$

де f - коефіцієнт опору руху знаряддя;

G - вага знаряддя, Н;

k - питомий опір ґрунту, Н/м²;

S_K - площа поперечного перерізу розпушеного шару ґрунту, м²;

ε - коефіцієнт, що залежить від форми робочих органів, властивостей ґрунту та розміру формування;

V - робоча швидкість руху агрегату, м/с.

При цьому запропонована методика визначення опору знаряддя не враховує можливості опору ґрунту. Науковцями розроблено альтернативний підхід, який базується на визначенні коефіцієнта

питомого опору ґрунту залежно від його твердості та коефіцієнта зовнішнього тертя між ґрунтом і сталевою поверхнею робочого органу[3, с.25].

$$R = fG + mxab, \quad (2)$$

де f – коефіцієнт тертя ґрунту об сталь;

G – вага ґрунтообробного знаряддя, Н;

m – коефіцієнт, що відображає залежність питомого опору від твердості ґрунту;

x – твердість орного шару ґрунту, Па;

a – глибина обробітку ґрунту, м;

b – ширина захвату глибокорозпушувача, м.

Визначення сили опору робочого органу глибокорозпушувача, запропонованою С. Лещенком та співавт. [4,с 16]. У цій моделі враховуються нормальні реакції, сили тертя, швидкісні характеристики руху агрегату, а також інші впливові чинники, що визначають величину загального тягового опору під час роботи знаряддя.

$$R = \sum (N_H + N_R + N_W) + \sum [fG + f_1 (N_H + N_R + N_W) + 2f_L (R_{HB} + R_{LR} + R_{LW})] + \left(K + \varepsilon_B V^2 + \varepsilon_W V^2\right)(Bh_R + Sh_B + Sh_W), \quad (3)$$

де N_H – горизонтальні складові сил, що діють на долото, Н;

N_R, N_W – опір руху стійки та крил відповідно фронтальний опір, Н;

fG – сила тертя по дну борозни, Н;

f_1 (N_H+N_R+ N_W) – горизонтальна складова сил тертя від нормальних сил, Н;

$2f_L$ (R_{HB}+R_{LR}+R_{LW}) – горизонтальна та бічна складові сил тертя по бічних поверхнях долота, стійки та крил відповідно, Н;

K – коефіцієнт, що характеризує здатність ґрунту чинити опір деформації;

ε_B, ε_W – коефіцієнти, що залежать від форми робочої поверхні долота і крил відповідно, властивостей та розміру ділянки ґрунту, деформованої відповідними елементами;

(Bh_R+Sh_B+Sh_W) – сума активних площ стійки, долота та крил, м^2.

Сучасні науковці для проведення експериментальних досліджень все частіше використовується апаратура , яка не потребує втручання в конструкцію машин і агрегатів.

Такий підхід допомагає скоротити час підготовки до проведення вимірювань та контроль параметрів роботи машинно-тракторних агрегатів в режимі on-line. При проведенні випробувань скористаємось ґрунтообробним агрегатом John Deere 9470R + Gaspardo DIABLO і проводити контроль параметрів будемо за допомогою вимірювально-реєстраційного комплексу, який обладнано трьох-компонентними датчиками-акселерометрами [5, с 693].

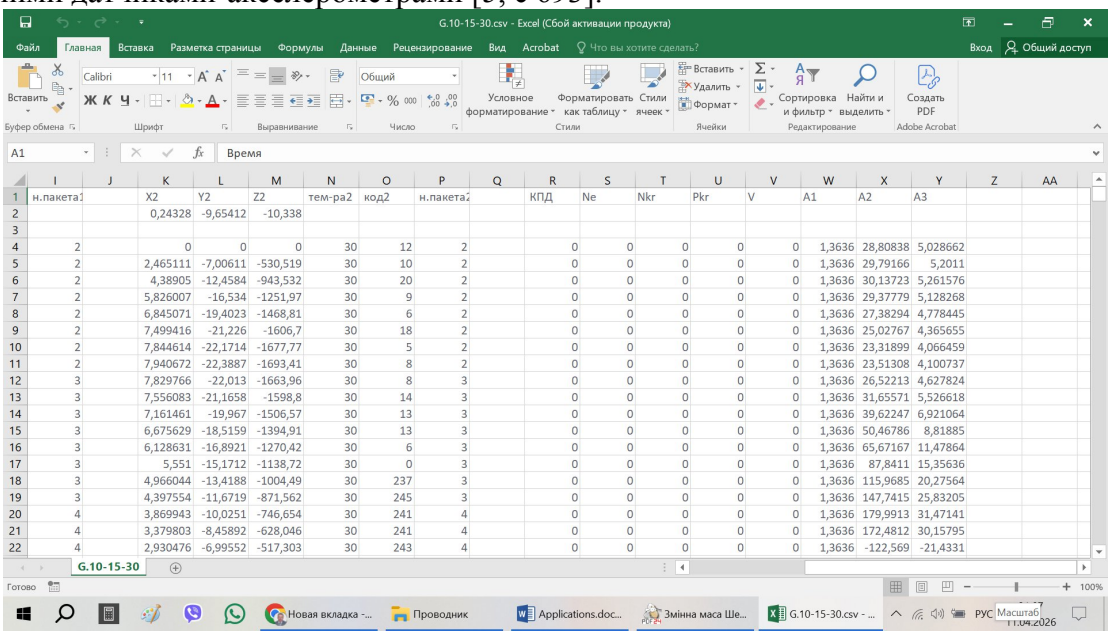


Рис. 2 Інтерфейс програми вимірювального комплексу з результатами експерименту

За результатами цих розрахунків на основі статистичних даних (R_S) та вимірювань реєстраційно-вимірювального комплексу (R_D) було побудовано графік динаміки сили опору глибокорозпушувача залежно від часу (рис. 3).

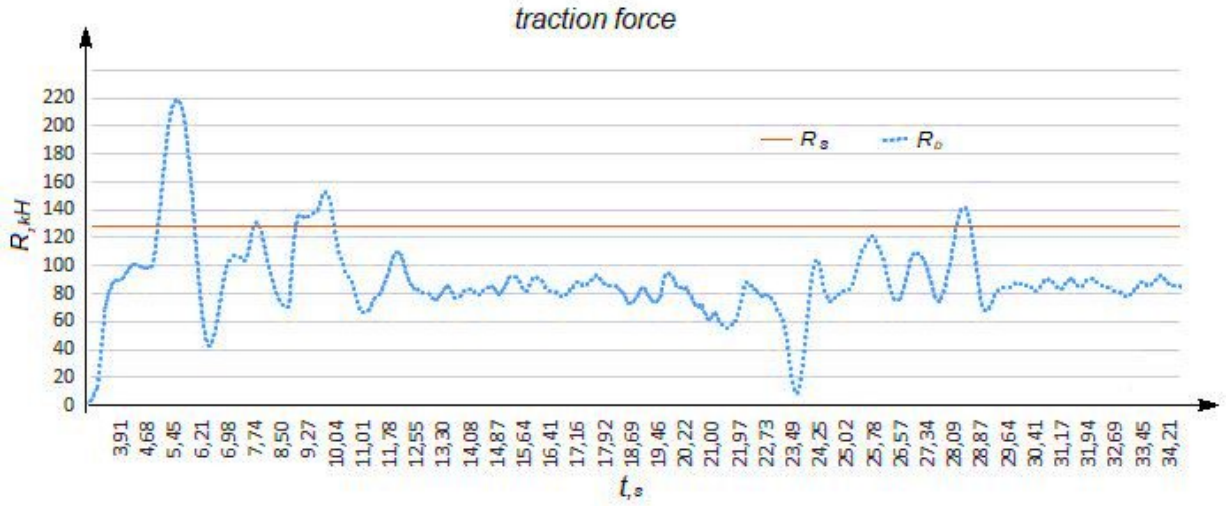


Рис. 3 Динаміка зміни сили опору глибокого розпушувача: Rs – теоретична сила опору; R_D – експериментальна сила опору

На графіку показано динаміку сили опору глибокорозпушувача в момент від початку агротехнічної операції до режиму усталеного руху. Початок графіка чітко демонструє процес переходу з одного стану (спокою) до стану рівномірного руху, більш яскраво демонструє динаміку навантаження.

Літературні джерела

1. Bulgakov V., Aboltins A., Beloev H., Nadykto V., Kyurchev V. Maximum Admissible Slip of Tractor Wheels Without Disturbing the Soil Structure. Applied Science, 2021. V. 11. P. 1–10. https://doi.org/10.3390/app11156893

2. Глибокорозпушувач TERRADUO здійснює дві технології обробітку за один прохід. Електронний ресурс: https://kurkul.com/news/38158-glibokorozpushuvach-terraduo-zdiysnyuye-dvi-tehnologiyi-obrobitku-za-odin-prohid

4. Лещенко С.М., Сало В.М., Петренко Д.І. Вплив конструктивно-технологічних параметрів глибокорозпушувача на обробіток грунту / С.М. Лещенко, В.М. Сало, Д.І. Петренко // Конструювання виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин (The influence of structural and technological parameters of the deep loosener on soil cultivation) Кропивницький:. 2016, вип.46. – С.78 – 87. ISSN 2414-3820 (In Ukrainian)

5. N. Artiomov, R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkov, A. Ayubov Innovative approach to agricultural machinery testing // Latvia University of Life Sciences and Technologies, 20th International Scientific Conference Engineering for rural development Proceedings, Volume 20 May 26-28, 2021. C.692 - 698. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF150

155. Вожик Ю. Г., Панасюк В. І. Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної аграрної академії наук с-ще. Глеваха, Україна.

ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ НЕГАТИВНОЇ ДІЇ ВІТРУ ПІД ЧАС ОБПРИСКУВАННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку сільського господарства про ходить всебічне оновлення технологій вирощування та збирання сільськогосподарських культур. Не є винятком і хімічний захист рослин. Удосконалення машин для захисту рослин відбувається за декількома напрямами. Головні з них – підвищення технічного рівня обприскувачів, розроблення нових методів нанесення засобів захисту рослин (ЗЗР), поліпшення якості їх внесення, зменшення витрат коштів на обприскування та екологічна безпека застосування ЗЗР. Якість застосування пестицидів під час хімічного догляду за посівами визначається рядом факторів, основними з яких є: щільність покриття краплинами поверхні рослин; рівномірність внесення робочої рідини на ширині захвату і довжині проходу агрегата; дисперсність розпилення; знесення препарату вітром [1, 2], тому дослідження, присвячені вивченню впливу цих фактів, мають актуальне значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій**.** Головним стримуючим фактором для розвитку обприскування польових куль тур є негативна дія вітру на якість виконання цього процесу та екологічну безпеку. Одним із напрямів вирішення цієї проблеми є примусове осадження краплин робочої рідини пестицидів на оброблювану поверхню штучним повітряним потоком [3, 4]. Недоліком

такого способу є те, що останній захищає факели краплин від природного вітру шляхом безпосередньої дії на факели рідини, що, по-перше, буде викривляти геометрію цих факелів, порушуючи загальний характер і рівномірність розподілу рідини на ширині захвату обприскувача, по-друге, цей характер буде залежати від сили і напрямку вітру.

У зв'язку із цим в ІМА АПВ НААН проведені дослідження зі створення пристосування до обприскувачів польових культур, що мінімізує негативний вплив вітру на якість виконання цього процесу шляхом використання штучно створеної повітряної завіси (далі – повітряної завіси) навколо факелів розпиленої рідини.

Мета. Підвищення якості обприскування польових культур в умовах дії вітру.

Результати досліджень. Обґрунтовано спосіб протидії вітру, структурно-функціональну схему пристрою до обприскувача для його реалізації та проведено експериментальну перевірку, яка підтвердила вагому ефективність запропонованого способу. Реалізацію цього способу було здійснено в ІМА АПВ НААН у такий спосіб: стиснене вентилятором повітря надходить до каналу, розташованого вздовж трубопроводу з форсунками для розпилення розчину рідини для захисту рослин і через отвори сопла в каналі виходить у вигляді струменів по боках трубо проводу з форсунками в напрямку землі, створюючи повітряну завісу навколо факелів розпиленого розчину рідини. Детально це описано в роботі [5].

У цій роботі обґрунтовано раціональні конструкційні та режимні параметри цього пристрою, які було отримано на підставі теоретичних залежностей швидкості повітря в струмені від відстані до землі та від діаметра сопла.

Для визначення максимальної гальмівної здатності повітряної завіси були зроблені відповідні аналітичні розрахунки. з прийнятною вірогідністю схему взаємодії факела Механіко-технологічні процеси, робочі органи та машини для рослинництва штучного повітря, що виходить із сопла, зі струменем вітру можна представити так (рис. 1), де *Vc* позначено швидкість струменя штучного повітря, а *Vв* – швидкість найнебезпечнішого лобового вітру, що діє поперек штанги з розпилювачами рідини проти напрямку руху агрегата.

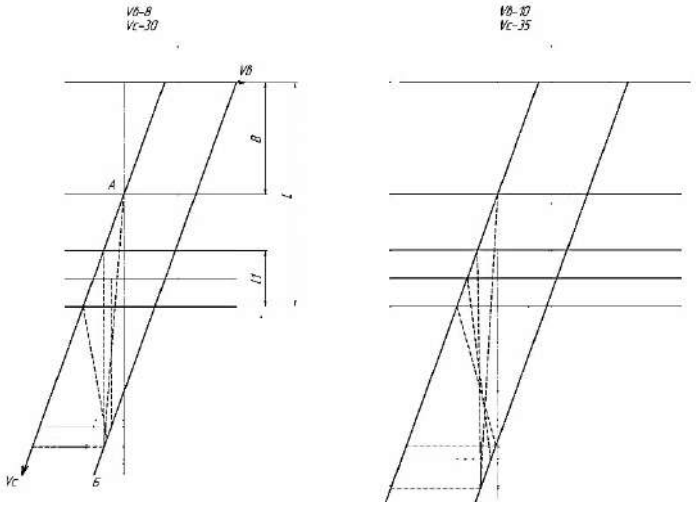


Рис. 1. Схема взаємодії повітряної завіси і вітру
Fig. 1. The scheme of interaction of the air curtain and wind

На рисунку 1 у масштабі зображено характер взаємодії струменя штучного повітря з вітром за різних їхніх швидкостей, де по горизонталі означені відстані від розпилювачів рідини (L = 0,5 м), кінця захисного екрана (lo = 0,25 м) і перерізів (l1 = 0,125 м та l2 = 0,0625 м), в яких досліджували характер взаємодії, до поверхні ґрунту, а пунктирними лініями позначено результуючі від дії вітру і штучного повітря в цих перерізах.

З рисунка 1 видно, що результуюча від дії штучного повітря і вітру має вигляд діагоналі паралелограма з боковими сторонами *Vc* і *Vв*, причому кут нахилу факела штучного повітря прийнятий у роз мірі 70°, який доведений як раціональний експериментальними дослідженнями. За критерій ефективності повітряної завіси приймалося розташування кінця результуючих (наприклад, т. Б) відносно вертикалі, проведеної від початку струменя штучного повітря (на приклад, т. А). Якщо т. Б знаходиться зліва від вертикалі, то завіса успішно протидіє вітру, якщо справа – то ні).

Дані цього рисунка та інших подібних, не приведених в даній роботі через обмеженість її формату, свідчать про цілком закономірну залежність гальмівної здатності повітряної завіси від

швидкості штучних повітряних струменів відносно швидкості вітру. Зокрема, за швидкості струменів 30 м/с повітряна завіса здатна протидіяти вітру зі швидкістю трохи більше 8 м/с, за швидкості струменів 35 м/с ця межа становить уже 10 м/с, а за швидкості струменів 40 м/с вона знаходиться в інтервалі 10–12 м/с.

Природньо, що в реальних умовах на гальмівну здатність повітряної завіси будуть впливати багато додаткових факторів: нестабільність положення штанги обприскувача відносно горизонту, сили і напрямку вітру тощо, тому ці висновки слід вважати орієнтовними і такими, що потребують перевірки в лабораторно-польових умовах.

Як показали експериментальні дослідження, однією з головних умов ефективної роботи повітряної завіси є рівномірний розподіл повітря з пневмоканалу по соплах, який згідно з принципами аеродинаміки можна забезпечити через поступове зменшення поперечного перерізу пневмоканалу по мірі зростання довжини останнього. Під час дослідів це забезпечувалося зміною кута нахилу до горизонту верхньої регульованої пластини пневмоканалу.

Як видно з рисунка 2, достатній з точки зору математичної статистики коефіцієнт варіації (5%) розподілу повітря по соплах забезпечується за кута нахилу до горизонту верхньої пластини пневмоканалу 0,8°, який і було прийнято в подальших дослідах.

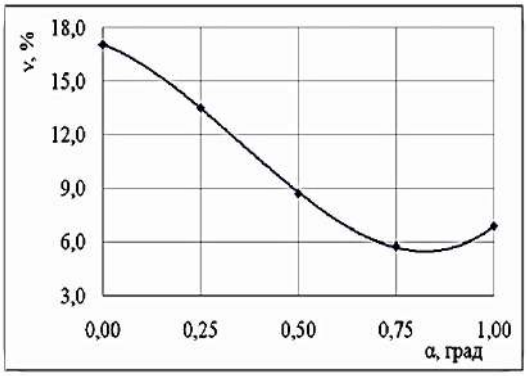


Рис. 2. Залежність нерівномірності розподілу швидкості повітря в соплах від кута нахилу верхньої пластини пневмоканалу до горизонту

Раціональним кутом нахилу сопел до горизонту є 70° (рис. 3). Подальше збільшення цього кута зменшує ефективність завіси через викривлення повітряних струменів із сопел вітром, а його зменшення – через падіння швидкості повітряних струменів із сопел.

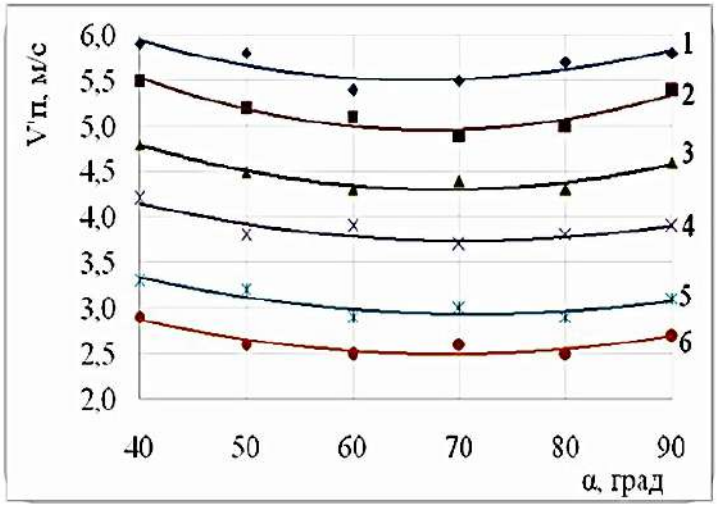


Рис. 3. Залежність надлишкової швидкості повітря від кута нахилу сопел до горизонту:
1–6 – швидкість повітря в соплах – 20; 25; 30; 35; 40; 45 м/с, відповідно

Головним критерієм протидії повітряної завіси вітру є її здатність забезпечити без вітряну або маловітряну (до 4 м/с згідно з агровимогами) зону навколо факелів розпиленої рідини ЗЗР. Під час експериментів її назвали гальмівною здатністю й оцінювали величиною залишкової швидкості струменів вітру Vпз, які проходили (або не проходили) крізь струмені повітряної завіси на рівні поверхні ґрунту. Як показали дослідження [5], гальмівна здатність повітряної завіси очікувано прямо пропорційно підвищується за зростання швидкості повітря на виході із сопел. За діаметром сопел 30 мм, висоти захисного екрана 250 мм і швидкості повітря на виході із сопла 35 м/с повітряна завіса може

забезпечити ефективну роботу обприскувача до швидкості вітру 10 м/с, що підтверджує результати побудов, наведених на рисунку 1. На основі вищенаведених результатів досліджень було розроблено та виготовлено пристосування до обприскувача для створення повітряної завіси (рис. 4), яке з метою економії матеріальних ресурсів мало ширину захвату 3 м.



Рис. 4. Загальний вигляд пристосування до обприскувача

Проведеними лабораторно-польовими дослідженнями підтверджена можливість за допомогою повітряної завіси навколо факелів робочої рідини майже вдвічі (до 10 м/с) збільшити допустиму швидкість вітру під час обприскування польових культур. За допомогою облікових карток, розкладених по поверхні ґрунту, установлені залежності щільності покриття краплинами поверхні, що обприскується, від швидкості та напрямку вітру. Нормативна щільність покриття (30 краплин на 1 $см^2$) забезпечується за найбільш несприятливого (лобового) напрямку вітру швидкістю до 10 м/с. Для нормативної протидії повітряної завіси негативному впливу бокового вітру по боках пневмоканалу необхідно встановлювати по одному додатковому ряду сопел з інтервалом 50 мм. Виробнича перевірка в умовах ДП ДГ «Оленівське» ІМА АПВ НААН» показала надійність розробленої конструкції пристосування і досить високу її ефективність. Очікуваний річний економічний ефект від використання пристосування до обприскувача шириною захвату 18 м завдяки зменшенню втрат урожаю через несвоєчасне обприскування становитиме 200 тис. грн.

Висновок. Унаслідок застосування нового способу зменшення негативного впливу вітру на якість обприскування польових культур розроблено та апробовано пристосування до обприскувача для створення повітряної завіси, яке дозволило майже вдвічі (до 10 м/с) збільшити допустиму швидкість вітру під час виконання цієї операції, порівнюючи з кращими аналогами, без погіршення якісних показників роботи.

Список використаних джерел

1. Масло І. П., Барановський О. С. Вплив ступеня рівномірності обприскування польових культур на норму витрачання пестициду. Вісник сільськогосподарської науки. 1982. № 3. С. 44–45.

2. Масло І. П., Барановський О. С. Особливості ефективного використання пестицидів. Техніка АПК. 1995. № 4. С. 9–19.

4 Спосіб примусового осадження краплин робочої рідини при швидкісному обприскуванні рослин: пат. 119457 Україна, A01M7/00 / В. В. Ратушний, В. І. Панасюк; заявн. і патентовласн. ННЦ «ІМЕСГ». №u 201703474; заявл.: 10.04.2017; опубл. 25.09.2017, Бюл. № 18.

5. Використання повітряної завіси для протидії зустрічному вітру під час обприскування польових культур / Ю. Г. Вожик та ін. Механізація та електрифікація сільського господарства / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2020. Вип. №11 (110). С. 72-82.

156. Новицький А.В. Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО СИСТЕМИ ТОР ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ: ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РІВЕНЬ

Сучасний розвиток засобів для приготування і роздавання кормів як складних технічних систем із інтегрованими функціями приготування, транспортування, дозування та роздавання обумовлює необхідність застосування структурно-функціонального підходу до організації їх технічного обслуговування і ремонту. Водночас цифровізація аграрного виробництва, що відбувається під впливом концепцій Індустрії 4.0, точного тваринництва та інтеграції IoT-рішень [1, 2], зумовлює необхідність

перегляду принципів побудови систем технічного обслуговування і ремонту з орієнтацією на інтелектуалізацію та інтеграцію інформаційних технологій.

Зростання технічної складності конструкцій і взаємопов'язаності підсистем зумовлює підвищені вимоги до надійності, оскільки відмови окремих елементів істотно впливають на функціонування всієї машини [3-5]. Умови експлуатації у тваринництві, що характеризуються динамічними навантаженнями, абразивним зношуванням і впливом агресивного середовища, спричиняють інтенсивну деградацію елементів і потребують системного підходу до управління технічним станом [6, 7]. Статистичний характер відмов та обмеженість інформації про граничні стани машин обумовлюють доцільність використання методів теорії надійності та математичного моделювання для прогнозування їх працездатності [8, 9]. Водночас інтеграція цифрових технологій, систем моніторингу та аналітики даних формує передумови для переходу до інтелектуалізованих стратегій технічного обслуговування. У цих умовах інженерно-технологічний рівень виступає визначальним елементом, що забезпечує стратегічне управління надійністю, ресурсом і ефективністю функціонування технічних систем у межах життєвого циклу [10].

Метою дослідження є наукове обґрунтування інженерно-технологічного рівня структурно-функціонального підходу до системи технічного обслуговування і ремонту кормозмішувачів-кормороздавачів, із визначенням його ролі у забезпеченні надійності, оптимізації ресурсу та впровадженні прогнозних стратегій обслуговування на основі методів математичного моделювання, теорії надійності та сучасних цифрових технологій.

Інженерно-технологічний рівень є найвищим за складністю та науково-технічним наповненням і орієнтований на стратегічне управління надійністю та ресурсом технічних систем. Його структурні складові включають: підсистему глибокої технічної діагностики та експертизи; підсистему капітального ремонту та відновлення ресурсу; підсистему модернізації та інноваційного розвитку; аналітично-прогностичну підсистему; нормативно-методичну підсистему; інтелектуально-кадрову підсистему.

Підсистема глибокої технічної діагностики та експертизи передбачає комплексне дослідження причин відмов із застосуванням сучасних методів аналізу (спектральний аналіз, моделювання напружено-деформованого стану, аналіз зношування матеріалів).

Підсистема капітального ремонту та відновлення ресурсу охоплює повне розбирання агрегатів, дефектацію деталей, відновлення або заміну елементів, використання адитивних і відновлювальних технологій.

Підсистема модернізації та інноваційного розвитку забезпечує впровадження нових конструктивних рішень, цифрових систем керування, автоматизованих систем дозування та інтелектуальних модулів управління.

Аналітично-прогностичну підсистема базується на обробці великих масивів експлуатаційних даних, побудові моделей надійності, визначенні закономірностей відмов і розробці рекомендацій щодо підвищення довговічності.

Нормативно-методична підсистема формує стандарти, регламенти, технічні умови експлуатації та обслуговування обладнання.

Інтелектуально-кадрова підсистема відображає визначальну роль людського фактору у формуванні, реалізації та розвитку стратегій управління технічним станом кормозмішувачів-кормороздавачів. До складу цієї підсистеми входять висококваліфіковані фахівці відповідних категорій: інженери-конструктори, інженери з надійності, фахівці з технічної діагностики, аналітики даних, спеціалісти з цифрових систем моніторингу та програмного забезпечення, наукові співробітники, а також експерти у сфері ремонтних і відновлювальних технологій.

Функціонування інженерно-технологічного рівня забезпечує замкнений цикл удосконалення технічних систем шляхом зворотного зв'язку між експлуатаційними даними та конструкторськими рішеннями.

Узгоджена взаємодія зазначених рівнів формує ієрархічно інтегровану систему ТОР, у якій інформаційні потоки мають двосторонній характер: від нижчих рівнів до вищих передаються дані про технічний стан і відмови, а у зворотному напрямі — управлінські рішення, регламенти та технологічні рекомендації. Такий підхід забезпечує підвищення надійності, зниження експлуатаційних витрат і максимізацію ефективності використання засобів для приготування і роздавання кормів в умовах цифровізації аграрного виробництва.

За результатами досліджень обґрунтовано доцільність застосування інженерно-технологічного рівня в структурно-функціонального підході до формування системи технічного обслуговування і

ремонту ЗПРК як складних кіберфізичних систем. Встановлено, що зростання технічної складності конструкцій та вплив експлуатаційних факторів обумовлюють необхідність переходу до стратегічного управління надійністю на основі методів теорії надійності та математичного моделювання. Доведено, що інженерно-технологічний рівень забезпечує реалізацію замкненого циклу управління технічним станом, який включає діагностику, прогнозування, прийняття рішень і впровадження інженерних заходів. Визначено, що інтеграція інтелектуально-кадрової підсистеми науково-інженерного супроводу підвищує обґрунтованість управлінських рішень та ефективність використання аналітичних і цифрових інструментів.

Список використаних джерел

1. Berckmans, D. (2017). General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 7(1), pp. 6–11. DOI:10.2527/af.2017.0102
2. Tiago Zontaa, Cristiano André da Costaa, Rodrigo da Rosa Righia, Miromar José de Limaa, Eduardo Silveira da Trindadea, Guann Pyng Lib. (2020). Computers & Industrial Engineering. Volume 150, December 2020, https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889
3. Revenko Ivan, Khmelovskyi Vasyl, Revenko Yulii, Rebenko Victor, Potapova Svitlana (2023). Justification of parameters affecting increase of hammer crusher productivity. Engineering for rural development. 24-26.05.2023 Jelgava. pp. 714-720. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF142
4. Pascuzzi S., Bulgakov V., Adamchuk V., Ruzhilo Z., Trokhaniak O., Nowak J., Rucins A., Paciolla F. (2024). Improved Design of the Working Body of a Flexible Sectional Screw Conveyor Q42024 Lecture Notes in Civil Engineering, pp. 367 – 377. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-70955-5_40
5. Pylypaka S., Nesvidomin V., Zaharova T., Pavlenko O., Klendiy M. The Investigation of Particle Movement on a Helical Surface. In: Ivanov V. et al. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, pp. 671-681. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_67.
6. Novitskiy, A., Banniy, O., Novitskyi, Yu., & Antal, M. (2023). A study of mixer-feeder equipment operational reliability. Machinery & Energetics, 14(4), pp. 101-110. DOI: https://doi.org/ 10.31548/machinery/4.2023.101
7. Novitskiy, A., Banniy, O., Novitskyi, Yu., Kharkovskyi, I., & Antal, M. (2024). Examination of maintainability indicators of feed preparation and distribution products. Machinery & Energetics, 15(4), pp. 47–57. https://doi.org/10.31548/machinery/4.2024.47
8. Novitskiy, A., Banniy, O., & Novitskyi, Yu.(2023). Logical-probabilistic model of the reliability of means for preparing and distributing fodder. Machinery & Energetics,14(1). https://doi.org/10.31548/machinery/1.2023.57
9. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Логіко-імовірнісна модель надійності засобів для приготування і роздавання кормів. Вісник Сумського національного аграрного університету: Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. Суми. 2016. Вип. 10(2). С. 137 – 141. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_mekh_2016_10%282%29__31

Novytskyi, A., Holovach, I., Banniy, O., Novitskiy, Y. (2025). Reliability research of feed preparation and distribution equipment as «human-machine» system under condition of «human» component development. Engineering for rural development. Jelgava, 21.-23.05.2025. pp. 442-449. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF094

157. Nadiia PALIANYCHKA, Alexandr KOVALYOV Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University Zaporizhzhia city, Ukraine

ANALYSIS OF THE QUALITATIVE ASSESSMENT OF THE DISPERSION PROCESS OF DAIRY RAW MATERIAL IN A PULSATION-TYPE HOMOGENIZER

The process of forming finely dispersed emulsions by means of homogenization is widely applied in agricultural production, as well as in the chemical, food, and other branches of industry [1]. In the agro-industrial sector, emulsification serves as a key stage in the production of oil mixtures and concentrated pesticide emulsions. Owing to homogenization, it becomes possible to prevent phase separation during storage of such products as egg melanges and mixtures based on them, condensed milk with a combined composition, bases for ice cream (of the “milk base – vegetable fat” type), as well as sauces such as mayonnaise, ketchup, margarine, and similar products.

Under modern conditions, valve-type homogenizers are predominantly used for the homogenization of dairy products [2]. At the same time, an analysis of the operation of this equipment has revealed a number of drawbacks: large overall dimensions and weight, considerable metal consumption, a high level of energy usage, rapid wear of the working elements of the valves, as well as a relatively high cost of the equipment. Taking these factors into account, in our opinion, pulsation homogenization represents a promising direction, as it ensures a comparable degree of dispersion while requiring significantly lower energy consumption.

As a result of the conducted theoretical studies, it was determined that pulsation technology makes it possible to achieve a high degree of milk homogenization and to reduce energy consumption by 15% compared to the most efficient types of valve homogenizers. Thus, it is relevant to carry out an analysis of the qualitative indicators of the dispersion of dairy raw materials in a pulsation-type homogenizer in order to experimentally establish the effectiveness of homogenization in a unit of this type.

According to data from various sources, prior to homogenization the average diameter of fat globules in milk is 2.5 – 4.0 μm, whereas after processing this value decreases to less than 1 μm [3].

To determine the effectiveness of milk homogenization after treatment by the pulsation method, it is necessary to evaluate two main indicators: the degree of reduction in the size of fat globules and the level of uniformity of their distribution within the volume of the dispersion phase, that is, homogeneity. There are several approaches to determining the quality of homogenization, which is обусловлено by the complex nature of milk as a multiphase polydisperse system. None of the known methods simultaneously takes into account all the factors that may influence the accuracy of assessing the degree of dispersion. In addition, further difficulties arise due to the tendency of fat particles to aggregate in the form of conglomerates.

In practice, the following methods are most commonly used to assess the level of milk homogenization [3]: sedimentation analysis; centrifugation; optical measurements; microscopic examination.

The first three methods belong to integral evaluation approaches, as they are based on generalized characteristics of the sample, whereas the latter – microscopic – method is differential and makes it possible to examine the individual parameters of fat elements.

The most widespread method for controlling the quality of homogenization is sedimentation analysis. It is based on the dependence of the settling (creaming) rate of the fat phase, caused by the flotation of particles, on their size. The fat sedimentation method does not provide high accuracy, since during sedimentation analysis the rate of flotation of fat particles is influenced not only by their geometric size, but also by their tendency to aggregate.

The centrifugation method is based on comparing the fat phase content in the initial emulsion sample and in the sample that has been subjected to centrifugation for 30 minutes at a temperature of 38 – 40 °C. The main drawback of this approach is the need to ensure identical conditions: the use of the same models of centrifuges and test tubes, as well as maintaining a constant angle of inclination of the latter during the centrifugation process, which is critically important for the reliability of the results.

The optical method, in particular spectrophotometric analysis, is based on measuring the light transmittance (or turbidity) of an emulsion sample at wavelengths of 400 and 1000 nm. Such an approach makes it possible to carry out the analysis quickly; however, its accuracy is reduced by protein molecules whose diameter reaches up to 0.3 μm.

Another approach to assessing the quality of homogenization is the direct determination of the average size of fat globules using a microscope. Before measurement, the milk sample after homogenization must be thoroughly mixed by repeatedly transferring it between containers, while avoiding the formation of foam. To enhance the visibility of milk fat particles under a microscope, fat-soluble dyes are used in combination with urea.

Since the microscope provides a clear image only of the upper layer of fat particles, the preparation is left at room temperature for 20 – 30 minutes, allowing the fat to rise to the surface. The particle diameter is measured using a special measuring eyepiece in combination with a microscope objective.

Due to the constant chaotic motion of fat particles under the influence of Brownian motion, the most convenient method of investigation is considered to be photography followed by measurement and counting of particles. To minimize the amount of manual measurements, special counting chambers are often used – for example, those of Goryaev, Bürkner, Rosenfeld, and others.

Thus, to obtain a reliable quantitative assessment of the dispersed properties of milk, it is necessary to analyze a large sample – no fewer than several hundred fat globules. In addition, the measurements must be carried out within the shortest possible time. The most promising equipment for such tasks is considered to be image analysis systems – devices that ensure rapid acquisition and processing of complex visual data. This

category includes universal systems such as IBAS (Germany), as well as Magiscan and Quantimet (United Kingdom), which operate as multiprocessor systems with sequential or parallel architecture.

Based on the obtained counts, histograms are constructed that reflect the percentage distribution of the number of fat globules according to their diameter. As the number of examined particles increases, these graphs approach the normal distribution law of a random variable. The next step is to calculate the average diameter of fat particles after homogenization and to analyze the width of their distribution.

Conclusions. Summarizing the above, it can be concluded that the most accurate results in assessing the effectiveness of milk homogenization are achieved by combining microscopic measurement with microphotography and subsequent computer analysis of the obtained images.

References:

1. McSweeney, P. L. H., & Fox, P. F.. Advanced Dairy Chemistry: Volume 1A: Proteins: Basic Aspects. Springer. 2013. 658 p.

2. Palyanychka N.O., Vershkov O.O., Antonova G.V. Analysis of the latest devices for milk homogenization. Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University. – Melitopol, 2017. Issue 17., T.3. p. 194 - 199.

3. Palianychka N.O., Verkholantseva V.A., Kovalyov A.A. Determination of the quality of milk homogenization in a pulsation homogenizer. Modern scientific research on the path to European integration: Proceedings of the International Scientific and Practical Forum (June 21–22, 2019), Tavria State Agrotechnological University. Melitopol: FOP Odnorog T.V., 2019. Part 1, pp. 99–102.

158. Говоров О.Ф. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» м. Кам'янець-Подільський, Україна.

ВПЛИВ БІОЕТАНОЛЬНИХ ДОБАВОК ДО ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ПОКАЗНИКИ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ТОКСИЧНІСТЬ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Сучасний етап розвитку технічних систем агропромислового комплексу характеризується зростанням вимог до енергоефективності машин та зниження їх негативного впливу на довкілля. Значна частина сільськогосподарської техніки оснащена дизельними двигунами, які відзначаються високою надійністю, економічністю та тривалим ресурсом роботи. Водночас саме ці двигуни є джерелом значних викидів шкідливих речовин, серед яких оксиди азоту, оксид вуглецю, незгорілі вуглеводні та тверді частинки [1].

У зв’язку з цим особливої актуальності набуває пошук альтернативних або додаткових компонентів до традиційного дизельного палива, які б дозволили покращити екологічні характеристики двигунів без суттєвого погіршення їх техніко-економічних показників. Одним із таких компонентів є біоетанол — відновлюване паливо, що отримується шляхом переробки рослинної сировини [2].

Біоетанол має ряд властивостей, які визначають його вплив на процеси роботи двигуна. Зокрема, він містить у своїй структурі кисень, що сприяє більш повному згорянню паливної суміші. Крім того, біоетанол характеризується нижчою теплотою згоряння порівняно з дизельним паливом, а також відрізняється іншими фізико-хімічними параметрами, такими як щільність, в’язкість і випаровуваність [3].

Метою даної роботи є аналіз впливу біоетанольних добавок до дизельного палива на показники паливної економічності та токсичність відпрацьованих газів дизельних двигунів.

Об’єктом дослідження виступає процес функціонування дизельного двигуна при використанні паливних сумішей. Предметом дослідження є зміни експлуатаційних та екологічних показників двигуна внаслідок додавання біоетанолу до дизельного палива.

Практика застосування біоетанолу передбачає використання його у вигляді добавок до дизельного палива в різних концентраціях. Найбільш поширеними є суміші з вмістом біоетанолу від 5 до 20 % [4]. Такі концентрації дозволяють забезпечити стабільну роботу двигуна без суттєвого втручання в його конструкцію, хоча в окремих випадках може виникати потреба у вдосконаленні паливної апаратури або застосуванні стабілізуючих присадок.

Дослідження показують, що додавання біоетанолу позитивно впливає на процес згоряння палива. Завдяки наявності кисню в складі біоетанолу відбувається інтенсифікація окислювальних реакцій, що сприяє більш повному використанню енергії палива. Це, у свою чергу, призводить до зменшення утворення сажі та інших продуктів неповного згоряння.

Аналіз токсичності відпрацьованих газів свідчить про зниження викидів оксиду вуглецю (CO) та незгорілих вуглеводнів (HC) при використанні біоетанольних сумішей. Також спостерігається зменшення кількості твердих частинок, що є важливим фактором з точки зору екологічної безпеки. Водночас зміна рівня викидів оксидів азоту (NOx) має складніший характер і залежить від температурного режиму роботи двигуна та складу паливної суміші [4].

Щодо паливної економічності, то використання біоетанолу може супроводжуватися певним збільшенням витрати палива. Це пояснюється тим, що біоетанол має нижчу теплоту згоряння, ніж дизельне паливо, тому для отримання однакової кількості енергії необхідна більша кількість палива. Однак у ряді випадків це збільшення є незначним і може компенсуватися покращенням якості згоряння.

Необхідно також враховувати вплив біоетанолу на технічний стан двигуна. Зокрема, зменшена змащувальна здатність біоетанолу може спричиняти підвищене зношування елементів паливної системи. Крім того, його здатність поглинати вологу може призводити до утворення нестабільних паливних сумішей, що потребує додаткових заходів щодо їх стабілізації.

Попри зазначені особливості, використання біоетанольних добавок має значний потенціал. В умовах зростання вартості традиційних енергоносіїв та посилення екологічних вимог до техніки, застосування альтернативних палив стає важливим напрямком розвитку сучасного машинобудування.

Отже, результати аналізу свідчать про те, що біоетанол може ефективно використовуватися як добавка до дизельного палива з метою зниження токсичності відпрацьованих газів. Водночас для забезпечення високої ефективності його застосування необхідно оптимізувати склад паливних сумішей та враховувати конструктивні особливості двигунів.

Подальші дослідження в цьому напрямі залишаються актуальними та мають бути спрямовані на поглиблене вивчення впливу різних концентрацій біоетанолу на експлуатаційні характеристики дизельних двигунів. Важливим є обґрунтування оптимального складу паливної суміші, що дозволяє забезпечити ефективний процес згоряння, зменшення токсичних викидів і збереження потужнісних показників двигуна. Окремого опрацювання потребують технічні рішення щодо адаптації паливних систем до альтернативних видів палива, зокрема у частині стабільності суміші, недопущення її розшарування та підтримання стабільної роботи двигуна в різних режимах. Отримані результати можуть стати основою для підвищення ефективності використання енергоресурсів і зниження екологічного навантаження транспорту. З огляду на це, використання паливних сумішей з вмістом біоетанолу до 20% дозволяє суттєво покращити екологічні показники роботи двигунів без суттєвих змін у конструкції, що є економічно доцільним при експлуатації мобільної техніки в агропромисловому комплексі.

Список використаних джерел

1. Внукова Н. В., Барун М. В. Альтернативне паливо як основа ресурсозбереження і екобезпеки автотранспорту. Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2011. № 9. С. 45–55.
2. Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи / за ред. Г. Гелетухи. Київ : Академперіодика, 2022. 373 с.
3. Гунько І. В., Бурлака С. А. Багатокомпонентні біосумішеві системи живлення двигунів внутрішнього згоряння *:* монографія. Вінниця : Твори, 2024. 213 с.
4. Мельник В. М., Козак Ф. В. Ефективність використання альтернативного палива на дизельних двигунах. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2018. № 1. С. 91–99.

159. Прикота А.І., Калнагуз О.М., Сіренко Ю.В.Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.

АНАЛІЗ ОПЕРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР (ПШЕНИЦІ)

Серед зернових культур пшениця має особливе значення, оскільки це основа продовольчої безпеки та важливим елементом аграрного виробництва Рівень урожайності та якість продукції значною мірою визначаються ефективністю організації всього комплексу агротехнологічних заходів — від обробітку ґрунту до збирання врожаю.У сучасному сільському господарстві підвищення ефективності вирощування пшениці неможливе без удосконалення окремих виробничих етапів, що дає змогу раціоналізувати використання ресурсів, зменшувати собівартість продукції та забезпечувати стабільні результати виробництва. Саме тому тема аналізу операційних технологій при вирощуванні пшениці є актуальною.

Мета роботи – аналіз операційних технологій вирощування пшениці, обґрунтування значення для одержання високого врожаю та можливості застосування у покращенні якості зернової продукції і підвищенні ефективності.

Пшениця займає одне з першочергових місць серед зернових культур . Тому що вона має високу харчову цінність зерна та широке використання в харчовій промисловості. Вона має велике продовольче й економічне значення і добре адаптується до різних ґрунтово-кліматичних умов, хоча найкраще розвивається на родючих, структурованих ґрунтах за достатньої вологості та оптимальної температури. У процесі росту пшениця проходить ключові фази (від проростання до дозрівання), що і визначають формування врожаю. Залежно від потреб та біологічних особливостей вирощують, зазвичай, для потреб озиму пшеницю, що має вищу врожайність та яру.

Фундаментальні етапи технології – це підготовка ґрунту, вибір сорту, використання якісного насіння та правильне проведення сівби. Перед посівом проводять обробку ґрунту: оранку, культивацію, боронування. Це дає змогу розпушити ґрунт, зберегти вологу, зменшити кількість бур'янів і створити кращі умови для розвитку корененів. Для посіву зазвичай використовують районовані сорти та насіння з високою схожістю [1].

Сівбу проводять у відповідні строки, дотримуються норм посіву (глибини посіву). Часто застосовують сівбу по рядках, через те. Що це забезпечує рівномірність рослин у полі. Правильно проведена сівба сприяє появі дружних сходів, нормальному росту і розвитку рослин, що в подальшому впливає на врожайність.

Також важливо удобрювати грунт, бо треба забезпечити рослини всіма поживними речовинами, бо не кожен грунт має правильний склад мікроелементів. І це безпосередньо впливає на ріст, розміри та формування врожаю, і, як наслідок, кількість врожаю. Для цього використовують органічні та мінеральні добрива. Перші покращують структуру ґрунту, підвищують його родючість і біологічну активність. Тоді як другі забезпечують рослини поживними елементами у доступній формі [1, 2].

Найбільш важливі хімічних елементів для пшениці у ґрунті – це азот, фосфор і калій. Азот сприяє росту рослин і формуванню зеленої маси, але перевищення може спровокувати погіршення зерна. Фосфор впливає на кореневу систему, тобто, прискорює достигання і підвищує стійкість рослин до несприятливих умов. Калій покращує використання вологи та підвищує стійкість рослин до хвороб, посухи та зміни температур. Добрива вносять як під основний обробіток ґрунту, так і під час вегетації у вигляді підживлення. Це робиться задля забезпечення рослини всіма поживними елементами впродовж усього вегетаційного періоду

Важливою складовою технології вирощування пшениці є також догляд за посівами, який передбачає систему заходів для забезпечення нормального розвитку рослин і зменшення втрат від хвороботворних агентів, шкідників і бур'янів. Саме вони значно послаблюють посіви пшениці, через те, що забирають у культурних рослин вологу, поживні речовини та світло. Саме тому боротьбу з ними потрібно проводити вчасно. Для цього використовують агротехнічні заходи. А також хімічні засоби захисту (гербіциди). Рослини потребують захисту, бо ураження впливає на врожайність та якість зерна. Для запобігання використовують фунгіциди, щоб пригнічити або вбити грибкові агенти. А для знищення комах – інсектициди. І саме поєднання агротехнічних заходів, правильного обробітку поля та своєчасність забезпечують формування високого врожаю [3].

Проте у районах, де часто спостерігається нестача води (або опадів) необхідною умовою стає дотримання водного режиму ґрунту. Бо волога – це основний фактор росту та дозрівання культур, бо саме у водному середовищі протікають всі біохімічні реакції. Дуже важливою є необхідність достатньої кількості води у критичні періоди. Якщо в ці періоди рослини не отримують достатньо вологи, посіви можуть зріджуватися, ріст рослин уповільнюється, зменшується маса зерна і загальна врожайність. Однак, надлишок вологи теж має негативний вплив, через те, що він погіршує повітряний режим ґрунту і сприяє розвитку хвороб, ослаблює кореневу систему [1].

Завершальний етап вирощування це збирання врожаю. Це необхідно проводити вчасно, бо саме від цього залежить і кількість і якість зерна. Якщо зібрати врожай занадто рано, то він буде вологий і його доведеться сушити. А якщо запізнитися, то зерно може обсипатися, посіви можуть вилягати.

Отже, аналіз операційних технологій при вирощуванні пшениці показав, що ефективність виробництва цієї культури залежить від правильного та послідовного виконання всіх агротехнічних заходів. Найбільший вплив на врожайність і якість зерна мають підготовка ґрунту, вибір сорту й посівного матеріалу, дотримання оптимальних строків і параметрів сівби, раціональне удобрення, своєчасний догляд за посівами, регулювання водного режиму, а також якісне збирання та

післязбиральна доробка зерна. Порушення будь-якого з цих етапів призводить до зниження продуктивності, погіршення якості врожаю та збільшення виробничих витрат.

Список використаних джерел

1. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник.- 5-те вид., виправ., допов. Львів: НВФ "Українські технології", 2020. 806 с.

2. Жученко А.А. Озима пшениця: селекція, насінництво, технологія вирощування. Київ: Аграрна наука, 2012. 624 с.

3. Бойко П.І., Коваленко Н.П. Землеробство: підручник. Київ: Вища освіта, 2008. 463 с.

4. Господаренко Г.М. Агрохімія: Підручник / Г.М. Господаренко. – К.: ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2015. – 406 с.

5. Технологія виробництва продукції рослинництва: навч. посіб. Ч.2 / [Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д.]. Київ: Аграрна освіта, 2010. 405 с.

160. Балюра Є.О., Калнагуз О.М., Горовий М.В.Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.

ОГЛЯД МАШИН ДЛЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Без мінеральних добрив нинішнє фермерство просто не змогло б працювати ефективно, оскільки саме вони є гарантом родючості полів. Секрет їхньої необхідності очевидний. Як і всі живі істоти, рослини потребують їжі для росту, яку вони зазвичай беруть із ґрунту. Але через те, що сучасна агропромисловість працює на високих обертах, земля швидко виснажується і вже не здатна самостійно прогодувати посіви.

Саме в таких випадках рятують штучні підживлення. Вони діють як «швидка допомога» для ґрунту, миттєво перекриваючи дефіцит необхідних для рослини поживних речовин. Систематичне внесення таких препаратів не лише відчутно підвищує загальні збори врожаю, а й робить кінцевий продукт якіснішим і кориснішим. Додатковою перевагою є те, що міндобрива стимулюють обмін речовин у рослин, прискорюючи їхній розвиток. У результаті повноцінно живлені культури стають набагато витривалішими та менше страждають від комах чи специфічних хвороб.

На українському ринку присутні наступні вітчизняні компанії, які виробляють розкидачі мінеральних добрив:

«Завод Кобзаренка» (Сумщина) рисунок 1.

Асортимент: 5 причіпних моделей серії РМД: (від 6 до 20 тонн) [2].

Особливості: Машини мають безресорні осі ADR та якісні німецькі диски з легованої сталі від фірми Rauch. Базово обладнані приводом від колеса, але для великих норм добрив можна підключити привід від ВВП. На потужні моделі (12 і 20 т) встановлюється комп'ютерне управління. Потужність трактора: 80–200 к.с.



Рисунок 1. Вітчизняні машини для внесення мінеральних добрив

«Завод сільгоспмашин» (Дніпропетровщина) рисунок 1 [3].

Асортимент: 8 моделей серії BIM (BIM 1000; BIM GKE 1000; BIM 1500; BIM 3000; BIM 3000T; BIM 3000TT; BIM GKE7000; BIM 2500 T; BIM 2500 TT; BIM GKE-5000; BIM GKE-6000; BIM GKE-7000; BIM GKE-10000), розроблених спільно з німецькими фахівцями. Є навісні (1.5–3 т), причіпні, 4-колісні (в позначенні є букви TT) та великогабаритні з комп'ютером GKE (до 10 т). Особливості: вирізняються системою подвійних заслінок для точного дозування. У 4-колісних розкидачах можна незалежно відключати подачу на лівий або правий диск.

Для регулювання норми розкидання на моделях BIM GKE-5000, BIM GKE-6000, BIM GKE-7000, BIM GKE-10000, використовується електронна система, що дозволяє не тільки коригувати цей показник, але і вести документування всього процесу роботи пристрою. Електроніка цих моделей дозволяє вибирати оптимальний шлях трактора по полю, з огляду на прокладання технологічної колії з прив'язкою до заданої карти через систему GPS [3].

«Оріхівсільмаш» (м. Запоріжжя) рисунок 1. Дане виробниче підприємство сільськогосподарського машинобудування випускає розкидачі мінеральних добрив двох моделей РМД – 1000 та РМД - 3000 (навісні на 500 – 1000 кг, та напівпричіпна на 3 т). Для навантаження мінеральних добрив дане підприємство випускає маніпулятор МГС-100, який має можливість приєднуватись до візка (рами) розкидача РМД-3000.

Універсальний візок призначений для транспортування та експлуатації навісних розкидачів мінеральних добрив. Це ідеальне рішення для аграріїв, які бажають агрегатувати важкі та продуктивні розкидачі (типу Kuhn Axis, VRA та аналогів) з тракторами малого та середнього тягового класу (МТЗ 80/82/892), не перевантажуючи гідравліку та задню навіску трактора [4].

Особливості: Оснащені шнековою мішалкою. Головна фішка — продумана форма бункера, яка переносить вагу ближче до осі трактора, щоб навантаження на колеса розподілялося рівномірно. Потужність трактора: від 80 к.с.

Німецька компанія Amazone випускає розкидачі добрив: AMAZONE ZG-TS; AMAZONE ZA-M; AMAZONE ZA-V; AMAZONE ZA-TS; AMAZONE ZA-X (рисунок 2).



Рисунок 2. Розкидачі мінеральних добрив

Як приклад розкидач MAZONE ZG-TS. Робочі диски: Працюють від гідравлічного приводу, що дозволяє їм обертатися незалежно від обертів двигуна трактора та з різною частотою. Це забезпечує надзвичайно точне внесення добрив навіть на краях поля. Подача добрив: Здійснюється через центральний стрічковий транспортер, який керується автоматично і майже не потребує обслуговування. Продуктивність: Машина здатна вносити до 650 кг/хв при робочій швидкості до 30 км/год.

Конструкція бункера: Має низький центр ваги, великий отвір для завантаження та стрімкі стінки без кутів, що забезпечує ідеальне зісковзування добрив та легке очищення.

Інтелектуальні технології та системи розкидачів AMAZONE (рисунок 3):

ProfisPro (Зважувальна техніка) рисунок 3: Інтегрована в раму онлайн-система з 4 зважувальними комірками (вага самої системи 3850–4000 кг). Вона безперервно зважує добрива, автоматично калібрує норму внесення, допомагає при завантаженні (показує залишки без зовнішніх ваг) та навіть автоматично регулює гальмівне зусилля залежно від поточного навантаження бункера.



Рисунок 3. Інтелектуальні системи розкидача добрив

AutoTS: Інтегрована система межового розподілення. Дозволяє прямо з кабіни перемикатися між режимами розкидання по краях, межах полів чи вздовж канав.

ArgusTwin: Система автоматичного контролю та адаптації поперечного розподілення (реагує на зміну добрив або погану погоду). У Argus Twin ліву і праву зони розподілу контролюють по 7 датчиків-радарів, встановлених на двох напівкруглих кронштейнах. Вони встановлені на невеликій відстані над і за межами розкидаючих дисків, але всередині захисної рамки. Кожен датчик виявляє летячі гранули добрив на відстані 40-90 см; таким чином, вони сканують все віяло розкидання [5].

GPS-Switch: Автоматичне посекційне ввімкнення (до 128 секцій), що унеможливлює перекриття.

Машини для внесення мінеральних добрив призначені для рівномірного дозованого розподілу поживних речовин у ґрунті та покращують агрохімічний стан ґрунтового середовища, підвищують ефективність використання добрив, забезпечують оптимальні умови мінерального живлення рослин і сприяють зростанню врожайності сільськогосподарських культур.

Список літератури:

1. Мінеральні добрива: види, переваги та правильне застосування. Сайт https://agromag.ua/. Agromag / Статті /. URL: https://agromag.ua/ua/mineralnyie-udobreniya-vidyi-preimushhestva-i-pravilnoe-primenenie (дата звернення: 14.04.2026).

2. Розкидачі добрив. Сайт https://kobzarenko.com.ua/ ТОВ «Завод Кобзаренка». Головна / Продукція / Розкидачі добрив. URL: https://kobzarenko.com.ua/catalog/rozkydachi-mineralnyh-dobryv/ (дата звернення: 18.03.2026).

3. Розкидачі добрив. Сайт https://bim-agritech.com/uk. Завод сільгоспмашин. Головна / Розкидачі добрив. URL: https://bim-agritech.com/uk/rozkydachi-dobryv (дата звернення: 11.03.2026).

4. Розкидачі добрив. Сайт https://ua.orehovselmash.com/ ТОВ "Оріхівсільмаш" - виробниче підприємство сільськогосподарського машинобудування.. Головна / Каталог / Продукція / Розкидачі добрив. URL: https://ua.orehovselmash.com/razbrasyvateli-udobreniy/.

5. Система коригування внесення добрив Amazone Argus Twin. Сайт https://traktorist.ua/ Біржа сільгосптехніки. Головна / Технології. URL: https://traktorist.ua/technologies/786-sistema-koriguvannya-vnesennya-dobriv-amazone-argus-twin (дата звернення: 19.03.2026).

6. Amazone удосконалив систему зважування на розкидачах добрив. Сайт https://traktorist.ua/ Біржа сільгосптехніки. Головна / Новини. 26.11.2020. URL: https://traktorist.ua/news/amazone-udoskonaliv-sistemu-zvazhuvannya-na-rozkidachah-dobriv (дата звернення: 22.04.2026).

7. Внесення добрив. Сайт https://ats.in.ua/. Компанія АТС. ТОВ «Агротехсоюз». Головна / Сільгосптехніка / AMAZONE. URL: https://ats.in.ua/agriculture-machines/amazone/vnesennya-dobryv (дата звернення: 18.03.2026).

161. Сікорський А.М., Саржанов Б.О., Калнагуз О.М.Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ В АГРОКЛІМАТИЧНИХ ЗОНАХ СУМЩИНИ

Визначальні фактори технічного забезпечення регіону. Аграрний сектор Сумської області функціонує на межі Полісся та Лісостепу, що зумовлює складні умови для вирощування просапних культур. Ключовими чинниками, що впливають на вибір механізованих рішень, є тривалість весняного прогрівання ґрунту, нерівномірний розподіл опадів у вегетаційний період та специфічна вологість зернової маси під час жнив. Успішна стратегія господарювання в регіоні базується на впровадженні адаптивних технологій та високопродуктивного обладнання.

Оптимізація передпосівного обробітку та архітектура ґрунту. На Сумщині пріоритетним завданням механізації є мінімізація втрат вологи та руйнування ущільнених шарів (плужної підошви), які притаманні місцевим типам ґрунтів.

Впровадження безвідвального розпушування: Традиційна оранка поступається місцем комбінованим знаряддям типу Case IH Ecolo-Tiger або Horsch Tiger MT. Ці агрегати забезпечують глибоку аерацію (до 45 см), створюючи оптимальний простір для розвитку кореневої системи кукурудзи та покращуючи фільтрацію опадів.

Технологія вертикального обробітку (Vertical Till): У північних кластерах області (Шосткинщина) для прискорення біологічної активності ґрунту доцільно застосовувати турбокультиватори (напр., Salford RTS). Вони подрібнюють пожнивні залишки, не порушуючи капілярну структуру землі.

Ресурсний ефект: Заміна багатоопераційної підготовки однопрохідними комплексами дозволяє оптимізувати витрати ПММ на 20%, що суттєво знижує собівартість стартового етапу робіт.

Посівна кампанія: Контроль точності та часовий менеджмент. Агротехнічне «вікно» для закладання насіння на Сумщині є вкрай стислим (до 10–12 діб). Будь-яка затримка веде до втрати продуктивної вологи.

Високошвидкісні посівні комплекси: Застосування сівалок Väderstad Tempo або Horsch Maestro дозволяє здійснювати висів на швидкостях до 16 км/год. Інноваційні системи дозування під надлишковим тиском забезпечують ідеальну розкладку насіння в рядку, ігноруючи вібраційні навантаження.

Адаптивне притискне зусилля: Завдяки інтеграції датчиків типу DeltaForce, кожна секція сівалки самостійно підлаштовується під опір ґрунту. Це критично для полів Сумщини з різним гранулометричним складом, оскільки гарантує ідентичну глибину закладання та одночасність сходів.

Мінімізація витрат: Функція Section Control усуває подвійний висів на розворотах. Це забезпечує економію дороговартісного насіннєвого фонду в межах 5–8% на полях зі складною геометрією.

Технологічний догляд та інтенсифікація живлення. Для досягнення потенційної врожайності на Сумщині необхідне збалансоване живлення та мобільний захист від шкідників (зокрема кукурудзяного метелика).

Перехід на рідкі форми добрив (КАС): Використання аплікаторів-підживлювачів (напр., Blu-Jet) дозволяє подавати азот безпосередньо в кореневу зону. Рідка форма живлення краще засвоюється в умовах літнього дефіциту вологи, характерного для Лісостепової частини області.

Застосування обприскувачів з високим кліренсом: Для внесення фунгіцидів та інсектицидів на пізніх стадіях вегетації залучаються машини з просвітом від 1,8 метра (John Deere 4045, Miller Nitro). Це мінімізує механічні пошкодження високих рослин і гарантує повне покриття посівів.

Збиральний етап: Збереження якості та продуктивність. Через кліматичні особливості, збирання зерна на Сумщині часто відбувається при вологості 25–34%, що вимагає специфічного обладнання.

Пріоритетність роторного обмолоту: Машини типу Case IH Axial-Flow або John Deere S-серії демонструють кращі показники при роботі з вологою масою. Роторна технологія дозволяє зберегти цілісність оболонки зерна, що суттєво зменшує відсоток битої продукції.

Якість подрібнення пожнивних решток: Жатка з активним подрібнювачем (напр., Geringhoff) готує поле до наступного сезону без необхідності проведення додаткових операцій з мульчування.

Логістична оптимізація: Включення в робочий цикл бункерів-перевантажувачів (зокрема локального виробництва — «Завод Кобзаренка») дозволяє комбайнам працювати в безперервному режимі, що підвищує добову виробітку на 30%.

Економіка точного землеробства та цифрова інтеграція. Сучасна модель агробізнесу в регіоні неможлива без систем дистанційного моніторингу та управління даними.

Телеметричний контроль: Платформи JDLink або AFS Connect дозволяють агрономам та інженерам відстежувати параметри роботи кожного агрегату в режимі онлайн, оптимізуючи логістичні маршрути та витрату палива.

Аналіз продуктивності через картування: Дані, зібрані сенсорами врожайності, трансформуються в електронні карти завдань. Це дозволяє впроваджувати диференційоване внесення ресурсів: збільшувати норми добрив на родючих ділянках та економити на зонах з низьким потенціалом.

Економічний підсумок: Окупність капітальних інвестицій у модернізацію технічного парку базується на трьох факторах: суттєвій економії насіння та палива (до 15%), зниженні витрат на сушіння зерна через оптимальні терміни збирання та збільшенні валового збору за рахунок точності технологічних операцій.

Підвищення ефективності кукурудзяного кластера на Сумщині прямо корелює з рівнем технічної оснащеності господарств. Використання інтелектуальних систем висіву, енергоефективного обробітку ґрунту та потужних збиральних комплексів дозволяє нівелювати ризики, пов’язані з мінливістю клімату. Впровадження інноваційних технічних рішень є безальтернативним шляхом до підвищення маржинальності виробництва та збереження агротехнологічного потенціалу регіону.

Список використаних джерел

1. Бокач О. Технологія вирощування кукурудзи. Сайт https://www.syngenta.ua/. Home / News / Кукурудза / Технологія вирощування кукурудзи. 04.11.2016. URL: https://www.syngenta.ua/en/news/kukurudza/tehnologiya-viroshchuvannya-kukurudzi (дата звернення: 17.09.2025).

2. Лапчинський В. Кукурудза по no-till: особливості технології вирощування. Сайт Https://superagronom.com/ Головний сайт для агрономів.. Головна / Блоги /. 03.02.2022. URL: https://superagronom.com/blog/872-kukurudza-po-no-till-osoblivosti-tehnologiyi-viroschuvannya (дата звернення: 03.09.2025).

3. Технології підготовки ґрунту для посіву кукурудзи. Сайт https://agromen.com.ua/. Головна / Інформація / Агротехнології / Технологія вирощування кукурудза /. URL: https://agromen.com.ua/uk/interesno-znati/tehnologiyi-pidgotovki-gruntu-dlya-posivu-kukurudzi (дата звернення: 03.09.2025).

4. Черкас В. Технологія вирощування кукурудзи за системами no-till і strip-till. Журнал "Агробізнес Сьогодні". Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 21.01.2021. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/20152-tekhnolohiia-vyroshchuvannia-kukurudzy-za-systemamy-notill-i-striptill.html (дата звернення: 17.09.2025).

5. Кришко М. Обробіток ґрунту під кукурудзу: поради фахівця. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. Головна / Статті /. 13.07.2020. URL: https://superagronom.com/articles/392-obrobitok-gruntu-pid-kukurudzu-poradi-fahivtsya (дата звернення: 01.10.2025).

6. Басанець О. Вирощування кукурудзи: повна технологія. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. Головна / Статті /. 12.05.2020. URL: https://superagronom.com/articles/367-viroschuvannya-kukurudzi-povna-tehnologiya (дата звернення: 17.09.2025).

7. Цилюрик О. Ефективні прийоми обробітку ґрунту під кукурудзу. Журнал "Агробізнес Сьогодні". Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 18.01.2019. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/12698-efektyvni-pryiomy-obrobitku-gruntu-pid-kukurudzu.html (дата звернення: 17.09.2025).

162. Леоненко Д.О., Сіренко Ю.В., Горовий М.В., Калнагуз О.М. Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В ГОСПОДАРСТВІ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Одним із ключових факторів, які забезпечують підвищення врожайності сільськогосподарських культур є внесення добрив. Без правильної організації даного процесу неможливо стабільно отримувати високі врожаї.

Так як у Сумській області переважають чорноземи та сірі лісові ґрунти, які мають високий потенціал родючості, але потребують регулярного внесення поживних речовин, внесення добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур має мати сучасний рівень технічного забезпечення, так як в іншому випадку неможливо проводити регулярний якісний процес підживлення ґрунтів мінеральними речовинами.

Огляд літературних джерел стосовно технічного забезпечення внесення добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур виявив широкий спектр робіт, які детально описують цей процес без прив'язки до окремих регіонів.

Сучасна система внесення добрив базується на поєднанні різних видів добрив, які відрізняються як за фізико-хімічними властивостями, так і за технологією внесення. Ключовим є вибір виду добрива за його властивостями: форма, гігроскопічність, гранулометричний склад, сипучість і сумісність із технічними засобами внесення тощо.

Мінеральні добрива становлять основу системи живлення більшості польових культур. Азотні добрива (аміачна селітра, карбамід) характеризуються високою розчинністю та швидкою доступністю для рослин, але водночас мають підвищений ризик втрат через випаровування аміаку та вимивання нітратів. Фосфорні добрива (суперфосфат, амофос) малорухомі в ґрунті, тому їх ефективність значною мірою залежить від глибини та локалізації внесення. Калійні добрива (хлористий калій, сульфат калію) впливають на водний режим рослин і стійкість до стресів, але потребують рівномірного розподілу по площі. З технічної точки зору, мінеральні добрива в гранульованій формі повинні мати однорідний розмір гранул (2-5 мм), що забезпечує стабільну роботу розкидачів і рівномірність внесення.

Органічні добрива виконують не лише поживну, а й структуроутворюючу функцію: перегнивання, гноївка, компости та сидерати підвищують вміст гумусу, покращують водоутримуючу здатність ґрунту та активізують мікробіологічні процеси. Варто враховувати, що нерівномірність структури, висока вологість і змінна щільність ґрунтів потребують використання спеціалізованих розкидачів органічних добрив із транспортерами та розкидувальними барабанами. Крім того, необхідно враховувати логістику перевезення великих об'ємів та синхронізацію з технологічними строками обробітку ґрунту.

Рідкі добрива, зокрема карбамідно-аміачна суміш (КАС), набувають все більшого поширення завдяки можливості точного дозування та рівномірного розподілу. КАС має високу концентрацію азоту в трьох формах: нітратній, амонійній і амідній, що забезпечує пролонговану дію. З технічної точки зору для його внесення використовуються оприскувачі або спеціальні аплікатори з системами контролю витрати рідини, насосами, форсунками та трубопроводами, стійкими до корозії. Важливим аспектом є вибір типу форсунок, які якраз таки і впливають на розмір крапель і рівномірність покриття.

Мікродобрива застосовуються у малих дозах, але мають критичне значення для фізіології рослин. Вони вводяться переважно у вигляді розчинів або хелатних форм через оприскувачі, що потребує високої точності калібрування обладнання та контролю норми внесення, оскільки перевищення концентрації може викликати фітотоксичний ефект.

Технологія внесення добрив включає кілька взаємопов'язаних способів, які обираються залежно від культури, фази розвитку рослин і властивостей ґрунту. Основне внесення здійснюється під час основного обробітку ґрунту: оранка, глибоке рихлення і передбачає внесення добрив у орний шар. З технічної точки зору це може виконуватися як окремими розкидачами з подальшим загортанням, так і комбінованими агрегатами, що поєднують внесення з обробітком ґрунту.

Передпосівне внесення виконується безпосередньо перед посівом або одночасно з ним. У сучасних сівалках передбачені туковисівні апарати, які забезпечують локальне внесення добрив у рядок або в зону насіння. Це дозволяє підвищити коефіцієнт використання поживних речовин і зменшити їх загальні витрати. Підживлення в період вегетації є технологічно складнішим, оскільки потребує мінімального пошкодження рослин і точного дотримання фаз розвитку. Кореневе підживлення може здійснюватися через міжрядні культиватори з туковисівними пристроями або інжекційні системи для рідких добрив. Позакореневе підживлення виконується оприскувачами з дрібнодисперсним розпиленням, що забезпечує швидке засвоєння через листкову поверхню. Технічне забезпечення внесення добрив охоплює широкий спектр машин і агрегатів. Для твердих мінеральних добрив застосовуються відцентрові (дискові) розкидачі, які забезпечують ширину захвату до 24-36 м. Якість їх роботи визначається точністю дозування, рівномірністю поперечного розподілу та стабільністю подачі матеріалу. Ключовими елементами є дозуючі механізми, розподільчі диски та системи регулювання норми внесення.

Для органічних добрив використовуються причіпні розкидачі з горизонтальними або вертикальними барабанами, які подрібнюють масу і рівномірно розподіляють її по поверхні поля. У випадку рідких органічних добрив (гноївка) застосовуються цистерни з насосами та шланговими системами внесення.

Оприскувачі є універсальними машинами для внесення рідких добрив і мікроелементів. Вони оснащені штангами великої ширини (до 36 м і більше), системами стабілізації, автоматичним контролем висоти та електронними блоками управління. Якість внесення визначається калібруванням форсунок, тиском у системі та швидкістю руху агрегату. Сучасний рівень розвитку технічних засобів внесення добрив передбачає впровадження технологій точного землеробства. Використання GPS-навігації, датчиків врожайності, карт агрохімічного аналізу ґрунту дозволяє здійснювати диференційоване внесення добрив. Це означає, що норма внесення змінюється в реальному часі залежно від продуктивності конкретної ділянки поля. Для цього застосовуються системи змінної норми (VRA), які інтегруються з бортовими комп'ютерами техніки.

В Сумській області основними культурами є озима пшениця, кукурудза та соняшник, які мають різні потреби в елементах живлення і різні строки внесення добрив. Великі площі полів потребують високопродуктивної техніки з широким захватом і високою точністю роботи. Ґрунти регіону характеризуються неоднорідністю, що обумовлює необхідність адаптації технологій внесення. Це включає регулювання глибини загортання, норм внесення та вибір типу агрегатів. Наприклад, на важких ґрунтах доцільне глибше внесення фосфорних добрив, тоді як на легких частіше застосовується дробне внесення азоту. Серед основних проблем технічного забезпечення слід відзначити високий рівень зношеності машинно-тракторного парку, що призводить до зниження точності внесення і збільшення втрат добрив. Крім того, сучасні високотехнологічні машини мають високу вартість, що обмежує їх використання в середніх і малих господарствах. Недостатній рівень впровадження систем точного землеробства також знижує ефективність використання ресурсів.

З економічної точки зору, оптимізація внесення добрив дозволяє значно знизити витрати за рахунок підвищення коефіцієнта їх використання рослинами. З технічної позиції це досягається шляхом точного дозування, рівномірного розподілу та мінімізації втрат під час транспортування і внесення.

Втрати добрив можуть відбуватися внаслідок випаровування (особливо азотних форм), вимивання в глибші шари ґрунту або нерівномірного розподілу по полю. Використання сучасних машин із системами контролю норми внесення, а також правильне налаштування обладнання дозволяють суттєво зменшити ці втрати. Водночас надмірне або нераціональне внесення добрив створює серйозні екологічні ризики, включаючи забруднення ґрунтових вод нітратами та деградацію ґрунтів. Тому технічне забезпечення повинно поєднувати високу продуктивність із точністю та екологічною безпекою, що є ключовою вимогою сучасного аграрного виробництва.

Враховуючи усе вищесказане, можна впевнено сказати, що сучасна система внесення буде ефективною лише за умови комплексного поєднання різних видів добрив, обраних з урахуванням фізико-хімічних властивостей потреб рослин і особливостей ґрунтів. Важливо, щоб способи внесення були адаптовані до конкретних культур і фаз їх розвитку, що дозволяє максимально підвищити засвоєння поживних речовин рослинами. Сучасне технічне забезпечення процесу внесення добрив дозволяють досягати рівномірного розподілу добрив, контролювати норму внесення та зменшувати втрати, як врожайні, так і економічні. Адаптація технологій до умов регіону, типу ґрунту та масштабів обробітку сприяє підвищенню продуктивності техніки і більш ефективному використанню наявних ресурсів фермерських господарств.

Список використаних джерел

1. Андрійченко Л. Весняне внесення добрив. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті /Агрономія Сьогодні. 02.01.2019. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/12565-vesniane-vnesennia-dobryv.html (дата звернення: 06.05.2025).

2. Войтюк Д., Мартишко В., Волянський М. Сільськогосподарські машини. : електронний посібник. Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти : Київ, 2023. URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Agricultural%20machinery/1/1.3.htm (дата звернення: 03.05.2025).

3. Добрива для зернових культур. Сайт https://sun-ukr.com/. Головна / Культура /. URL: https://sun-ukr.com/cultureSeed?srsltid=AfmBOorOxObEUpxPKqT75cOi0r3L79yGXpo70eMtKL1mXluG7G2icOEc (дата звернення: 06.05.2025).

4. Андрійченко Л. Весняне внесення добрив. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті /Агрономія Сьогодні. 02.01.2019. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/12565-vesniane-vnesennia-dobryv.html (дата звернення: 06.04.2025).

5. Коваленко І. Вибір й особливості експлуатації машин для внесення гранульованих мінеральних добрив [Електронний ресурс] / І. Коваленко // Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК.. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/24362-vybir-i-osoblyvosti-ekspluatatsii-mashyn-dlia-vnesennia-hranulovanykh-mineralnykh-dobryv.html.

6. Думич В. Машини для внесення твердих міндобрив [Електронний ресурс] / В. Думич, М. Мазурак // Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК.. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/14334-mashyny-dlia-vnesennia-tverdykh-mindobryv.html.

7. Техніка для точного дозування і розподілу мінеральних добрив [Електронний ресурс] // Agroexpert – щомісячне науково-практичне видання.. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://agroexpert.ua/tekhnika-dlia-tochnoho-dozuvannia-i-rozpodilu-mineralnykh-dobryv/.

163. Дешко Р.О., Горовий М.В., Калнагуз О.М. Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДГОТОВКИ ГРУНТУ ПІД ПОСІВ ТА ПОСІВ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В УМОВАХ СУМЩИНИ

Кукурудза на зерно є однією з основних культур у структурі посівних площ Сумщини. У 2025 рік в досліджувальному господарстві під кукурудзу на зерно було відведено 12 623 га, що становить 58% від усього земельного банку підприємства. Отримання високої врожайності що становить 135,5 ц/га у 2025 безпосередньо залежить від якосного обробітку грунту та дотримання термінів посіву, що забезпечується потужним машинно-тракторним парком що є в підприємстві.

Для вирощування кукурудзи на зерно підприємство використовує дуже багато технічного запезпечення, маючи на своєму балансі досить багато різної техніки та різних агрегатів для обробітку грунту.

Підприємство використовує комбіновану систему обробітку грунту. Вона включає в себе оранку та глибоке рихлення яке проводиться восени відразу після збирання попередньої культури.

Для оранки підприємство використовує плуги такі як Kuhn Multi Leader, за допомогою цих плугів добре перевертається та розпушується верхній шар грунту та під час проведення оранки добре знищуються буряни та залишки решток попередньої культури, також після проведення оранки грунт краще вбирає вологу. Також під час основного грунтообробітку після попередньої культури підприємство виконує глибоке рихлення. Слобожанщина агро має такі глибокорозпушувачі як:

- SALFORD 9809;
- Sub Soliter Spider;
-BEDNAR TERRALAND TN 3000 D7R;
- Ecolo-Tiger.

Глибоке рихлення виконується коли грунт злеглий та дуже ущільнений, рихлення відрізняється від оранки тим що під час глибокого рихлення грунт не перевертається, а лише розпушується. Маючи дуже великий банк землі підприємство оцінивши якість грунту вибирає на яких полях краще проводити оранку, а на яких глибоке рихлення, для досягнення кращого обробітку грунту.

Для цих плугів та глибокорозпушувачів підприємство використовує потужні трактори марок таких як:

- Fend;
- John Deere;
- New Holland.

Після зими коли на площах які планують під посів кукурудзи на зерно сходить сніг та грунт стає оптимальної температури та є можливість заїхати технікою в поле, то підприємство проводить передпосівний грунтообробіток. У цей вид грунтообробітку входить культивація. В господарстві культивація проводиться такими агрегатами як:

- Tiger-Mate 255 40,6FT;
- КРНВ-5,6-04;
- АСК-12,30;
- HORSCH FG 12.30 м.

Культивація проводиться для того щоб розпушити грунт після зими, це сприяє для кращого доступу повітря та вологи до кореневої системи рослин. Також для знищення бур’янів та вирівнювання поверхні поля створивши чудові умови для для наступної технічної операції яка буде виконуватися на даній ділянці. Додатково до культиваторів підприємство використовує борони такі як:

- McFarlane WDL 2070;
- Terradisc 6001 T Pottinger;
- Kverneland Qualidisc Pro 6000T;
- Lemken Rubin 9/600KU.

Дані борони використовують для закриття вологи руйнуючи грунтову кірку та зменшують випаровування води. Також борони іноді використовуються для легкого загортання насіння або внесених добрив.

Також навесні перед посівом кукурудзи на зерно підприємство вносить добрива на заплановані площі, за допомогою причіпних розкидачів Amazone ZG-TS 10001 ProfisPro. Завдяки внесенню добрив підприємство досягає бажаних врожаїв кукурудзи та зменшує швидкість зростання бур’янів.

Після того як виконали основний та передпосівний грунтообробіток переходить до посіву кукурудзи на зерно. Посів в підприємстві здійснюється причіпними сівалками нових моделей таких як:

-Equalizer Precision CII;
-Horsch Maestro 24-рядна;
-Horsch Pronto 9м.

Використовуючи дані сівалки підприємство має змогу висівати кукурудзу та одночасно вносити потрібне добриво для покращення розвитку та росту культури. Завдяки такому комбінованому висіву кукурудзи та добрив, вдається зменшити кількість проходів техніки по полю та значно зменшити витрати на пальне та оплату праці, що є дуже важливим в економічному розвитку підприємства.

Даними сівалками вдається дотримуватися найкращої точності висіву зерна в грунт та розміщення його на відповідній відстані один від одно та на бажану глибину. За допомогою датчиків рівня які передають кількість зерна та добрив у відповідних резервуарах, механізатор відразу бачить коли потрібно робити дозаправку посівного матеріалу чи добрив. Що значно зменшує час посіву запланованої площі, що є дуже важливим для того щоб посіяти у відповідні терміни для найкращого врожаю кукурудзи.

Маючи дуже великий машинно-тракторний парк підприємства має змогу виконувати грунтообробіток та посів кукурудзи на зерно у найкоротший відведений термін, та досягає найкращих врожаїв, що навіть перевищують врожаї які є стандартом для даних гібридів що висіваються.

Список використаних джерел

1. Кришко М. Обробіток ґрунту під кукурудзу: поради фахівця. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. Головна / Статті /. 13.07.2020. URL: https://superagronom.com/articles/392-obrobitok-gruntu-pid-kukurudzu-poradi-fahivtsya (дата звернення: 01.12.2025).

2. Басанець О. Вирощування кукурудзи: повна технологія. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. Головна / Статті /. 12.05.2020. URL: https://superagronom.com/articles/367-viroschuvannya-kukurudzi-povna-tehnologiya (дата звернення: 17.12.2025).

3. Цилюрик О. Ефективні прийоми обробітку ґрунту під кукурудзу. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 18.01.2019. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/12698-efektyvni-pryiomy-obrobitku-gruntu-pid-kukurudzu.html (дата звернення: 17.12.2025).

164. Шелудченко В.А., Горовий М.В., Калнагуз О.М. Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.

ЗАГОТІВЛЯ КОРМІВ Є КЛЮЧОВА ЛАНКА У ТВАРИННИЦТВІ

Заготовка кормів є ключовою ланкою у комплексному виробництві тваринництва, оскільки саме вона забезпечує домашніх тварин необхідними поживними речовинами на весь довгий рік. Від раціонально організованої системи заготівлі залежить не лише продуктивність тварин, але й фінансова ефективність господарства. За сучасних умов особливу увагу приділяють якості кормів — навіть при достатньому обсязі кормових ресурсів їх низька поживність може призвести до погіршення показників продуктивності.

Процес підготовки кормів передбачає кілька послідовних етапів, кожен з яких має своє значення. Особливе значення має встановлення оптимальних термінів зрізу кормових культур. Поживність рослин досягає максимуму у певні фази розвитку — наприклад, на стадії колосіння чи цвітіння. Збирання матеріалу пізніше призводить до зростання вмісту клітковини і скорочення кількості білка, що веде до погіршення харчової цінності корму [1]. Тому точний вибір моменту збору є однією з головних умов отримання якісних кормів.

Після зрізу наступним важливим етапом є просушування або підсушення кормової маси. Головна мета цього етапу — зниження вологи до такого рівня, за якого буде забезпечено безпечне зберігання. Наприклад, для сіна вологість має бути набагато меншою порівняно зі сінажем чи силосом. Частково або занадто повільне сушіння також погіршує якість корму. Довге перебування маси на полі під впливом сонця та опадів супроводжується великими втратами корисних речовин — особливо білків і вітамінів [3] . Тому сучасні технології враховують використання спеціального обладнання, що забезпечує прискорення й рівномірніший процес просушки.

Після завершення підготовки кормова маса збирається, перевозиться і направляється далі на обробку. Важливим елементом технологічного ланцюга є подрібнення, особливо у випадку силосу та сінажу. Подріблення покращує щільність ущільнення, сприяє утворенню анаеробних умов і забезпечує нормальний перебіг ферментаційних процесів під час консервування [2].

Надмірне ущільнення може призвести до проникнення повітря, що викликає псування корму та погіршує його якість.

До основних методів збирання кормів відносять сіно, сінаж та силос. Кожен з них має свою специфіку та вимоги до технології обробки.

• Сіно – це традиційний тип корму, одержуваний шляхом сушення трав. Його перевагою вважається простота виробництва та довгий строк зберігання. Однак такий спосіб значною мірою залежить від погодних умов і супроводжується великими втратами живильних речовин [3].

• Сінаж виготовляють із частково підсушеної зеленої маси, що має помірну вологість . Цей метод поєднує переваги сіна і силосу: дозволяє зберігати більше корисних речовин і менше залежить від кліматичних умов [4].

• Силос – один із найефективніших способів збереження кормів. Отримують його завдяки консервуванню зеленої маси в умовах відсутності доступу повітря. За таких умов відбувається молочнокисле ферментування, що забезпечує сталість корму й його тривале зберігання [1]. Зокрема, силосування активно використовують для кукурудзи, яка характеризується високою енергетичною цінністю.

Важливу роль у технології збирання кормів відіграє технічне забезпечення. Сучасна господарська техніка значно полегшує та прискорює всі операції. Використання косарок, граблів, валкоутворювачів, прес-підбирачів і кормозбиральних комбайнів дає змогу проводити роботи з мінімальними втратами та високою продуктивністю (5). Більше того, сучасна техніка забезпечує точне додержання технологічних норм, що покращує якість готового корму.

Потрібно окремо звернути увагу на умови зберігання. Навіть правильно заготовлений корм може втратити свої властивості через нестандартні умови. Для силосу та сінажу ключовою є герметичність приміщення, а для сіна – захист від вологи. Невідповідність цим вимогам може призвести до появи пліснявки, втрати поживних речовин чи навіть повного недопуску корму до вжитку [3,4].

Сучасне сільське господарство все ширше впроваджує нові технології збирання кормів. Найчастіше використовуються біологічні консерванти, що поліпшують ферментаційні процеси й забезпечують краще збереження живих речовин. Крім того, застосовуються комп'ютеризовані системи нагляду, які дають можливість контролювати хід виробничого процесу та оперативно уточнювати параметри [2,3], що суттєво підвищує ефективність виготовлення кормів і мінімізує їх втрати.

Отже, технологічна організація заготівля кормів має важливе значення для забезпечення тварин високоякісним кормом. Врахування всіх етапів технологічного ланцюга, раціональний вибір методів збирання та використання сучасного обладнання дозволяють одержувати корми із задовільною поживністю. Це, у свою чергу, сприяє зростанню продуктивності тваринництва та сталому розвитку галузі.

Список використаних джерел

1. Постельга С., Смоляр В. Актуальні технічні та технологічні аспекти заготівлі кормів. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт https://agroelita.info/. Головна > Техніка > Актуальні технічні та технологічні аспекти заготівлі кормів. 12.06.2019. URL: https://agroelita.info/aktualni-tehnichni-ta-tehnolohichni-aspekty-zahotivli-kormiv/ (дата звернення: 01.10.2025).

2. Технології заготівлі кормів. Сайт https://joiner.org.ua/ Професійно-технічне навчання онлайн. Головна / Трактори і сільськогосподарські машини / Технології заготівлі кормів. URL: https://joiner.org.ua/traktory-i-silskohospodarski-mashyny/tekhnolohii-zahotivli-kormiv.html (дата звернення: 01.10.2025).

3. Подлєсний М., Гайденко О. Заготівля, зберігання та використання кормів. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті / Сучасне тваринництво /. 03.02.2021. URL: https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/20334-zahotivlia-zberihannia-ta-vykorystannia-kormiv.html (дата звернення: 01.10.2025).

4. Корми: оцінка, використання, продукція тваринництва, екологія: Посібн. Кулик М. Ф., Кравців Р. Й., Обертюх Ю.В. та ін. Вінниця: Тезис, 2003. 334 с.

5. Практикум із годівлі сільськогосподарських тварин : навч. посіб. Ібатуллін І.І., Кононенко В.Д., Столюк В.Д. та ін. ; під ред. акад. УААН І.І. Ібатулліна, К. : Аграрна освіта, 2009. 328 с.

165. Легеза К.О., Сіренко Ю.В., Калнагуз О.М. Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ

Формування стабільної та ефективної кормової бази є однією з визначальних умов розвитку тваринницької галузі. Саме від її рівня забезпеченості та якості залежить можливість збільшення чисельності поголів’я, зростання продуктивності тварин, підвищення якості отримуваної продукції та зниження витрат на її виробництво. Встановлено, що рівень продуктивності тварин у значній мірі, а саме на 50–80 %, обумовлюється повноцінністю їхнього раціону. У зв’язку з цим виробництво кормів

повинно не лише відповідати наявним потребам, а й випереджати їх з урахуванням перспективного зростання поголів'я та інтенсифікації виробництва.

Рослини-попередники мають вагоме значення для формування силосної врожайності кукурудзи. Допускається її висаджування у вигляді монокультури: на чорноземних ґрунтах за умови систематичного внесення поживних сполук беззмінне культивування можливе до10 років, тоді як на менш родючих ґрунтах цей період скорочується до 5 років.

У районах із недостатнім рівнем зволоження не варто висівати кукурудзу на силос після рослин, що значно висушують ґрунт, зокрема після цукрового буряку, суданської трави та соняху. Також небажано розміщувати її після проса з метою обмеження розповсюдження спільного шкідника - кукурудзяного метелика. Водночас у сівозміні кукурудза виступає ефективною попередньою рослиною для ярих зернових культур, а за умови своєчасного збирання - для озимих.

Обробіток механічними знаряддями ґрунту під силосну кукурудзу здійснюється з урахуванням рослини-попередника, механічного складу ґрунту, рельєфних умов, а також рівня та характеру забур'яненості поля сорняками.

У зонах із достатнім зволоженням на забур'янених ділянках сорняками поля доцільним є застосування напівпарового механічного обробітку знаряддями. Головною метою весняної передпосівної обробки є консервація вологи в ґрунті, ліквідація сорняків і створення найліпших умов для витикання насіння та закладання дружніх сходів. Ранньовесняне боронування (консервування вологи) і вирівнювання поверхні поля проводять при досягненні ґрунтом фізичної стиглості, при чому розрівнювання здійснюють під кутом 50° до напрямку основної обробки. Проведення боронування після настання фізичної стиглості ґрунту забезпечує руйнування утворених капілярів, зменшує втрати вологи та перешкоджає її надмірному випаровуванню з глибших шарів.

Після збору ранніх рослин-попередників (зернових і зернобобових) влаштовують лущення дискаторами (дисковими знаряддями): БД-10, БДТ-7 (Дніпрокомбайнзавод); ґрунту на заглиблення до 80 мм. Серед українських дискаторів, вироблених для обробітки ґрунту на заглиблення 80 мм, можна теж навести: АГД-2,1Н; 2,4 2,8, ГЕКОН-3; -4; -5 від НФ-АГРО, БП-2,4; 3,2; 4; 5; 6 ТМ «СХІД», ДАР-4,6С від ТОВ ІСМ «Промінь»; БДД-3200, -4000; -6000 від ДЕМЕТРА; ШАРК-ВДА-1,8НС, 5,4НС, 2,4РС, 3,2РС, 4РС. Далі вносять органічні та мінеральні поживні сполуки і здійснюють основну операцію орання лемішами: ПЛН – (завод-випускач ВЕЛЕС-АГРО, ЗЕММАШ-ТЕХНІКА) 5-40, -6-35, ПЛП-6-35, ПЛН-(3-35, 4-35, 5-35, 3-40, 4-40), ПНЧС-01.702 або обертовими плугами: вітчизняні модифікації ПОН/ППО – завод-випускач ВЕЛЕС-АГРО, ЗЕММАШ-ТЕХНІКА: ППО-5-40, -8-40; ПО 6-40 напівнавісний обертовий з шістьма корпусами; МАСТЕР-а3, а4, а5; ПО-4-35П+1 обертовий навісний з п'ятьма корпусами з додатковим органом (передплужником) для зрізання верху землі на заглиблення 300 мм. За збиранням крупностеблових рослин на зерно перед здійсненням орання організовують дрібнення рослинних решток, зокрема стебел і коренів, у двох взаємноперпендикулярних сторонах. За необхідності застосовують також плоскорізну обробку відповідними аграрними агрегатами-знаряддями.

Число висіву слід визначати з урахуванням посівних особливостей насінин таким чином, щоб на момент збирання забезпечити густоту стояння рослин у межах 75 тисяч на гектар. Згідно з сучасними практиками надмірне загущення посівів силосних гібридів є недоцільним, хоча раніше допустимими вважалися числа до 100 тис. одиниць на гектар. Особливу увагу необхідно приділяти технічному налаштуванню сівалки, що включає забезпечення однакового заглиблення та засипання насінин, однакового його положення в рядках та виключення потрапляння кількох насінин в одне місце, що сприяє розширенню оптимальних строків збирання та отриманню зеленої маси високої якості.

Кукурудзу, призначену для зеленого корму, збирають у фазі викидання волоті, тоді як для силосування її збирання реалізують наприкінці молочно-воскової стиглості, коли вологість рослинної маси становить 70 відсотків, а вміст сухої речовини досягає 30 відсотків. Збирання здійснюють спецкормокомбайнами, зокрема, КСК-100А, КПІ-2,4, КПИ-Ф-30, КДП-3000, КПКУ-75, Марал-190, Палессе-3000, Дон-680, та закордонні аналоги: КЛАС-ЯГУАР-860, ДЖОН-ДІР-8500, НЬЮ-ХОЛАНД-FR650, КРОНЕ-БІГ-Х630, ФЕНДТ-КАТПАНА-65 та КЕЙС-ІН-АУСТОФТ-4000.

Висота зрізу при цьому не повинна перевищувати 10 см. За потреби техніку оснащують пристроями для внесення консервантів безпосередньо у подрібнену масу. Сировину подрібнюють до розміру частинок 2–3 мм (допустимо до 4 мм залежно від вологості), після чого закладають у траншеї з інтенсивним ущільненням і герметично вкривають плівкою та додатковими матеріалами, зокрема соломою.

Список використаних джерел

1. Технології заготівлі кормів. Сайт https://joiner.org.ua/ Професійно-технічне навчання онлайн. Головна / Трактори і сільськогосподарські машини / Технології заготівлі кормів. URL: https://joiner.org.ua/traktory-i-silskohospodarski-mashyny/tekhnolohii-zahotivli-kormiv.html (дата звернення: 01.10.2025).

2. Подлєсний М., Гайденко О. Заготівля, зберігання та використання кормів. Журнал "Агробізнес Сьогодні". Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті / Сучасне тваринництво /. 03.02.2021. URL: https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/20334-zahotivlia-zberihannia-ta-vykorystannia-kormiv.html (дата звернення: 01.10.2025).

3. Молочна О. Як правильно підготувати місце для того, аби зберігати корми?. Сайт https://tandf.in.ua/ Інформаційно-аналітичний портал про сучасні технології за доглядом та годівлею худоби Trandf. Статті /. 04.11.2024. URL: https://tandf.in.ua/yak-pravylno-pidhotuvaty-mistse-dlia/ (дата звернення: 25.09.2025).

4. Постельга С., Смоляр В. Актуальні технічні та технологічні аспекти заготівлі кормів. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт https://agroelita.info/. Головна > Техніка > Актуальні технічні та технологічні аспекти заготівлі кормів. 12.06.2019. URL: https://agroelita.info/aktualni-tehnichni-ta-tehnolohichni-aspekty-zahotivli-kormiv/ (дата звернення: 01.10.2025).

5. Філоненко Л., Тихоненко О., Укрндіпвт Ім. Л. Погорілого. Сучасна техніка для заготівлі кормів. Журнал "Агробізнес Сьогодні". Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті / Механізація АПК. 24.05.2011. URL: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/865-suchasna-tekhnika-dlia-zahotivli-kormiv.html (дата звернення: 01.10.2025).

166. Ярошенко П.М. Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.

ПРО ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТУ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

В сільському господарстві всіх промислово розвинутих країн зараз прискорено розвиваються транспортні системи. Гужовий транспорт практично зник, його замінили тракторний і автомобільний. Не дуже швидко впроваджується трубопровідний транспорт. Сільське господарство знаходиться на порозі впровадження деяких нових видів транспорту: контейнерного, пневмо-трубопровідного і навіть можливо на повітряній подушці.

Розвиток транспортних систем світового сільського господарства йде по наступних напрямках:

- вдосконалення самих транспортних засобів;
- вдосконалення технологій самих транспортних процесів;
- організаційні заходи, включаючи перетворення інфраструктури сільського господарства як основи проведення транспортних робіт.

В удосконаленні транспортної системи прослідковуються такі тенденції:

- створення більш потужних транспортних засобів, в тому числі зі збільшеною вантажністю, впровадження менш транспортоємних технологій, організація менш централізованих транспортних служб і підприємств, створення потужної мережі автосервісу;
- мінімізація транспортних служб – створення комплексу різноманітних транспортних мінізасобів, від автомобілів малої вантажності, авто- і електрокарів до вдосконалених ручних транспортних візків.

Крім того, здійснюється впровадження в інфраструктуру не тільки сільського господарства як галузі, але і окремих господарств, їх підрозділів і навіть ділянок окремих полів завдяки будівництву доріг з твердим покриттям, необхідних соціально-побутових приміщень, організацій диспетчерського з'вязку.

Ряд вчених транспортної галузі підкреслювали визначну роль транспорту для здійснення економічної політики будь-якої держави.

В сучасних умовах господарювання транспортні засоби повинні мати:

- високу швидкість руху;
- менші витрати на обслуговування під час роботи, перш за все завдяки здійсненню всіх необхідних робіт по обслуговуванню з робочого місця водія;
- можливість працювати у важких умовах за рахунок застосування в конструкціях транспортних засобів шин низького тиску, приводу на всі колеса, пристроїв регулювання тиску в шинах з кабіни водія та інших пристроїв;

- витрати часу на розвантаження самоскидних транспортних засобів не більше однієї хвилини, а бортових автомобілів за допомогою стаціонарних розвантажувальних пристроїв не більше 3-4 хв;
- оптимальну для сільськогосподарських умов вантажність.

Основними транспортними засобами у сільському господарстві нині є автомобілі і трактори. Автомобіль і трактор з причепом - ланка єдиної технології сільськогосподарського виробництва. Там, де ця ланка випадає, аграрні підприємства не добирають багато продукції, різко зростає її собівартість. Якщо раніше велися численні суперечки про економічну доцільність використання тракторів на транспортних роботах, то зараз абсолютна більшість дослідників сходяться на тому, що на важких польових шляхах треба вміло поєднувати використання тракторних причепів і автомобілів підвищеної прохідності [1].

Наші трактори, автомобілі та сільськогосподарські машини потребують постійного технічного вдосконалення. Крім того, машини, що створюються, повинні становити гармонійний комплекс, а не розрізнений набір; тільки тоді буде отримано необхідний економічний ефект.

Проте автомобільна промисловість продовжує постачати аграріям автомобілі, які далеко не повністю відповідають вимогам сільського господарства. Через малу ємність кузовів автомобілів доводиться перед кожним збиральним сезоном нарощувати борти, ущільнювати кузови, виготовляти високі ґратчасті налаштування. Недоліки самоскидів змушують аграрні підприємства використовувати на перевезенні силосної маси, буряків, картоплі бортові автомобілі та відволікати на їхнє розвантаження величезну кількість робітників.

Продуктивність транспортної системи має відповідати продуктивності систем машин та індустріальних сільськогосподарських комплексів. Для цього необхідно зменшити кількість основних типів автотранспортних засобів, але збільшити кількість їх модифікацій стосовно вимог сільського господарства. Необхідно у їх виробництві зробити акцент на універсалізацію основних транспортних засобів та на випуск змінних робочих органів (завантажувальних та розвантажувальних пристроїв, кузовів та ін.).

Проблема механізації всіх транспортних робіт у сільському господарстві спроститься при використанні універсальних машин багатоцільового призначення високої продуктивності. Наявна в сільськогосподарському виробництві транспортна та вантажна техніка ускладнює раціоналізацію транспортних та перевантажувальних робіт.

Велика номенклатура сільськогосподарських вантажів (до 300 найменувань) зумовлює відмінності в способах їх транспортування. Наприклад, є багато вантажів з малою щільністю і підвищеною вологістю, що вимагають спеціальної упаковки. Часто сільськогосподарські вантажі мають сильне забруднення, але в той же час необхідно при їх перевезенні дотримуватися чистоти та вимог гігієни. Виникає багато інших проблем при їх перевантаженні та транспортуванні.

Чим універсальніший транспортний засіб, тим ширше область його застосування. За допомогою кількох прийомів і додаткових деталей його можна швидко переобладнати для вирішення того чи іншого транспортного завдання.

Найважливішими напрямками вдосконалення сільськогосподарського автомобіль-ного транспорту є: підвищення вантажопідйомності машин, збільшення випуску самоскидів, спеціалізованих автомобілів підвищеної прохідності, причепів і напівпричепів.

Середня вантажопідйомність автомобіля у сільському господарстві зростає, хоча й надто повільно для періоду бурхливого науково-технічного прогресу. Спостерігається зростання вантажності середньосписочного автомобіля, але об’єм перевезень на середньосписочну автомобільну тонну зменшився, а продуктивність значно збільшилась.

Однією з причин скорочення обсягу перевезень на тонну вантажопідйомності стало те, що зі зростанням вантажності автомобілів, а також автомобільних і тракторних причепів і напівпричепів зменшується об'єм кузова, що припадає на одиницю вантажопідйомності.

Невипадково зі зростанням вантажності транспортних засобів через зменшення питомого об’єму кузовів зменшується можливість повніше використовувати вантажо-підйомність. Адже найбільш вантажопідйомні автомобілі, автомобільні та тракторні причепи призначені для перевезення найбільш масових сільськогосподарських вантажів (зерна, силосної маси соломи, сінажу, сіна та ін.), більшість з яких має незначну об'ємну вагу. Аналогічну картину ми спостерігаємо і по відношенню до автомобільних причепів.

Список використаних джерел

1.Вергун М.Г. Проблеми розвитку сільського транспорту / М.Г. Вергун // Економіка АПК. – 2006. №10 – С. 18-24.

167. Рапута В.В., Шуляк М.Л. Сумський національний аграрний університет, м.Суми, Україна

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ: ФАКТОРИ ВПЛИВУ ТА НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ

Освоєння енергозберігаючих технологій виробництва продукції рослинництва є одним із пріоритетних напрямів розвитку машино-технологічної сфери агропромислового комплексу. В умовах зростання вартості енергоресурсів і необхідності підвищення конкурентоспроможності аграрного виробництва особливої актуальності набувають питання зниження енерговитрат машинно-тракторних агрегатів (МТА) та розробки обґрунтованих методів енергетичної оцінки технологічних процесів.

Підвищення енергетичної ефективності сільськогосподарської техніки є складною науково-технічною задачею, що зумовлено багатофакторністю процесу її функціонування. На енергоспоживання МТА впливає велика кількість як керованих, так і некерованих факторів, взаємодія яких має складний нелінійний характер. Це значно ускладнює розробку універсальних методів оцінювання енергетичних показників та прогнозування витрат палива [1].

Трактори загального призначення широко застосовуються при виконанні енергоємних агротехнологічних операцій, таких як основний обробіток ґрунту, культивація, сівба, а також у складі комбінованих і транспортно-технологічних агрегатів. Їх паливна економічність, що є основним показником енергозбереження, визначається сукупною дією конструктивних, експлуатаційно-організаційних та виробничо-природних факторів [2].

До конструктивних факторів належать: паливна економічність двигуна, енергонасиченість і тяговий коефіцієнт корисної дії трактора, передаточні числа трансмісії, спосіб керування режимами роботи, а також параметри агрегатованих машин і їх відповідність характеристикам трактора. Значний вплив мають також конструкція робочих органів сільськогосподарських машин і необхідні витрати енергії на виконання технологічних операцій [2].

Експлуатаційно-організаційні фактори включають правильність комплектування агрегатів, вибір раціональних режимів їх роботи, організацію технологічних процесів та рівень технічного обслуговування. Водночас виробничі та ґрунтово-кліматичні умови, зокрема розміри і конфігурація полів, рельєф місцевості, фізико-механічні властивості ґрунту, стан рослинності та погодні умови, істотно впливають на енергоспоживання як трактора, так і агрегатованих машин [2].

Вплив кожного з цих факторів описується складними багатофакторними залежностями, що унеможливлює використання простих розрахункових методів для визначення питомої витрати палива на одиницю виконаної роботи. Навіть за наявності даних про окремі складові енерговитрат досі не розроблено універсального підходу до їх інтегральної оцінки.

Одним із напрямів підвищення паливної економічності тракторів є оптимізація режимів роботи двигуна. Це може досягатися шляхом використання знижених частот обертання колінчастого валу за допомогою всережимних регуляторів або шляхом формування характеристик двигуна з ділянкою «постійної потужності». Останній підхід є особливо ефективним при змінних навантаженнях, характерних для сільськогосподарських робіт. Проте на практиці реалізація таких рішень обмежується відсутністю засобів контролю ступеня завантаження двигуна та складністю адаптації до змінних умов експлуатації [2].

У наукових дослідженнях запропоновано різні методи оцінки енергетичних показників МТА, зокрема за тяговим зусиллям або крутним моментом двигуна з використанням критерію мінімуму прямих енерговитрат. Однак ці підходи не повною мірою враховують специфіку роботи сільськогосподарських агрегатів і не забезпечують достатньої точності прогнозування [3,4].

Перспективним є підхід, що базується на аналізі динамічних режимів роботи агрегату. Встановлено, що мінімальні витрати палива досягаються при рівномірному русі без коливань швидкості. Проте в реальних умовах досягнення такого режиму є практично неможливим через змінність тягового опору та вплив зовнішніх факторів. Це зумовлює виникнення коливальних процесів, які призводять до додаткових втрат енергії [3,4].

Важливу роль у формуванні енергетичної ефективності відіграє стійкість руху МТА, яка має статистичний характер і залежить від співвідношення параметрів інерції, енергонасиченості агрегату,

характеристик двигуна та рівня зовнішніх збурень. Доведено, що нерівномірність руху призводить до суттєвих додаткових енерговитрат, що підтверджується оцінками енергетичного потенціалу агрегатів [5,6].

Одним із показників ефективності використання енергії є коефіцієнт енергетичного узгодження, який характеризує взаємодію силової та кінематичної складових потужності. Його значення для сільськогосподарських агрегатів становить лише 20–40%, що свідчить про значні втрати енергетичного потенціалу. Це обґрунтовує необхідність удосконалення як конструкції техніки, так і режимів її експлуатації [7].

Для дослідження енергозбереження доцільно використовувати математичне моделювання МТА як складної динамічної системи «агрегат – зовнішнє середовище». При цьому розробляються функціональні моделі окремих елементів, зокрема двигуна, трансмісії та робочих органів, які враховують їх конструктивні особливості та режими роботи. Наприклад, модель двигуна повинна описувати залежність крутного моменту від частоти обертання та положення органів керування подачею палива [8].

Сучасний стан тракторного парку України характеризується активним використанням імпортної техніки. Провідні виробники застосовують двигуни постійної потужності та трансмісії з безперервним потоком енергії, що дозволяє автоматично адаптувати швидкість руху агрегату до змін навантаження. Проте ефективність таких систем значною мірою залежить від правильного підбору передаточних чисел і забезпечення оптимальних режимів роботи.

Аналіз наукових досліджень свідчить, що швидкісний режим руху є одним із визначальних факторів енергозбереження тракторів. Водночас існує потреба у формуванні узагальненого критерію оцінки енергетичної ефективності, який би враховував комплексний вплив усіх факторів і дозволяв обґрунтовувати раціональні режими роботи МТА.

Отже, підвищення енергетичної ефективності машинно-тракторних агрегатів потребує системного підходу, що включає вдосконалення конструкції техніки, оптимізацію режимів її роботи, використання сучасних систем керування та розробку адекватних методів оцінки енерговитрат. Реалізація цих напрямів дозволить забезпечити зниження витрат пального, підвищення продуктивності та сталий розвиток аграрного виробництва.

Список використаних джерел

1. Антощенков Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів: монографія / Р. В. Антощенков. – Х.: ХНТУСГ, «Міськдрук», 2017. – 242 с.: іл
2. А.Т. Лебедєв, М.Л. Шуляк, В.В. Рапута сучасні проблеми енергозбереження тракторів загального призначення. Вісник НТУ «ХПІ». Серія Автомобіле- та тракторобудування №1, 2022. С 107-114. DOI: 10.20998/2078-6840.2022.1.12.
3. Трембач О. С. Підвищення техніко-експлуатаційних показників колісних тракторів раціональною зміною параметрів регулювання системи «двигун-трансмісія» [Електронний ресурс] : дис. ... д-ра філософії : спец. 133 : галузь знань 13 / Олексій Сергійович Трембач ; наук. керівник Кожушко А. П. ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків, 2025. – 137 с.
4. Шуляк М. Л. Підвищення ефективності експлуатації енергонасиченого трактора в агрегаті з сільськогосподарською машиною змінної маси / М. Л. Шуляк. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2014. Вип. 148. С. 280-286. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2014_148_47
5. Шуляк М. Л., Лєбєдєв А. Т., Рапута В. В. та Мурчич М. М. (2025). Енергозбереження транспортно-технологічних оглядів змінної маси при виконанні технологічних операцій у рослинництві. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів ,2024. (4 (58), 81-88. https:// https://doi.org/10.32782/msnau.2024.4.12
6. Шуляк М. Л., Стеценко М. В. Шляхи підвищення ефективності використання мобільних енергетичних засобів на транспортних та транспортно-технологічних роботах. Молодь і технічний прогрес в АПВ: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 26-27 листопада 2024 р.; Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2024. С. 333.
7. Лебедєв А.Т., Лебедєв С.А., Погорілий В.В. Енергозберігаючий режим руху тракторного агрегату на гоні. Вісник ХДТУСГ Технічні науки..- 2011.-Вип.107,т.2.-с.5-11
8. Лебедєв А.Т, Шуляк М.Л., Холодов А.П. Динамічний метод оцінки працездатності тракторного агрегату . Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. № 1 (2022): Збірник наукових праць DOI: 10.20998/2078-6840.2022.1.08

168. Романашенко О.А., Кудлай С.В. Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА

Метою дослідження є розгляд сучасної перспективи впровадження інформаційних технологій в українські підприємства галузі рослинництва.

Основні матеріали досліджень. Україна має великий потенціал для розвитку аграрного виробництва. Аналізуючи світову практику можна сказати, що 60% приросту сільськогосподарського виробництва залежить від застосування нових передових інформаційних технологій.

Головна ціль використання інформаційних технологій – це генерувати інформацію на основі будь-якої операції для аналізу людиною та прийняття рішень. Процес отримання врожаю відбувається у просторі та часі на чітко виділеній території, структура якої неоднорідна навіть на одному полі для однієї культури. Застосовуючи сучасні інформаційні технології в агрономії, ми маємо змогу передбачити динамічну оптимізацію спеціальних параметрів для кожної частини поля на основі агрохімічних, агрофізичних та фітосанітарних факторів.

Велика кількість українських аграрних виробників під час вирощування зернових культур використовують органічні та неорганічні добрива, застосовують пестициди та гербіциди, складні механізовані конструкції, інтенсивні технологій та вирощування високопродуктивних сортів. Але такі засоби поліпшення врожаю можу вплинути на його якість та погіршити екологічні умови навколишнього середовища [1].

Активне використання сучасних інформаційних систем дасть змогу отримати більш ширший доступ до інформації та знань в аграрному виробництві та забезпечить інформаційну підтримку центральним та місцевим органам влади, науково-дослідним та освітнім установам, приватному сектору, аграрним товаровиробникам, сільськогосподарським асоціаціям. Процес прийняття сільськогосподарських технологічних рішень в аграрному секторі складається з неоднорідного збору даних, аналізу та їх формалізації. Завдяки накопиченій інформації відбувається процес вибору рішення. Головною метою системи підтримки прийняття рішень (СППР) є оптимальна інтеграція сільськогосподарських технологій. СППР – це інформаційна система нового покоління, її основне призначення полягає в забезпеченні комп’ютерною підтримкою прийняття рішень з слабкоструктурованих і неструктурованих проблем організаційного управління на різних фазах створення рішень [2].

Обробка статистичних даних та даних досліджень складається з встановлення якісних та кількісних зв’язків між дослідницькими факторами. Їх оцінка, складання та інтерпретація ґрунтується на математичній статистиці. Математична обробка всіх результатів польових експериментів, обліку та контролю ведеться за допомогою пакетів комп’ютерних програм для статистичного аналізу. Збір даних частіше відбувається за допомогою датчиків, сенсорів та контролерів, які є основним засобом збору, обробки інформації та коригування технічних параметрів. Сигнали поступають в комп’ютерну систему, яка є робочим місцем агротехніки. Всі програмні продукти статистичного аналізу можна розділити на блоки: програми зального призначення з інтегрованим методо-орієнтованим підходом; спеціалізовані програми у складі інформаційних систем; вільне онлайн програмне забезпечення. До даних програм відносяться - Statistica; SPSS; SAS; Statgraphics+; Minitab; Systat; Stadia; Excel [3].

Активне використання технології точного землеробства вимагає залучення новітніх сільськогосподарських машин, що керуються комп’ютером, сучасні технічні засоби [4].

Майже 30% агропромислових підприємств України користуються машинами компанії John Deere, яка розробила набір і-рішень, що складається з набору інтегрованих систем електронного урядування для підтримки високого рівня ефективності сільського господарства в автоматизованому режимі. Всі компоненти ірішення є частиною єдиної системи GreenStar і можуть використовуватися з приймачем StarFire 3000 та дисплеєм системи GreenStar, що дозволяє спостерігати та контролювати всі і-компоненти. Прикладами застосувань таких рішень є: система Parallel Tracking-система для паралельної роботи, система AutoTracSatellite для автоматичного управління без рук, iTECPro-система, яка може автоматизувати не тільки прямі шляхи в полі, але й повороти, Harvest Monitor- система картографування врожайності, FieldDoc – система, що дозволяє записувати дані про всі польові операції та інші. Система JDLink дозволяє інтегрувати процес отриманих даних про стан сільськогосподарської техніки. Вона дає змогу отримати інформацію про місцезнаходження техніки, проведені технологічні операції, повідомлення систем моніторингу та безпеки, дані про робочі параметри машини, такі як витрати палива, простої, переїзди [5].

Висновки. Активне застосування інформаційних технологій, в аграрному секторі України, дасть змогу підвищити продуктивність праці. Також, інформаційні технології дозволяють зберігати обсяги даних у великих об'ємах, аналізувати їх та на основі результатів пропонувати шляхи зменшення витрат та максимізації прибутку для виробників. Використання інформаційних технологій зробить вагомий внесок у систему інформаційного забезпечення АПК України, що спричинить підвищення конкурентоспроможності вітчизняного сільськогосподарського виробництва.

Список використаних джерел

1. Дмитрієва В.А. Тенденції в динаміці рослинництва України: ефекти згладжування рядів даних. Ефективна економіка. 2018. №12. DOI: 10.32702/2307-2105-2018.12.87.
2. Khalatur S., Velychko L., Pavlenko O., Karamushka O., Huba M. (2021). A model for analyzing the financial stability of banks in the VUCA-world conditions. Banks and Bank Systems, 16(1), pp. 182-194.
3. Khalatur S., Khaminich S., Budko O., Dubovych O., Karamushka O. (2020). Multiple system of innovation investment decisions adoption with synergetic approach usage. Entrepreneurship and Sustainability, Vol. 7, Num. 4, pp. 2745-2763. http://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(12).
4. Samarets N., Nuzhna S. (2018). The modern contribution of the basic categories of producers to Ukrainian agrarian production. Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal, Vol. 4, No 4, pp. 52-71.
5. Офіційний сайт компанії John Deer URL: https://www.deere.com/en.

169. Ляшенко С.В., Твердохліб В.І. Полтавський державний аграрний університет м. Полтава, Україна

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАКТОРІВ JOHN DEERE 6110B

Сучасні підходи до технічного обслуговування та діагностування тракторів базуються на поєднанні класичних регламентних процедур і інноваційних методів контролю технічного стану, що дозволяє забезпечити високу надійність та ефективність експлуатації машин. Трактори John Deere 6110B належать до сучасного класу сільськогосподарської техніки, оснащеної електронними системами керування, що суттєво впливає на підходи до їх сервісного обслуговування [1].

Традиційно технічне обслуговування таких машин базується на системі планово-попереджувальних заходів, яка передбачає виконання регламентованих операцій через встановлені інтервали наробітку або часу. До них належать щозмінне обслуговування, періодичні технічні огляди, сезонне обслуговування та регламентовані ремонтні впливи. Такий підхід забезпечує базовий рівень надійності, однак не завжди враховує фактичний технічний стан вузлів і агрегатів, що може призводити як до надмірного обслуговування, так і до несвоєчасного виявлення несправностей.

Сучасні підходи дедалі більше орієнтуються на діагностування за фактичним технічним станом, що передбачає використання інструментальних та комп'ютеризованих методів контролю. Для тракторів John Deere 6110B це реалізується через застосування бортових систем моніторингу, електронних блоків управління (ECU), телематичних платформ та сервісних діагностичних інструментів. Такі системи дозволяють здійснювати зчитування кодів помилок, аналіз робочих параметрів двигуна, трансмісії та гідравлічної системи в режимі реального часу [2].

Важливим елементом сучасного діагностування є використання комп'ютерної діагностики, яка забезпечує ідентифікацію прихованих дефектів на ранніх стадіях їх розвитку. Це дозволяє переходити від реактивного підходу (усунення вже виниклих несправностей) до проактивного та прогнозного технічного обслуговування. Зокрема, застосування телематичних систем дає можливість віддаленого моніторингу технічного стану машин і планування сервісних робіт на основі аналітики експлуатаційних даних.

Окремим напрямом є використання діагностичних методів без розбирання агрегатів, таких як вібраційна діагностика, аналіз мастильних матеріалів, термографія та контроль тиску в гідравлічних системах. Ці методи дозволяють підвищити точність оцінювання технічного стану та зменшити час простою техніки під час обслуговування.

Разом із тим, існуючі підходи мають певні обмеження, зокрема залежність від кваліфікації персоналу, високу вартість діагностичного обладнання та недостатню адаптацію сервісних регламентів до реальних умов експлуатації. Це особливо актуально для тракторів John Deere 6110B, які працюють у змінних навантаженнях і різних ґрунтово-кліматичних умовах.

З урахуванням сучасних тенденцій розвитку технічного сервісу доцільним є впровадження концепції інтегрованого управління технічним станом машин, яка поєднує методи діагностики, елементи цифровізації та адаптивне планування технічного обслуговування. Такий підхід передбачає використання алгоритмів обробки експлуатаційних даних, формування індивідуальних графіків ТО для кожної одиниці техніки, а також застосування систем підтримки прийняття рішень.

Крім того, важливим напрямом є підвищення ефективності використання експлуатаційних матеріалів шляхом застосування високоякісних мастильних речовин, фільтрувальних елементів із підвищеним ресурсом та контролю їх технічного стану. Це сприяє зменшенню зносу деталей, подовженню міжсервісних інтервалів і зниженню загальних витрат на обслуговування [3, 4].

Таким чином, подальший розвиток систем технічного обслуговування тракторів пов’язаний із переходом до інтелектуалізованих і адаптивних систем управління їх технічним станом, що дозволяє підвищити точність прогнозування відмов, скоротити витрати на сервіс на 12–18%, зменшити простої техніки на 10–20% та забезпечити стабільну і ефективну роботу машинно-тракторного парку в умовах інтенсивної експлуатації.

Висновки: Таким чином, поєднання регламентних процедур технічного обслуговування з сучасними методами діагностування за фактичним технічним станом для тракторів John Deere 6110B забезпечує підвищення надійності, зниження експлуатаційних витрат і скорочення простоїв техніки. Перехід до інтегрованих і цифровізованих підходів у системі ТО дозволяє більш точно враховувати реальний технічний стан машин, підвищувати обґрунтованість управлінських рішень та оптимізувати використання ресурсів.

З практичної точки зору результати дослідження доцільно спрямувати на впровадження системи обслуговування за технічним станом із використанням комп’ютерної діагностики та телематичного моніторингу. Це включає формування індивідуальних графіків ТО для кожної одиниці техніки, впровадження електронних журналів обліку технічного стану, а також застосування оперативного контролю параметрів роботи двигуна, трансмісії та гідросистеми.

Важливим практичним напрямком є оптимізація періодичності та обсягів технічного обслуговування на основі фактичних даних експлуатації, що дозволяє зменшити надлишкові регламентні операції та скоротити витрати на запасні частини і матеріали. Додатково доцільним є впровадження методів безрозбірної діагностики (вібраційний аналіз, термографія, аналіз мастил), що підвищує точність визначення технічного стану агрегатів.

Практична реалізація запропонованих підходів дозволяє досягти зниження витрат на технічне обслуговування на 12–18%, скорочення простоїв техніки на 10–20% та підвищення коефіцієнта технічної готовності до рівня 0,92–0,97. Отримані результати можуть бути використані в умовах господарств із різним рівнем технічного оснащення та адаптовані до конкретних виробничих умов експлуатації сільськогосподарської техніки..

Список використаних джерел

1. Посібник оператора трактори 6095B, 6110B, 6120B, 6135B, 6140B. OMSU59785 Видання C0 (Ukrainian). COPYRIGHT. 2020 DEERE & COMPANY Moline, Illinois. 235 p.
2. Технічний сервіс в АПК: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів / Ю. Г. Сорваніді, Д. П. Журавель, А. М. Бондар, О. Ю. Новік. Мелітополь: Видавничополіграфічний центр «Люкс», 2021. 157 с.
3. ДСТУ 4973-2009 Трактори. Технічне діагностування. Параметри та якісні ознаки технічного стану.
4. ДСТУ 13306:2006 Технічне обслуговування. Терміни та визначення понять. 36. Закон України «Про систему інженерно-технічного забезпечення агропромислового комплексу України» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, N 47, ст.464) (Із змінами, внесеними згідно із Законом N 586-VI від 24.09.2008, ВВР, 2009, N 10-11, ст.137.

170. Ляшенко С.В., Онищенко О.С. Полтавський державний аграрний університет м. Полтава, Україна

ХАРАКТЕРИСТИКА РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

У сільськогосподарському виробництві операції обробітку ґрунту здійснюються робочими органами, які закріплені на рамах ґрунтообробних машин [1]. На рис. 1.1 наведено схематичне

зображення типових робочих органів ґрунтообробних сільськогосподарських машин, оснащених різальними елементами.

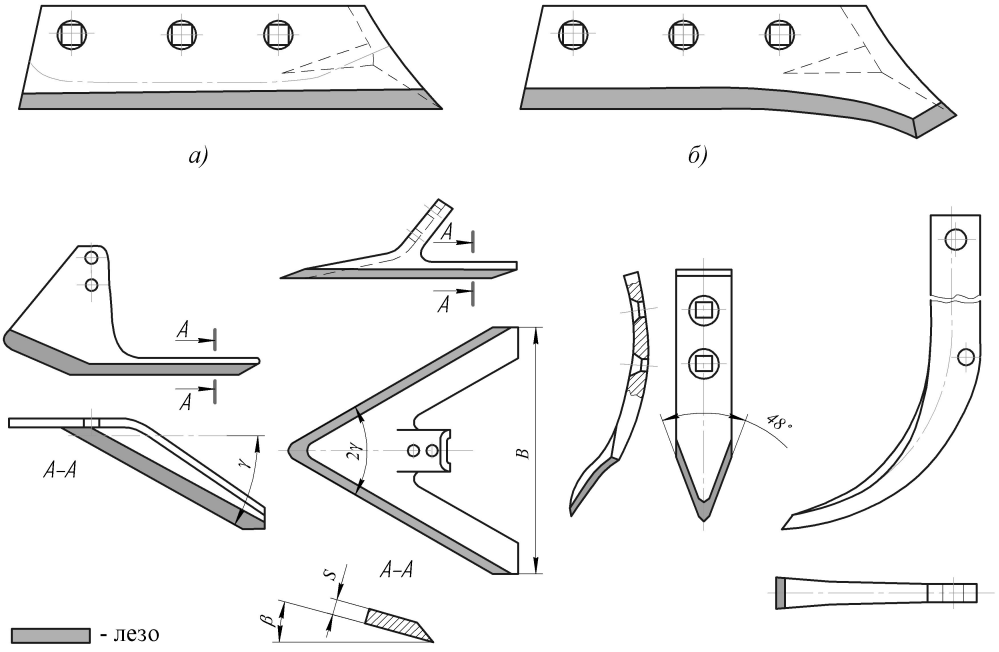


Рисунок1.1. – Деталі робочих органів ґрунтообробних сільськогосподарських машин з різальними елементами
а, б – трапецеїдальний та долотоподібний лемеші; *в, г* – одностороння та стрілчаста плоскорізальні лапи; *д, е* – списоподібна та долотоподібна розпушуючі лапи.

У даній публікації основний акцент зроблено на різальних елементах робочих органів ґрунтообробних машин, які є найбільш поширеними у сільськогосподарському виробництві. До них, зокрема, належать стрілчасті культиваторні лапи (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд універсальної стрілчастої лапи культиватора

Культиваторні лапи (рис. 1.1, в-е; рис. 1.1) призначені для розпушування ґрунту, підрізання бур'янів та часткового перемішування ґрунтового шару. Їх конструктивна форма визначається агротехнічними вимогами, типом культури, фазою її розвитку та станом ґрунту.

У сучасних культиваторах для суцільного та міжрядного обробітку застосовуються лапи, параметри яких регламентуються ДСТУ ISO 4197:2004/ГОСТ ИСО 4197-2005. Вони можуть виготовлятися як із зміцненням ріжучої кромки наплавленням зносостійких матеріалів, так і без нього. Для культиваторів типу КПС-4 найбільш поширені лапи з шириною захвату 270 і 330 мм та товщиною 5-6 мм, що відповідає агротехнічним вимогам.

Виготовлення стрілчастих лап здійснюється переважно зі сталі 65Г із термічною обробкою, при якій твердість загартованої зони становить 40-44 HRC, а незагартованої – до 352 НВ. Для наплавлених варіантів нормується переважно товщина зміцненого шару (до 0,5 мм). Додатково регламентуються геометричні відхилення, зокрема хвилястість ріжучої кромки (до 2 мм) та нерівність по висоті (до 0,4

мм), при цьому наявність тріщини не допускається. Ресурс однієї лапи згідно з нормативними вимогами становить до 25 га обробітку.

Різальні елементи робочих органів мають клиноподібну форму, однак у процесі експлуатації їх геометрія змінюється під впливом абразивного ґрунтового середовища. Інтенсивність і характер зношування залежать від властивостей матеріалу, фізико-механічних характеристик ґрунту та режимів роботи агрегату.

Ґрунт як абразивне середовище є складною гетерогенною системою, що включає тверду, рідку та газоподібну фази, а також біологічні компоненти. Його основні фізичні характеристики (гранулометричний і структурний склад, кам'янистість, щільність, пористість та вологість) істотно впливають на інтенсивність зношування.

Тверда фаза ґрунту представлена частинками різної дисперсності, об'єднаними в агрегати: пісок (>0,01 мм), фізична глина (<0,01 мм) та ультра глинисті фракції (<0,0002 мм). Оптимальна вологість ґрунту є важливим експлуатаційним фактором, оскільки забезпечує мінімальну інтенсивність зношування різальних елементів ґрунтообробних машин.

Підвищення вологості ґрунту призводить до зниження його твердості, при цьому між твердістю та питомим опором обробітку існує пряма залежність: зі збільшенням твердості зростає енергоємність ґрунтообробних процесів. Одночасно зі збільшенням вологості підвищується коефіцієнт тертя, який різко зростає при вологості 50-60 % капілярної вологоємності, що супроводжується налипанням ґрунту на робочі органи. Значення коефіцієнта тертя істотно варіює залежно від структури ґрунту і може становити 0,20,8 і більше для взаємодії зі сталевими поверхнями.

У реальних умовах коефіцієнт тертя є змінною величиною, що залежить від вологості, питомого тиску та типу ґрунту. Питомий опір обробітку ґрунту визначає його механічні властивості та енергоємність процесу і залежить від сукупності факторів, зокрема гостроти різальних елементів, гранулометричного складу, вологості, глибини обробітку та умов рельєфу [2].

Абразивність ґрунту характеризує його здатність викликати зношування матеріалів робочих органів і залежить як від властивостей ґрунту, так і від характеристик матеріалу різальних елементів [3, 4]. Основними чинниками інтенсивного зношування є тверді мінеральні частинки з твердістю 8-22 ГПа, форма абразиву та ступінь закріплення зерен у ґрунтовій масі. Найбільш інтенсивне зношування спостерігається у сухих ґрунтах, де абразивні частинки міцно фіксовані, тоді як зі зміною вологості інтенсивність процесу змінюється.

За абразивною здатністю ґрунти поділяють на три групи: слабко-, середньо- та сильноабразивні залежно від вмісту фізичного піску. При цьому на піщаних ґрунтах часто спостерігається ефект самозаточування різальних елементів, тоді як на глинистих формується тупа фаска, що потребує додаткового дослідження..

Висновки: У результаті проведеного аналізу встановлено, що культиваторні лапи є основними робочими органами ґрунтообробних машин, функціональне призначення яких полягає у розпушуванні ґрунту, підрізанні бур'янів та частковому перемішуванні орного шару. Їх конструкція та геометричні параметри регламентуються нормативними документами та визначаються агротехнічними вимогами, умовами експлуатації та типом ґрунту.

Показано, що довговічність і ефективність роботи стрілчастих лап істотно залежать від матеріалу виготовлення, термічної обробки та наявності зміцнюючих покриттів. Основним фактором обмеження ресурсу є інтенсивне абразивне зношування, яке виникає внаслідок взаємодії ріжучих елементів із ґрунтовим середовищем.

Встановлено, що ґрунт є складною багатофазною абразивною системою, фізико-механічні властивості якої (гранулометричний склад, вологість, щільність, кам'янистість та структура) суттєво впливають на інтенсивність зношування робочих органів. При цьому найбільший вплив на процес зношування мають тверді мінеральні частинки та їх здатність до фіксації в ґрунтовій масі.

Доведено, що вологість ґрунту є одним із ключових експлуатаційних факторів, який одночасно впливає як на твердість ґрунту, так і на коефіцієнт тертя. Зі зростанням вологості змінюється характер взаємодії ґрунту з металевими поверхнями, що може призводити до налипання ґрунту та погіршення умов роботи робочих органів.

Встановлено, що абразивність ґрунту визначає інтенсивність зношування культиваторних лап і залежить як від його фізико-механічних властивостей, так і від характеристик матеріалу різальних елементів. При цьому найбільш інтенсивне зношування спостерігається в сухих піщаних ґрунтах, тоді як у глинистих можливе утворення тупої фаски та зниження ріжучої здатності.

Таким чином, аналіз показав, що підвищення довговічності культиваторних лап можливе за рахунок оптимізації матеріалів і технологій зміцнення, а також урахування ґрунтово-експлуатаційних умов, що дозволяє знизити інтенсивність абразивного зношування та підвищити ефективність ґрунтообробних процесів.

Список використаних джерел

1. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування; / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний // За ред. М.І.Черновола.–К.: Урожай, 2001. – 384 с.

2. К. В. Борак, «Забезпечення рівностійкості зношування робочих органів грунтообробних машин», НаукПраці ВНТУ, вип. 1, Бер 2022..

3. Борак, К. В., Куликівський, В. Л., Кушим, Р. В., & Бистрицький, Б. П. (2025). Особливості абразивного зношування робочих органів грунтообробних машин. XIV-ї Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» 01-17 жовтня 2025 року..

5. Козаченко О.В. Забезпечення ефективності робочих органів культиваторів: монографія / О.В.Козаченко, О.М.Шкрегаль, В.С.Каденко. – Харків: ПромАрт, 2021. 238 с..

171. Ляшенко С.В., Олексенко М.І. Полтавський державний аграрний університет м. Полтава, Україна

ТЕОРЕТИЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЮЧОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ЗА ПОКАЗНИКАМИ НАДІЙНОСТІ, ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ПАРКУ ТЕХНІКИ КП «ЕФЕКТ» РЕШЕТИЛІВСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Оцінювання ефективності діючої системи технічного обслуговування і ремонту парку техніки КП «ЕФЕКТ» Решетилівської міської ради Полтавської області є важливим науково-аналітичним етапом дослідження, що дозволяє визначити ступінь відповідності існуючих організаційно-технологічних рішень сучасним вимогам до надійності, економічності та забезпечення високого рівня технічної готовності машин. Така оцінка ґрунтується на системному підході, який передбачає комплексний розгляд технічних, експлуатаційних та економічних показників у взаємозв’язку.

У межах теоретичного аналізу система технічного обслуговування і ремонту розглядається як складна виробнича система, що включає об’єкти обслуговування (машини та механізми), засоби технічного впливу, ремонтно-обслуговуючий персонал та інформаційне забезпечення. Ефективність її функціонування визначається здатністю забезпечувати заданий рівень працездатності техніки при мінімальних витратах ресурсів і простоїв.

Ключовим критерієм оцінки виступає надійність техніки, яка є інтегральною характеристикою її здатності виконувати задані функції протягом встановленого періоду без відмов. Вона оцінюється через показники ймовірності безвідмовної роботи, середнього напрацювання на відмову, інтенсивності відмов та коефіцієнта готовності до виконання робіт. Аналіз цих параметрів дозволяє не лише оцінити технічний стан парку техніки, але й визначити ефективність профілактичних заходів системи технічного обслуговування. Зниження рівня надійності вказує на недостатню ефективність діючих регламентів ТО, несвоєчасність діагностування або порушення технології виконання обслуговуючих операцій [1].

Важливим узагальнюючим показником є коефіцієнт технічної готовності, який характеризує частку часу перебування техніки у працездатному стані відносно загального календарного фонду часу. Даний показник безпосередньо відображає рівень організації ремонтно-обслуговуючого процесу та його вплив на безперервність виробничої діяльності підприємства. Його зниження, як правило, пов’язане з тривалими простоями техніки в ремонті, недостатньою забезпеченістю запасними частинами, низькою оперативністю виконання відновлювальних робіт або нераціональним плануванням технічного обслуговування.

Окремим напрямом аналізу є дослідження експлуатаційних витрат, які формують економічну складову ефективності системи ТО і ремонту. До їх складу відносяться витрати на планові та позапланові ремонти, технічне обслуговування, запасні частини, мастильні та витратні матеріали, а також витрати на оплату праці ремонтного персоналу. Структурний аналіз цих витрат дозволяє виявити найбільш затратні елементи системи та визначити потенційні резерви їх оптимізації. Особливу увагу приділяють співвідношенню між зростанням витрат і зміною рівня надійності та технічної готовності,

оскільки їх одночасне погіршення свідчить про низьку ефективність існуючої організації технічного сервісу.

Додатково доцільно враховувати взаємозв'язок між інтенсивністю експлуатації техніки та структурою витрат на її утримання, оскільки нерівномірні навантаження можуть призводити до прискореного зносу окремих вузлів і, відповідно, до зростання обсягів ремонтних робіт [2-4]. Це підкреслює необхідність адаптації системи технічного обслуговування до реальних умов експлуатації.

Таким чином, комплексна теоретична оцінка показує, що ефективність діючої системи технічного обслуговування і ремонту визначається сукупністю взаємопов'язаних показників надійності, технічної готовності та експлуатаційних витрат. Отримані результати створюють науково обґрунтовану основу для подальшого вдосконалення системи планово-попереджувальних ремонтів, переходу до більш гнучких і адаптивних моделей обслуговування, а також впровадження ресурсозберігаючих технологій, спрямованих на підвищення ефективності використання парку техніки КП «ЕФЕКТ»..

Висновки: Таким чином, проведена теоретична оцінка ефективності системи технічного обслуговування і ремонту парку техніки КП «ЕФЕКТ» Решетилівської міської ради Полтавської області свідчить про визначальну роль показників надійності, технічної готовності та експлуатаційних витрат у формуванні загальної ефективності її функціонування. Встановлено, що ці показники є взаємопов'язаними та комплексно характеризують як технічний стан машин, так і рівень організації ремонтно-обслуговуючих процесів.

Аналіз показав, що зниження надійності та коефіцієнта технічної готовності при одночасному зростанні експлуатаційних витрат є індикатором недостатньої ефективності діючої системи технічного обслуговування і ремонту та потребує її вдосконалення.

Отримані результати підтверджують доцільність переходу до більш гнучких, адаптивних та ресурсозберігаючих підходів у системі ТО, орієнтованих на фактичний технічний стан техніки. Це створює передумови для підвищення надійності парку машин, збільшення коефіцієнта технічної готовності та зниження загальних витрат на їх експлуатацію.

Список використаних джерел

1. Крівда, В. В., Сакно, О. П., Корніленко, К. І., Чуйко, С. П., & Шумляківський, В. П. (2025). Огляд підходів до підвищення надійності та ефективності технічної експлуатації автотранспорту з урахуванням обґрунтованості інженерних рішень. Технічна інженерія, (1 (95)), 11-18..

2. Теорія технічної експлуатації машин / О. В. Козаченко, О. Д. Деркач, О.М. Шкрегаль та ін.; за ред. О.В. Козаченка. – Харків, «Міськдрук», 2015. – 180 с..

3. Кисіль О. Експлуатація машин та обладнання. Електронний посібник [Електронний ресурс] : елект. посіб. для студ. тех. вузів. / О. Кисіль, та ін. Київ : ДУ «Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти», 2025. 382 с. https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Ekspluatacyiy%20mahun%20i%20obladnanniy/Golovna/Golovna.htm.

4. Захара І. Технічна експлуатація автомобілів [Текст] : метод. вказ. для сам. роботи студ / І. Захара, Ф. Козак. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2024. – 75 с..

172. Келемеш А.О., Ляшенко С.С. Полтавський державний аграрний університет м. Полтава, Україна

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Згідно з літературними джерелами [4], компостування визначається як контрольований біологічний процес розкладання та стабілізації органічних матеріалів, що відбувається в умовах інтенсивного мікробіологічного розвитку з утворенням термофільних температур за рахунок виділення біологічного тепла. У результаті формується стабільний кінцевий продукт – компост, який є безпечним для використання в сільському господарстві та не спричиняє негативного впливу на довкілля і здоров'я людини.

Даний процес переважно застосовується для переробки твердих і напівтвердих органічних відходів, зокрема тваринного гною, рослинних решток, сільськогосподарських побічних продуктів та інших органічних матеріалів із вмістом сухої речовини понад 5%.

На сучасному етапі розвитку технологій переробки органічних відходів виділяють три основні промислові методи компостування харчових і садових відходів: польове (штабельне) компостування,

компостування у закритих реакторних системах та анаеробну переробку органічної сировини. Кожен із зазначених способів має свої технологічні особливості, переваги та обмеження [1].

Польове компостування

Найпростішою та найменш енергоємною технологією є польове компостування, яке полягає у природному розкладанні органічної маси у відкритих штабелях. Залежно від кліматичних умов і організації процесу тривалість компостування може становити від 6 до 18 місяців. Органічна маса розміщується на спеціально підготовлених майданчиках у вигляді буртів (штабелів) [2, 3].

Перед закладанням матеріал зазвичай проходить попереднє подрібнення до фракції не більше 50 мм, що сприяє рівномірному перебігу процесу та підвищенню виходу готового продукту. Для ефективного перебігу біологічних процесів необхідно забезпечити оптимальні умови: вологість на рівні 50–60%, достатній вміст азотовмісних компонентів (25–30%) та співвідношення C:N у межах 25–30.

Для зниження втрат тепла, запобігання розвитку комах і зменшення запахів штабелі часто покривають шаром ґрунту товщиною 15–20 см. Обов'язковою умовою є забезпечення аерації, оскільки аеробні мікроорганізми потребують постійного доступу кисню.

Перевагами методу є низька вартість реалізації (приблизно 350–1000 грн/т) та простота організації технологічного процесу. До недоліків належать значна тривалість процесу, потреба у великій кількості вуглецевмісних добавок, ризик утворення анаеробних зон, а також вплив атмосферних опадів і можливі втрати поживних речовин.

Компостування у закритих реакторах

Більш технологічно досконалим є компостування у біореакторах (біобарабанах), яке характеризується високим рівнем механізації та керованості процесу. Біотермічний процес проходить у три фази: нагрівання, термофільна стабілізація та охолодження.

Сировина завантажується в реактор безперервно або циклічно, при цьому забезпечується інтенсивне перемішування та аерація шляхом обертання барабана. Це створює оптимальні умови для розвитку термофільної мікрофлори та прискорює процес розкладання органічної речовини.

Основними перевагами технології є значне скорочення тривалості процесу, мінімальна потреба у виробничих площах, можливість переробки великих обсягів відходів та практично повна відсутність запахів. Водночас недоліком є висока капітало- та енергоємність процесу, а також значні експлуатаційні витрати (приблизно 2000–2800 грн/т).

Анаеробне компостування

Анаеробна переробка органічних відходів (біогазові технології) базується на розкладанні органічної маси без доступу кисню з утворенням біогазу та органічного добрива. Процес включає попереднє подрібнення сировини, її очищення від металевих домішок, подачу у герметичні ємності та подальше зброджування при контрольованих температурних умовах [3, 4].

У результаті переробки отримують біогаз, що містить метан, а також твердий залишок, який використовується як органічне добриво після зневоднення та розпушування. Додатково виділяється вторинна сировина (металобрухт, відсів), що підвищує ресурсну ефективність процесу.

Перевагами даної технології є можливість комплексної утилізації різних органічних відходів, відсутність неприємних запахів та отримання енергетичного продукту. Недоліками є висока вартість впровадження та складність технологічного обладнання (близько 4000–5000 грн/т).

Висновки: Таким чином, проведений аналіз сучасних технологій компостування показав, що всі розглянуті методи (польове, реакторне та анаеробне компостування) забезпечують ефективну переробку органічних відходів, однак істотно відрізняються за технологічною складністю, тривалістю процесу та рівнем економічних витрат.

Встановлено, що польове компостування є найбільш простим і економічно доступним методом, але характеризується тривалим циклом та залежністю від природних умов. Компостування у закритих реакторах забезпечує високу інтенсивність процесу та стабільну якість продукції, проте потребує значних капітальних і експлуатаційних витрат. Анаеробна технологія є найбільш ресурсоефективною з точки зору отримання додаткової енергії у вигляді біогазу, однак є найбільш складною та дорогою у впровадженні.

Отримані результати свідчать, що для малих господарств найбільш доцільним є застосування польового компостування за умови попереднього подрібнення органічної фракції, що забезпечує оптимальне поєднання простоти технології, прийнятних витрат і задовільної якості кінцевого продукту.

Список використаних джерел

1. Нижниченко , Я. Є. (2024). Світові тенденції управління відходами та аналіз ситуації в Україні. Актуальні питання економічних наук, (5). https://doi.org/10.5281/zenodo.14187042.

2. Токарчук Д.М., Пришляк Н.В., Паламаренко Я.В. Стратегія поводження з відходами аграрних підприємств: раціональне поводження з відходами рослинництва, відходами тканин тварин, тваринним гноєм, агрохімічними відходами. Ефективна економіка. 2021. № 12. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9758 (дата звернення: 21.04.2026). DOI: 10.32702/2307-2105-2021.12.104.

3. Національний план управління відходами до 2033 року. Кабінет Міністрів України, 2024. URL: https://mepr.gov.ua/povidomlennya-pro-oprylyudnennya-proyektu-natsionalnogo-planu-upravlinnya-vidhodamy-do-2033-roku-ta-zvitu-pro-strategichnu-ekologichnu-otsinku.

4. Топ-5 викликів громад в управлінні відходами і як їх вирішувати. Децентралізація, 2024. URL: https://decentralization.ua/news/18229?page=5..
https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Ekspluatacyiy%20mahun%20i%20obladnanniy/Golovna/Golovna.htm.

173. Аксьонов С.П., Карпенко О.М., Семененко С.В., Кириченко Р.В. Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

ПЕРЕДУМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ТИПУ ПОЛИЦЬ ПЛУЖНИХ КОРПУСІВ НА ЯКІСТЬ ОРАНКИ

У сучасному землеробстві України підвищення ефективності використання ґрунтових ресурсів та зниження енергоємності технологічних процесів є одним із пріоритетних напрямів розвитку агропромислового виробництва. У цьому контексті особливого значення набуває вдосконалення технологій обробітку ґрунту, які мають забезпечувати оптимальні умови для росту і розвитку рослин за мінімальних витрат енергетичних і матеріальних ресурсів.

Основний обробіток ґрунту, зокрема оранка, залишається важливою складовою технологій вирощування сільськогосподарських культур і водночас одним із найбільш енергоємних процесів, що суттєво впливає на економічні показники виробництва. На його виконання припадає до 40 % енергетичних і близько 25 % трудових витрат від загального обсягу польових робіт. У зв’язку з цим підвищення ефективності виконання основного обробітку ґрунту є важливим резервом зниження собівартості продукції рослинництва та підвищення конкурентоспроможності аграрного сектору.

Якість оранки безпосередньо впливає на водно-повітряний режим ґрунту, умови проростання насіння та розвиток рослин. Важливими показниками є відхилення фактичної глибини обробітку від заданої та рівномірність її дотримання. Встановлено, що відхилення глибини оранки на 2,1–3,5 см призводить до зниження врожайності зернових культур на 7–8 %, що свідчить про високу чутливість агроценозів до параметрів обробітку ґрунту.

Суттєвий вплив на якість виконання оранки мають конструктивні особливості плужних корпусів, зокрема тип і форма полиці, які визначають характер перевертання скиби, ступінь розпушення ґрунту, якість загортання пожнивних решток і величину тягового опору. Раціональний вибір конструкції полиці дозволяє досягти оптимального поєднання агротехнічних і енергетичних показників. Невідповідність конструкції умовам роботи призводить до підвищення енерговитрат і погіршення агротехнічних показників.

Сучасні тенденції розвитку землеробства, зокрема поширення ресурсозберігаючих технологій, зумовлюють необхідність удосконалення конструкцій робочих органів ґрунтообробних машин. Умови виробництва характеризуються значною різноманітністю ґрунтів, рівнем їх зволоження, кількістю рослинних решток і застосовуваними технологіями, що ускладнює вибір оптимальних параметрів робочих органів плугів. У зв’язку з цим актуальним є проведення науково обґрунтованих порівняльних досліджень різних типів плужних корпусів.

Особливої уваги потребує експериментальне дослідження впливу типу полиць плужних корпусів на агрофізичні показники орного шару ґрунту, такі як щільність, структурний склад, вологість і ступінь розпушення. Встановлення взаємозв’язків між конструкцією робочих органів і параметрами ґрунтового середовища дозволить більш обґрунтовано підходити до вибору технічних засобів для виконання основного обробітку ґрунту.

Проведення таких досліджень дає змогу визначити раціональні конструктивні параметри плужних корпусів, спрямовані на підвищення якості виконання оранки, зниження тягового опору та енергетичних витрат для забезпечення стабільно високих агротехнічних показників.

174. Науменко О.А.,[1], Ружило З.В.,[2], Новицький А. В.[2] [1] Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна [2] Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна,

ВИКОРИСТАННЯ ЄСТД В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

Єдина система технологічної документації використовується в машинобудуванні, приладобудуванні, металообробці та інших галузях промисловості і застосовується для впорядкування та стандартизації всіх документів, пов'язаних із технологічними процесами на виробництві. Вона дає змогу **у**ніфікувати документацію, тобто встановлює єдині правила оформлення технологічних карт, інструкцій, маршрутів обробки тощо, **з**абезпечує зрозумілість і взаємозамінність користування **д**окументами фахівцями на різних підприємствах без додаткових пояснень, **п**ідвищує ефективність виробництва, суттєво спрощує автоматизацію процесів та покращує контроль якості виконання робіт.

ЄСТД була створена ще в СРСР і була орієнтована на планову економіку. Вона не враховує сучасні виробничі підходи (гнучке виробництво, цифровізацію), а її структура вважається морально застарілою. Оскільки вона створювалась під паперовий документообіг то дуже складно адаптується до CAD/CAM/PLM систем та не підтримує сучасні формати даних.

Україна поступово гармонізує нормативну базу з ЄС. Впроваджуються стандарти ISO, EN, а застарілі національні стандарти, які не мають міжнародних аналогів, скасовуються. В рамках цієї стратегії з 01.01.2026 року цілий перелік стандартів ЄСКД (ДСТУ ГОСТ серії 3.ххх) втратили чинність. Стандарти, які регламентували технологічну документацію всі одночасно перестали діяти без їх прямої заміни. Документи, що регламентували стадії розробки та види технологічних документів, основні написи, форми та правила оформлення, нормоконтроль, загальні правила текстових та графічних технологічних документів, тощо, скасовані, а нових ДСТУ чи ДСТУ EN, що регламентують технологічну документацію як заміну не затверджено.

Це не «заборона технологічної документації». Старі документи, створені раніше за ДСТУ серії 3, не стають автоматично недійсними, але при оновленні документації їх потрібно приводити у відповідність до нових вимог У тендерах, контрактах і новій документації та навчальних матеріалах посилання на ці ДСТУ вже не допускається. Тобто їх не можна застосовувати як діючий стандарт у нових розробках або офіційній документації.

Якщо підприємство чи навчальний заклад потребує документування технологічних процесів то рекомендована (добровільно) така логіка:

1. Можна використовувати внутрішні стандарти підприємства (СТУ), якщо вони розроблені згідно кращих практик;
2. Орієнтуватися на міжнародні стандарти – як добровільну базу;
3. Дотримуватися логіки оформлення ЄСКД та інших діючих норм, які ще не скасовані.

Звичайно така політика дає більше свободи для підприємств, компанії можуть самі визначати формат документації, стає менше жорстких державних вимог, що підвищує роль внутрішніх стандартів підприємств та вимог замовника як основного механізму уніфікації документації. Тому варто навести конкретні міжнародні стандарти ISO/EN, які світ використовує для оформлення технологічних процесів і технічної документації в машинобудуванні та суміжних галузях. Вони не прямі повні замінники ЄСТД, але охоплюють найважливіші аспекти оформлення, класифікації, якості і структури документації:

- ISO 128 – серія стандартів, що визначає загальні принципи графічного представлення об'єктів на технічних кресленнях, включно з лініями, видами, розрізами тощо;

- ISO 7200 – міжнародний стандарт, що встановлює формат основних написів і реквізитів документів у технічній документації (креслення, специфікації тощо);

- ISO 24096 – стандарти, що визначають структуру, класифікацію вимог і систему вимог для технічної документації;

- ISO 13567 – стандарт для організації та іменування шарів у CAD – середовищі. Що є важливим для уніфікації цифрової технічної інформації;

- ISO 10303 - обмін інженерними даними;

- ISO/ IEC – міжнародний стандарт з класифікації та кодування інформаційних елементів документації протягом життєвого циклу технічного об’єкта (як продукція так і документи);

- ISO 129 – регламентує принципи нанесення розмірів і допусків (для креслень).

Якщо підприємство впроваджує систему менеджменту якості ISO 9001:2015- міжнародний стандарт із управління якістю, то документація технологічних процесів має бути задокументована, підтримуватися та контролюватися відповідно до вимог стандарту.

Висновки

На відміну від ЄСТД серії 3.xxx, ISO/EN стандарти не створюють єдиної комплексної системи технологічної документації, а кожен стандарт регламентує окремі аспекти – графіку, формат, якість, класифікацію чи структуру даних. У сукупності вони можуть створити сучасний уніфікований підхід до оформлення технологічних процесів і документації у виробництві та машинобудуванні.

Список використаних джерел

1. Наказ ДП «УкрНДНЦ» від 29.08.2025 № 198
2. Наказ ДП «УкрНДНЦ» від 26.02.2026 № 22
3. Розробка маршрутної і операційної карт. Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичної роботи. Київ. НУБіП України. 2016. 21 с.
4. Ружило З.В., Мельник В.І., Новицький А.В., Ревенко Ю.І., Бистрий О.М., Мельник В.І., Попик П.С. Надійність машин та обладнання. Ремонтування машин та відновлення деталей. Том 2. Навчальний посібник: НУБіП України. Київ. 2023. 313 с.

175. Немирицька Л.В., Русецька Н.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ОЦІНКА СОРТОЗРАЗКІВ КАРТОПЛІ НА СТІЙКІСТЬ ДО ГНИЛЕЙ БУЛЬБ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

Останніми роками в Україні значну небезпеку для культури картоплі становлять збудники хвороб, що спричиняють гнилі бульб під час зберігання врожаю. Інтенсивне застосування механізованих технологій при вирощуванні картоплі часто призводить до механічних пошкоджень бульб, що створює сприятливі умови для проникнення патогенних мікроорганізмів і подальшого розвитку гнилей [1–4].

Сучасні заходи захисту рослин від хвороботворних організмів не завжди забезпечують достатню ефективність, особливо на сортах картоплі, схильних до ураження патогенами [5, 6]. У зв’язку з цим важливим напрямом досліджень є селекція сортів, стійких до основних збудників хвороб бульб під час зберігання. З цією метою на кафедрі «Агрономія та лісове господарство» Житомирського агротехнічного фахового коледжу проводиться цілеспрямована селекційна робота з виведення сортів картоплі, стійких до мокрої бактеріальної та сухої фузаріозної гнилей.

Методи досліджень

Оцінку сортів картоплі на стійкість до мокрої бактеріальної гнилі проводили методом штучного зараження цілих бульб. Як інфекційний матеріал використовували бактерії виду Pectobacterium carotovorum subsp. carotovorum. Перед зараженням здорові бульби прогрівали при температурі 18–20 °C протягом 3–5 діб. Після цього їх інокулювали медичним шприцем із модифікованою голкою за методикою В. М. Положенця (1983) із дотриманням загальноприйнятих фітопатологічних методів досліджень [2, 4, 6].

У кожну бульбу в ділянці пуповини на глибину 15 мм вводили по 0,2 мл бактеріальної суспензії з концентрацією 1×10^6 клітин/мл. Інфіковані бульби витримували протягом 5 діб за температури 22–25 °C та відносної вологості повітря 90–95 %. Ступінь ураження оцінювали за дев’ятибальною шкалою, де 9 балів відповідало повній відсутності ураження, а 1 бал — ураженню понад 75 % тканини бульби.

Оцінювання стійкості бульб картоплі до сухої фузаріозної гнилі проводили за методикою Н. Д. Коваль (1983). Для штучного зараження використовували інокулюм, отриманий із чистих культур найбільш агресивних ізолятів гриба Fusarium sambucinum Fuck. Чисту культуру патогена підтримували на картопляно-агаровому поживному середовищі при температурі 22–24 °C.

Із масового спороношення збудника готували робочу суспензію для інокуляції оцінюваного матеріалу в концентрації 1×10^5 конідій/мл. Для аналізу відбирали по п’ять бульб кожного сортозразка приблизно однакового розміру, без ознак позеленіння та ураження іншими хворобами. Бульби ретельно

мили, висушували, дезінфікували спиртом та обпалювали у полум'ї спиртівки. Після цього у двох місцях травмували металевим стержнем на глибину 10 мм. В утворені отвори шприцем вводили підготовлений інокулюм.

Інокульовані бульби загортали у зволожений фільтрувальний папір і розміщували у пластмасових кюветах. Для інкубації їх поміщали у затемнену камеру та накривали поліетиленовою плівкою з метою запобігання надмірному випаровуванню вологи. Протягом інкубаційного періоду підтримували оптимальні умови: температуру 22–24 °С та відносну вологість повітря 70–75 %.

Через три тижні інкубації визначали ступінь ураження бульб за розміром ураженої тканини, використовуючи дев'ятибальну шкалу. Повторність досліду — п'ятиразова.

Оцінку стійкості сортозразків проводили щорічно у зимовий період (грудень–лютий). Упродовж досліджень було випробувано 113 сортозразків картоплі, які мають найбільше поширення у зоні Полісся України.

Результати досліджень

Результати досліджень показали, що всі досліджені сорти та гібриди картоплі характеризуються різним рівнем стійкості до сухої фузаріозної гнилі бульб. Абсолютно стійких зразків серед досліджуваного матеріалу не виявлено. Ступінь загнивання тканин бульб варіював у широких межах — від 12,2 % у сорту Слов'янка до 91,2 % у сорту Незабудка.

До групи відносно стійких було віднесено сорти і гібриди Слов'янка, Адретта, Бородянська рожева, Луговська, Агаве, Косень 95, Подолянка та інші, які становили 19,5 % від загальної кількості досліджених зразків. Ступінь ураження бульб у цих сортів становив 12,2–24,8 %.

Середній рівень стійкості до сухої фузаріозної гнилі відзначено у 74 сортозразків, що становить 65,5 % від загальної кількості досліджуваного матеріалу. Ураження тканин бульб у цій групі коливалося в межах 25,2–48,8 %.

Найвищий ступінь ураження бульб сухою фузаріозною гниллю відмічено у сортів Темп (75,5 %), Невський (84,4 %) та Незабудка (91,2 %). До групи сприйнятливих було також віднесено інші сортозразки, які становили 15,0 % від загального обсягу досліджуваного матеріалу.

Порівняння загальної кількості сортів із числом середньостійких показало, що їх співвідношення становило приблизно 4 : 5. Це свідчить про те, що більшість сортозразків картоплі характеризуються помірною резистентністю до сухої фузаріозної гнилі.

На стійкість до мокрої бактеріальної гнилі було випробувано 106 сортозразків картоплі. Усі досліджені сорти та гібриди, аналогічно до оцінки стійкості проти сухої фузаріозної гнилі, було розподілено на три групи: відносно стійкі (50), середньостійкі (21) та сприйнятливі (35 сортів).

У ході досліджень встановлено, що жоден із досліджених сортозразків не виявив абсолютної стійкості до мокрої бактеріальної гнилі. Водночас окремі сорти — Багряна, Памір, Божедар, Лілея, Явір, Слава, Обрій — характеризувалися дуже високим рівнем резистентності, оскільки ступінь їх ураження збудниками мокрої гнилі не перевищував 2 %.

Найбільш сприйнятливим виявився сорт Зоряна, ураження якого становило 98,3 %.

Слід зазначити, що серед досліджуваних сортів за стійкістю до мокрої бактеріальної гнилі переважали відносно стійкі форми, чого не спостерігалося під час оцінювання стійкості до сухої фузаріозної гнилі.

Висновки

За результатами проведених досліджень встановлено, що підвищеною стійкістю як до сухої фузаріозної, так і до мокрої бактеріальної гнилей характеризуються сорти Агаве, Адретта, Багряна, Божедар, Бородянська рожева, Лілея, Луговська, Обрій, Памір, Слава, Слов'янка та Явір. Зазначені сорти доцільно рекомендувати для вирощування у господарствах зони Полісся України, а також використовувати як цінний вихідний матеріал у селекційних програмах зі створення сортів картоплі з підвищеною стійкістю до гнилей бульб під час зберігання.

Список використаних джерел

1. Кононученко В.В. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею / В.В. Кононученко, В.С. Куценко, А.А. Осипчук. Немішаєве, 2002. С.182

2. Куценко В.С. Картопля. Хвороби і шкідники / за ред. В.В. Кононученка, М.Я. Молоцького. Київ, 2003. Т. 2. С. 240

3. Положенець В.М. Захист картоплі від хвороб і шкідників в агроценозі малопродуктивних земель Полісся / В.М. Положенець, Г.Л. Марков, П.О. Мельник, Л.В. Немерицька. К., 2002. С.199

176. Герук С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

КОМБІНОВАНИЙ ЧИЗЕЛЬНИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ГРУНТУ ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОПЛІ

Картопля давно посідає одне з перших місць серед сільськогосподарських культур за універсальністю використання в народному господарстві. Важливе значення для збільшення виробництва продукції цієї культури має система обробітку ґрунту, завданням якої є поліпшення водно-повітряного, теплового і поживного режимів, а також боротьба з бур'янами, шкідниками та хворобами.

Метою наших досліджень було встановлення впливу способів передсадивного обробітку на формування водно-фізичних властивостей ґрунту, забур'яненість посіву, її динаміку та структуру біологічних видів бур'янів, якість врожаю, урожайність і економічну й енергетичну ефективність.
Безвідвальний обробіток ґрунту у певних випадках і є одним із напрямків у вирішенні поставлених проблем. Розпушування без відвалу пласта здійснюють чизельні плуги. Агротехнічна оцінка чизельних плугів у різних зонах країни показала, що ці знаряддя забезпечують накопичення вологи, сприяють розщільненню орного горизонту, позитивно впливають на агрофізичні властивості грунтів. На зрошуваних землях чизелювання підвищує фільтрацію поливної води та знижує засоленість ґрунтів. Все це позитивно впливає на урожайность, підвищення продуктивності машин та зниження витрат пального.

Безвідвальний обробіток грунту з залишеними на поверхні пожнивними і росли залишків і виносом на верхній (0...5 см) шар більших за грунтові фракції добре захищає грунт як від вітрової, так і від водної ерозії, що дозволяє призупинити ерозійні процеси.

Розробив технології безвідвальної обробки ґрунту та смугового посіву Олександр Іванович Бараєв (1908–1985) — видатний радянський агроном, академік ВАСГНІЛ (1966), Герой Соціалістичної Праці (1967), засновник ґрунтозахисної системи землеробства, яка врятувала цілинні землі від ерозії. Він.

На цілинних землях Казахстату академіком Бараєвим А.І було доведено необхідність заміни оранки плоскорізною обробкою із збереженням стерні на поверхні ґрунту та освоєння зернопарових сівозмін з короткою ротацією (3-5 років) замість зернотрав'янопропашних з довгою ротацією (8-10 років). Доводив правоту створеної ним системи за умов протидії.

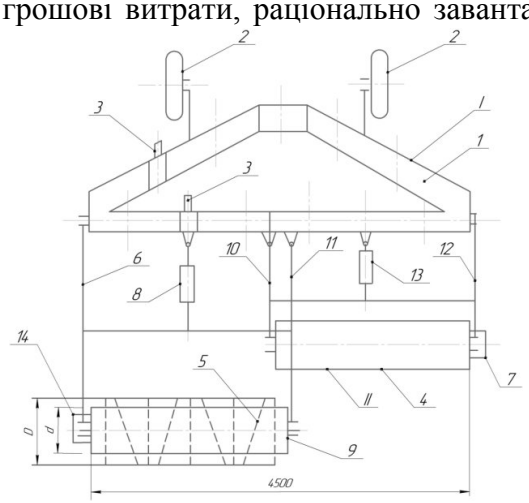
В Україні ґрунтозахисну технологію впроваджували Віктор Федорович Моргун і Іван Андрійович Шикула — відомі українські вчені-аграрії, які зробили значний внесок у розвиток сучасного землеробства. Віктор Федорович Моргун і Іван Андрійович Шикула — відомі українські вчені-аграрії, які зробили значний внесок у розвиток сучасного землеробства.

Іван Андрійович Шикула

- Український учений-агроном.
- Досліджував ґрунтозахисні системи землеробства.
- Розвивав і вдосконалював мінімальний та безвідвальний обробіток ґрунту, що допомагає зберігати родючість ґрунтів і зменшувати ерозію.

Моргун працював переважно в генетиці й селекції рослин. а Шикула — у ґрунтозахисному землеробстві та обробітку ґрунту.

Аналіз досліджень, випробувань та господарського досвіду застосування комбінованих агрегатів для передсадивної підготовки ґрунту та посіву, показав, що вони дозволяють зменшити трудові та грошові витрати, раціонально завантажувати енергонасичені трактори, зменшити ущільнення ґрунту перед посівом і підвищити врожайність сільськогосподарських культур в результаті скорочення кількості проходів машинно-тракторних агрегатів. Такі агрегати найбільш перспективні при обробітку ґрунту під просапні та зернові культури .

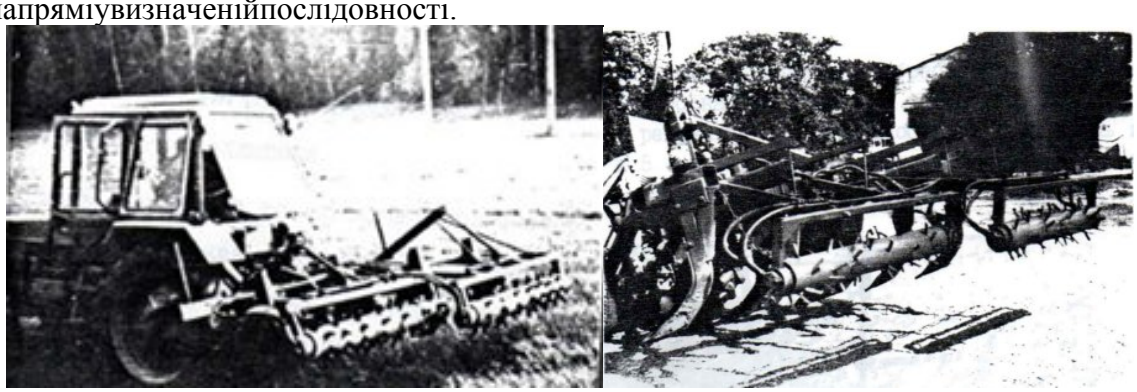


Авторами [1] розроблено комбінований ґрунтообробний агрегат (рис. 1), що складається з чизельного плуга ПЧ-4,5 (I) та пристосування для поверхневого обробітку ґрунту (II). Чизельний плуг складається з рами 1, опорних коліс 2 і стійок-розпушувачів 3 зі стрілчастими або долотоподібними лапами. Розпушувач (I) являє собою барабани 4 і 9 із зубовими елементами 5, закріпленими шарнірно на підвісках 6, 10, 11 і 12 до рами чизельного плуга. Для приводу барабанів використані

гідромотори 7, а для створення необхідного питомого тиску на ґрунт - натискні штанги 8 і 13. Робочими органами пристосування є зуби різної довжини, розміщені в площини еліпса під кутами в поздовжньому і поперечному напрямі в певній послідовності.

Рис1. Комбінований ґрунтообробний агрегат

Чизельні лапи (розставлені на відстані 350... 450 мм) обробляють грунт на глибину до 0,45 м, зрушують його, крошать, створюючи аерацію грунту і сприятливі умови машина для поверхневого обробітку грунту машина для поверхневого обробітку грунту для розвитку корневої системи рослин. Попередньо деформований шар грунту, маючи меншу твердість, добре піддається подальшому крошінню ротаційним зубовим розпушувачем, який в процесі взаємодії з грунтом забезпечує його якісне кришіння, вичісує бур'яни, розпушує і вирівнює поверхню перед посівом. В порівнянні з фрезою зуби не відрізують стружки грунту, а тільки інтенсивно змізерніють верхній посівний шар. Розташування зубів під кутом β підвищує закладення рослинних залишків, виключає забивання, веде до часткового обороту площини еліпса під кутами вподовжньому і поперечномунапряміувизначенійпослідовності.



а б

Рис.2. а-комбінований агрегат, що складається з чизельного плуга ПЧ-4,5 та машини для поверхневого обробітку грунту; б-машина для поверхневого обробітку грунту в автономному режимі.

Діаметр барабану вибираємо із співвідношення $l_б \leq 2\pi r$, де $l_б$ – довжина стебла бур'яну, r - радіус барабана. Щоб розпушування ґрунту по глибині відбувалося рівномірно і в нижній частині оброблюваного шару зуби розпушувача утворювали гребені висотою не більше $h \leq \frac{a}{2}$, необхідно, щоб зуби розташовувалися на відстані S.

$S = 2htg\frac{\Theta}{2} = atg\frac{\Theta}{2}$

де а - глибина обробітку;

Θ – кут сколювання грунту

Раціональні параметри зубового поля вибираємо за класом важких борін, для яких S = 0,05...0,075 м, а глибина розпушування відповідно до агротехнічних вимог $h_{рих}$= 0,05...0,08 м. . Кут установки зубів за напрямом руху β з умови ковзання ґрунту по поверхні зубів, щоб уникнути забивання ґрунтом і бур'янами, з урахуванням зон розпушування знаходиться в межах β = 30...40°.

Для забезпечення активного розпушування грунту за рахунок поперемінного зсуву в різні сторони і вирівнювання поверхні великі осі еліпсів розташовані відносно один одного під кутом 45 °. З метою кращого копіювання рельєфу розпушувач виготовлений з двох секцій по 2,3 м кожна. Привід секцій розпушувача здійснюється за допомогою гідромоторів, що дозволяє йому вільно копіювати поверхню грунту і оперативно регулювати процес розпушування, змінюючи швидкість в процесі розпушування.



Для визначення енергетичних показників агрегату проведено тензометрування параметрів у реальних польових умовах. Тип ґрунту середній суглинок, вологість - 19...21%.

Спостереження за розвитком картоплі після обробітку ґрунту різними знаряддями свідчать, що коренева система та стебла сорту Огонек розвинені значно краще на полі, обробленому комбінованим агрегатом (ПЧ+Р), порівняно із звичайною ораною (ПЛН), а урожайність на дослідних ділянках була вищою

на 30%.

Рис.3 Грунтопоглиблювач РУ-2.5 з машиною для поверхневого обробітку грунту

Внаслідок проведених цих та подібних досліджень такі агрегати випускають, ряд закордонних фірм: KUHN, Great Plains, Moro Aratri, SMS, A3 Tech та вітчизняних LOZOVA MACHINERY, VELES AGRO, Краснянський агромаш, Агрореммаш, Хартехпром-97, Білоцерківмаз та інші.





Висновок

Таким чином очевидною альтернативою основного обробітку у вигляді оранки є чизельний обробіток, який дозволяє не тільки збільшити продуктивність операції та знизити витрати пального на 50% але й зруйнувати ущільнену плужну підошву.

Такий спосіб обробітку руйнує ущільнену підорну «підошву», сприяє покращенню водного і повітряного режимів ґрунту, знижує ерозію ґрунтів, забезпечує проникнення коріння рослин у нижні горизонти, суттєво покращує інфільтраційні властивості.

Запропоноване пристосування для поверхневого обробітку грунту дозволяє якісно розпушувати середні та верхні шари ґрунту та забезпечити в розпушеному горизонті оптимальні умови щільності, волого- та повітропроникності.

Список використаних джерел

1. 1. Soil cultivation tool // Geruk S.N., Lovkis Z.V. et al./ A.s. 1424746. Published in B.I. – 1988.- No. 35.
2. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ "Українські технології", 2006. – 730 с.
3. Алексеєв І.В. Індустріальна технологія виробництва картоплі / І.В. Алексеєв, А.С. Мороз, Р. М.Романів, І.Б. Хома. – Львів: «Бескид Біт», 2003. – 152 с.
4. Операційна технологія виробництва картоплі / В.І.Дзюба, В.Г.Батюта, В.С.Куценко та ін.; За ред. В.І.Дзюби, В.Г.Батюти.: - К.: Урожай, 1987. - 200 с., іл. 5
5. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. – Немішаєве: Українська академія аграрних наук, Інститут картоплярства, 2002. – 184 с
6. Коленда О. Продуктивність картоплі залежно від способів основного обробітку ґрунту / О. Коленда // Актуальні проблеми аграрного виробництва: теорія, дослідження, практика: Матеріали Міжнародної студентської наукової конференції: Наук. видан. Львів: ЛДАУ, 2002. С. 52-54.
7. Лищук С.С. Довідник картопляра/ С.С. Лищук, С.С. Моспан. – Ужгород: Карпати. – 1987. – 202 с.
8. https://www.agronom.com.ua/produktyvnist-kartopli-zalezhno-vid-peredsadyvnogo-obrobitku-gruntu/
9. http://repository.lnau.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/600/1/Voynirovych_bach.pdf.

177. Сачук В.П., Толстушко Н.О., Луцький національний технічний університет м. Луцьк, Україна.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ ПНІВ

Процес видалення пнів є невід'ємною складовою лісовідновлення на вирубках чи згарищах, а також важливою частиною робіт із благоустрою територій та придорожніх смуг. Допускається відмова від виконання такої процедури лише за умови, що кількість пнів на одному гектарі не перевищує шестисот одиниць. У такому разі ретельне очищення ділянки від залишків деревини дозволяє якісно обробити ґрунт і провести успішне висаджування нових культур [1-3].

На сьогодні існує чимало підходів до розв’язання цього завдання, кожен з яких має свої особливості. Традиційне корчування за допомогою спеціальної техніки забезпечує високий рівень механізації подальших робіт, проте воно суттєво порушує структуру ґрунту. Інші методи, як-от використання вибухівки чи випалювання, вважаються надто небезпечними через ризик травматизму або виникнення пожеж. Хімічна обробка та біологічне руйнування за допомогою грибків є тривалими процесами, а ручна праця залишається занадто трудомісткою для промислових масштабів.

Вибір конкретної технології безпосередньо впливає на стан орного горизонту, що є критично важливим для майбутнього лісу. Саме тому механічне руйнування залишається основним промисловим методом. Серед сучасних рішень особливої популярності набуває фрезерування надземної частини пня. Цей спосіб вважається більш екологічним порівняно з корчуванням, оскільки він менше травмує навколишнє середовище.

Американське обладнання для подрібнення пнів моделі Toro STX-38 (рис. 1) демонструє вражаючу витривалість і здатне безперебійно працювати протягом тривалого часу навіть у найбільш суворих умовах. Ключовою особливістю цієї машини є інтелектуальна система Inteli-Sweep, яка самостійно контролює інтенсивність обертання різального диска, орієнтуючись на поточне навантаження. Завдяки такому автоматичному регулюванню двигун надійно захищений від перевантажень і поломок під час глибокого занурення в деревину або при роботі з особливо масивними пнями.



Рис. 1. Американський подрібнювач пнів Toro STX-38

Хоча при заглибленні фрези в землю термін служби обладнання може скорочуватися, саме цей метод сьогодні розглядається як перспективна та безпечна альтернатива традиційним підходам у лісовій галузі.

Список використаних джерел

1. Машини і обладнання для лісового господарства: посібник / за ред. В.І. Кравчука. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 192 с.

2. Зима І.М., Малюгін Т.Т. Механізація лісогосподарських робіт: Підручник. 4-е вид., перероб. і доп. – Київ: Фірма «ІНКОС», 2006. – 488 с.

178. Литвинюк В.А., Толстушко Н.О. Луцький національний технічний університет м. Луцьк, Україна.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ДОБУВАННЯ НАСІННЯ ІЗ СОСНОВИХ ШИШОК

Зимовий період стає для лісівників часом особливої активності, адже саме зараз триває відповідальний процес заготівлі насіння хвойних порід, що дає початок майбутнім лісовим масивам. Ця кропітка робота є першим і надзвичайно важливим кроком у циклі відтворення природи, де з маленької насінини за кілька років мають постати молоді сосни та ялини. Важливо розуміти, наскільки ресурсномістким є цей процес, оскільки середній вихід чистого продукту із соснових шишок становить лише близько одного відсотка.

Процес отримання якісного насіння хвойних культур розпочинається з ретельного збору шишок та їхньої подальшої багатоетапної підготовки, яка включає вилучення насіння, видалення крилаток, очищення від сторонніх домішок і просушування до оптимального рівня вологості.

Для заготівлі лісонасіннєвої сировини фахівці використовують три основні методи: механічне струшування крони за допомогою тракторних вібраструшувачів, збір плодів із зовнішнього боку крони з використанням піднімальних агрегатів, а також роботу всередині самої крони, куди збирачі піднімаються вздовж стовбура за допомогою спеціального спорядження.

Серед існуючих підходів найбільш продуктивним вважається вібраційний метод. Спеціалізовані машини, як-от поширена модель МСО-0,4, створюють вимушені коливання дерева. Оператор підводить вібраційний пристрій до стовбура, надійно фіксує його за допомогою спеціальних щелеп і вмикає механізм на короткий час. Протягом двадцяти секунд інтенсивної вібрації насіння або цілі шишки відокремлюються від гілок і падають на заздалегідь розстелений брезент.

Подальша обробка зібраного матеріалу вимагає особливої обережності, оскільки технологічний режим не повинен пошкоджувати поживну структуру насіння або спричиняти мутації. Також критично важливо уникати механічних травм сировини, щоб запобігти розвитку шкідливих мікробіологічних процесів. Хоча за сприятливих погодних умов і температури близько двадцяти п’яти градусів Цельсія шишки можуть розкритися природним шляхом за кілька діб, такий метод доречний лише для малих партій.

У промислових масштабах лісові господарства використовують спеціальні сушарки, де завдяки постійному потоку гарячого повітря волога випаровується значно швидше. При цьому для сосни підтримують температуру в межах сорока п’яти або шістдесяти градусів, тоді як для ялини цей показник трохи нижчий.

Сам процес вилучення насіння в автоматизованих комплексах організований як чітка конвеєрна лінія. Спочатку шишки проходять через бункер-віялку для первинного очищення, після чого система конвеєрів розподіляє їх по накопичувачах. Далі сировина потрапляє в обертові сітчасті барабани, де відбувається попереднє та остаточне просушування. Під час постійного перемішування насіння випадає з шишок на транспортери, а порожні шишки відправляються на утилізацію шляхом спалювання. На завершальних етапах застосовують установку ОН-800, яка за допомогою води та стисненого повітря видаляє крилатки, а гравітаційний сепаратор ГПС-01 сортує отриманий матеріал на зріле та недозріле насіння. Для нагрівання таких сушильних камер використовують різні джерела енергії – від сонячного тепла до потужних електронагрівачів чи калориферів.

Список використаних джерел

1. Машини і обладнання для лісового господарства: посібник / за ред. В.І. Кравчука. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 192 с.

2. Зима І.М., Малюгін Т.Т. Механізація лісогосподарських робіт: Підручник. 4-е вид., перероб. і доп. – Київ: Фірма «ІНКОС», 2006. – 488 с.

179. Оставненко В.О., Петрук В.П. Луцький національний технічний університет м. Луцьк, Україна.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАГОТІВЛІ ДЕРЕВИНИ

Процес підбору спеціалізованої техніки для лісових робіт нерозривно пов'язаний із конкретною методикою заготівлі та характером вирубки, оскільки суцільні та вибіркові роботи вимагають різних підходів. Світова практика демонструє чіткий поділ у цьому питанні. Наприклад, у США та Канаді традиційно домінує стовбурна технологія, де основну роль відіграють колісні або гусеничні звалювально-пакетувальні машини. Вони працюють у тісній зв'язці з безчокерними трелювальними агрегатами та гілкорізним обладнанням, а транспортування цілих стовбурів до місць призначення забезпечується потужними лісовозними автопотягами [1-3].

Водночас скандинавський регіон та Україна орієнтуються на більш сучасну сортиментну технологію. Цей метод передбачає використання високотехнологічних харвестерів, форвардерів та процесорів, які дозволяють готувати деревину безпосередньо на місці. Попри активний розвиток інновацій та появу сотень нових моделей машин, статистичні дані свідчать, що стовбурна технологія все ще залишається провідною у світі. Вона зберігає свою актуальність завдяки тому, що не потребує створення надто щільної мережі лісових доріг, що значно спрощує логістику в складних умовах.

Якщо розглядати ефективність колісних скідерів, то їхні можливості залежать від цілого комплексу факторів, зокрема від прохідності шасі, типу встановленого обладнання та максимальної вантажопідйомності. Важливе значення має і спосіб розміщення деревини, оскільки часткове або повне

завантаження пакета впливає на стійкість машини та швидкість її роботи. Усі ці технічні параметри безпосередньо формують продуктивність лісозаготівельного процесу.

Сучасний парк машин можна розділити за їхнім функціональним призначенням відповідно до обраної стратегії. У сортиментній заготовці ключовими є форвардери, які за допомогою маніпуляторів повністю механізують процес перевезення готової продукції. У стовбурній же технології незамінними є скідери з затискними пристроями, здатні транспортувати значні об'єми деревини у напівпідвішеному стані.

Ключовим пріоритетом розвитку лісового сектору є гармонізація технологічних процесів із особливостями природного середовища. Цього можливо досягти завдяки системному плануванню, яке дозволяє обирати методи роботи, що поєднують у собі технічну реальність, фінансову вигоду та мінімальний вплив на екологію. Зараз ця сфера переходить на новий інженерний рівень, де основна увага приділяється розробленню складних алгоритмів і комп'ютерному моделюванню різних сценаріїв проведення заготівлі деревини.

Такий підхід до організації робіт вимагає цілісного бачення, де всі ключові операції – від звалювання дерев і їхнього кряжування до подальшого транспортування – розглядаються як єдиний механізм. Саме тому сучасні стратегії дедалі більше орієнтуються не на окремі одиниці техніки, а на впровадження цілих комплексних сімейств машин та інтегрованих технологічних систем.

Список використаних джерел

1. Машини і обладнання для лісового господарства: посібник / за ред. В.І. Кравчука. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 192 с.

2. Шкіря Т.М. Технологія і машини лісосічних робіт. – Львів: Український державний лісотехнічний університет: «Тріада плюс», 2003. –352 с.

3. Технологія та технологічне обладнання лісозаготівлі [Текст] : методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньої програми «Лісове господарство» галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство спеціальності 205 Лісове господарство денної та заочної форм навчання / уклад. Н.О. Толстушко, М.В.Вржещ. – Луцьк : ЛНТУ, 2021. – 100 с.

180. Когут О.В., Толстушко Н.О. Луцький національний технічний університет м. Луцьк, Україна.

АНАЛІЗ КАНАТНИХ ЛІСОТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК

Виконання лісотранспортних робіт у гірській місцевості, а також на важкодоступних чи заболочених ділянках потребує особливого підходу, тому тут часто впроваджують підвісні канатні системи. Такі технології дозволяють оперативно переміщувати деревину до пунктів перевантаження на колісний чи гусеничний транспорт, водночас мінімізуючи пошкодження лісового ґрунту [1-3].

Залежно від технологічних завдань техніку поділяють на три основні категорії, кожна з яких має свою специфіку. Трелювально-транспортні установки завдяки поєднанню несучого та тягового канатів здатні підтягувати деревину з відстані до 50 метрів і надалі транспортувати її у підвішеному чи напівпідвішеному стані на дистанцію понад кілометр. Найбільш відомими прикладами такої техніки є моделі серій ЛЛ, УКТ та УТТ.

Для прямого переміщення стовбурів із лісосік до складів використовують підвісні канатні системи, які забезпечують рух вантажу в повітрі. Вони також дозволяють завантажувати лісовози безпосередньо з несучого канату. Якщо ж виникає потреба працювати на коротких дистанціях, застосовують спеціалізовані установки, що доставляють деревину від місця зрізу безпосередньо до доріг. Головною особливістю таких систем є спосіб переміщення, при якому над землею підіймається лише передня частина стовбура, тоді як інша волочиться по ґрунту. У цьому сегменті активно експлуатуються установки типу ЛЛ-25, МЛ-43 та сучасні системи лінійки LARIX.

Сучасним прикладом високотехнологічного обладнання є продукція словенської фірми Tajfun (рис. 1). Ця транспортна установка має складну конструкцію, що базується на системі шківів для несучого та трелювального канатів, а також мережі гідромоторів і барабанів. Управління процесом здійснюється за допомогою інтелектуального регулятора Smart Drive Easy Plus з дистанційним радіоконтролем. Стабільність і маневреність машини в лісових умовах забезпечуються телескопічною щоглою, висота якої сягає 7,5 метрів, та спеціальними гідравлічними циліндрами для регулювання положення коліс і фіксації опорної колони на ґрунті. Техніка приводиться в дію через карданний вал від трактора потужністю понад 60 кВт, що гарантує надійну роботу всіх вузлів системи.



Рис. 1. Підвісна канатна лісотранспортна установка фірми Tajfun (Словенія)

Окрім екологічних переваг, мобільні канатні установки вирізняються низькою енергомісткістю та помірною вагою конструкції, що робить їх використання в комплексі лісозаготівель надзвичайно ефективними.

Список використаних джерел

1. Мартинців М.П. Розрахунок основних елементів підвісних канатних лісотранспортних установок. – К.: ВК “Ясмина”, 1996. – 175 с.

2. Машини і обладнання для лісового господарства: посібник / за ред. В.І. Кравчука. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 192 с.

3. Шкіря Т.М. Технологія і машини лісосічних робіт. – Львів: Український державний лісотехнічний університет: «Тріада плюс», 2003. –352 с.

181. Махов О.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

УМОВИ РОБОТИ ТА ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ У СИСТЕМАХ ЗРОШУВАННЯ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

Інтенсивне рослинництво в умовах захищеного ґрунту потребує безперервного й керованого водопостачання, тому зрошувальна система фактично є критичною інженерною підсистемою тепличного господарства. Така система включає подаючий насос, бак або гідроакумулятор, фільтри, насос системи зрошення, трубопроводи, арматуру та автоматизацію фертигації, однак саме насосне обладнання є одним із найбільш уразливих елементів. Зниження його подачі, поява шуму, вібрації, підтікання або перегріву прямо впливають на стабільність поливу, собівартість продукції та ризик аварійних зупинок. Проблема ускладнюється тим, що в реальній тепличній експлуатації насос працює не з «ідеально чистою» водою, а з рідинами, що можуть містити тверді частинки, біологічні забруднення й компоненти добрив [1].

Результати досліджень показують, що ресурс насоса в умовах захищеного ґрунту визначається сукупною дією кількох груп чинників. Серед експлуатаційних умов найбільшу небезпеку становлять підвищена вологість, коливання температури, агресивні домішки у воді, абразивні частинки, біологічне засмічення та часті пуски/зупинки. У структурі відмов домінують гідравлічне зношування - 32 %, механічне зношування - 25 %, корозія - 14 %, кавітація - 11 %, вібрація та шум - 10 %, інші причини -

8 %. Вже сама ця статистика показує, що головним резервом підвищення надійності є не лише поліпшення механіки вузлів, а передусім стабілізація гідравлічних умов роботи насоса (Табл.1)[1].

Таблиця 1. Причини відмов відцентрових насосів та заходи для їх уникнення

Причина або група відмов	Частка, %	Найтиповіші прояви	Рекомендовані заходи зменшення ризику
Гідравлічне зношування	32	ерозія робочого колеса, падіння подачі, нестабільний потік	забезпечити ефективну фільтрацію; підтримувати достатній NPSH-запас; зменшувати втрати на всмоктуванні; періодично оглядати проточну частину
Механічне зношування	25	знос підшипників, ущільнень, вала, підтікання	контролювати центрування, мастило, співвісність і вібрацію; своєчасно замінювати підшипники та ущільнення
Корозія	14	руйнування корпусу й робочого колеса, втрата герметичності	застосовувати корозійностійкі матеріали й покриття; зменшувати контакт з агресивними розчинами; промивати систему після внесення добрив
Кавітація	11	шум, вібрація, ерозійні раковини, втрата напору	підтримувати NPSHA вище NPSHR із запасом; очищати фільтри; не допускати нестачі рідини на всмоктуванні
Вібрація та шум	10	резонанс, прискорене руйнування опор і ротора	виконувати вібраційний моніторинг; балансувати ротор; не працювати далеко від точки найкращого ККД
Інші причини	8	помилки монтажу, сторонні предмети, аварійні зупинки	перевіряти монтаж перед пуском; захищати резервуари від сміття; використовувати захист від перенапруг і сухого ходу

Практичні дані, підтверджують обмежений ресурс окремих вузлів: середній строк служби підшипника становить близько 3,56 року, сальника - 3,18 р., робочого колеса - 3,61 р., вала - 4,20 р., корпусу - 4,64 р. Найчастіше в польових спостереженнях фіксували відсутність подачі, відсутність всмоктування, перегрів, підтікання та надмірний шум. Це означає, що без системного профілактичного втручання насосна частина в тепличному поливі часто вичерпує ресурс уже за 3-5 років, причому втрата працездатності зазвичай починається не з повного руйнування агрегату, а з деградації ущільнень, підшипників і робочого колеса[1].

Отримані результати дослідження показують, що центральною умовою надійності є правильний гідравлічний режим. Сучасні галузеві рекомендації прямо вказують, що NPSHA, тобто наявний у системі запас на всмоктуванні, має перевищувати NPSHR насоса, причому недостатній запас веде до шуму, вібрації, втрати характеристики та зниження загальної надійності. Не менш важливо утримувати насос у межах бажаної й допустимої робочих зон відносно точки найкращого ККД: робота далеко від BEP посилює внутрішню рециркуляцію, гідравлічну нестійкість, радіальні навантаження і прискорює знос. Саме тому питання ресурсу в тепличному зрошенні слід розглядати не тільки як проблему матеріалів, а як проблему сумісності «насос — трубопровід — джерело води — режим поливу» [2].

Окремо слід підкреслити роль твердих включень у воді. Сучасне CFD–DEM-дослідження показало, що частинки переважно вдаряють по вхідних і вихідних крайках лопаток робочого колеса та напрямного апарата, а зі збільшенням розміру частинок і зменшенням їх сферичності середнє зношування проточних елементів зростає. Цей висновок добре узгоджується з практикою тепличного зрошення: якщо насос фактично перекачує воду з абразивними домішками, то простий підбір «потужнішої» моделі не вирішує проблему без фільтрації та контролю якості води. До того ж офіційні матеріали для насосів серії CP прямо вказують, що вони призначені для чистої води без абразивних частинок, отже для тепличних систем з ризиком піску чи механічних домішок фільтрація є не допоміжною опцією, а обов’язковою умовою ресурсу[3,4].

Не менш значущими є електричні й сервісні фактори. Заводські інструкції наголошують, що запуск без заповнення рідиною або робота «всуху» пошкоджують підшипники та ущільнення вала, а сучасні контролери мають автоматично зупиняти насос у режимі «dry running». У поєднанні з галузевими документами щодо вібрацій це означає, що навіть мінімальний набір контролю — датчики тиску, реле сухого ходу, контроль напруги/фаз і періодичні вимірювання вібрації на корпусах підшипників — дає значно більший ефект, ніж епізодичний ремонт після аварії. Саме перехід від

реагування на поломку до попередження дефекту є головною організаційною умовою зростання ресурсу[4].

Для тепличних господарств доцільно рекомендувати багаторівневу систему обслуговування. Щоденно слід контролювати подачу, тиск, струм двигуна, наявність шуму, підтікання та ознак підсмоктування повітря. Щотижня треба очищати або промивати фільтри, перевіряти арматуру, зворотні клапани, стан електричних контактів та кріплень. Щомісячно варто виконувати вібраційний контроль, перевірку центрування, стану підшипників і ущільнень. Щосезону необхідна ревізія робочого колеса, оцінка умов всмоктування, перевірка захистів від сухого ходу, перенапруг і перегріву. Після розширеного ремонту або перед піковим сезоном поливу бажано проводити контрольну перевірку подачі й напору за підходом приймальних гідравлічних випробувань для відцентрових насосів. Для систем, де подаються розчини добрив, слід окремо передбачати стійкі до корозії матеріали та обов'язкове промивання після роботи в агресивному середовищі. Запропонований графік поєднує три рівні захисту ресурсу: стабільну гідравліку, раннє виявлення механічної деградації та попередження електричних аварій. Найбільший ефект забезпечує не окрема дія, а саме їх комбінація: чиста вода, відсутність дефіциту на всмоктуванні, обмеження частих пусків, захист від сухого ходу, своєчасна заміна ущільнень і регулярна оцінка вібрації. Для об'єктів із середнім рівнем автоматизації це є реалістичним і економічно виправданим сценарієм. [1,2].

Узагальнення даного дослідження дає підстави стверджувати, що ресурс відцентрових насосів у системах зрошування захищеного ґрунту визначається насамперед сукупністю гідравлічних, механічних, електричних і експлуатаційних чинників. Найбільший внесок у передчасні відмови роблять гідравлічне та механічне зношування, а критичними механізмами деградації виступають кавітація, абразивне ураження проточної частини, вібрація, зношення підшипників і ущільнень. За відсутності профілактики фактичний ресурс ключових вузлів без капітального ремонту часто обмежується 3–5 роками. Найбільш обґрунтованою стратегією підвищення довговічності є робота насоса в межах належної гідравлічної зони з достатнім NPSH-запасом, жорсткий контроль якості води та фільтрації, недопущення «сухого ходу», планове вимірювання вібрацій і перехід до превентивного технічного обслуговування. Для тепличних господарств це означає, що управління ресурсом насоса має стати частиною загальної технології поливу, а не лише сервісною реакцією на вже наявну поломку.

Список використаних джерел

1. Махов О. А. Умови роботи та ресурс відцентрових насосів, що працюють в системах зрошування в захищеному ґрунті. Наукові праці ВНТУ, 2025.

2. ANSI/HI 9.6.1; ANSI/HI 9.6.3; ANSI/HI 9.6.4. Галузеві рекомендації щодо NPSH-запасу, робочих зон і допустимих вібрацій ротодинамічних та відцентрових насосів. Hydraulic Institute, www.pumps.org.

3. Cao W., Wang H., Tang J. Study on Wear Characteristics of a Guide Vane Centrifugal Pump Based on CFD–DEM. Journal of Marine Science and Engineering, 2024.

4. Інструкції та технічні матеріали з експлуатації насосів відцентрових насосів: Grundfos; Pedrollo. https://www.pedrollo.com.ua, https://www.grundfos.com/ua

182. Возняк В.О., Толстушко Н.О. Луцький національний технічний університет м. Луцьк, Україна.

АНАЛІЗ МАШИН ДЛЯ БУРІННЯ ЯМ ПІД САДЖАНЦІ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР

Створення та ефективне вирощування плодових насаджень передбачає чітку послідовність дій, де одним із ключових етапів є правильне садіння дерев. На сьогодні існують різні підходи до цієї процедури, серед яких ручне висаджування у борозни чи ями, використання гідробурів або повна механізація робіт. Вирішальним фактором приживлюваності залишається суворе дотримання термінів: весняні роботи мають завершитися вчасно, щоб уникнути пересихання саджанців, а осінні – за місяць до перших морозів для успішної регенерації кореневої системи.

Якщо відстань між деревами в ряду перевищує півтора метра, доцільно використовувати метод висадки у попередньо підготовлені ями. Для молодих однорічних рослин цілком достатньо ручних інструментів або гідравлічних бурів, проте промислові масштаби вимагають застосування спеціалізованої техніки. Машини на кшталт КЯУ-100, КПЯШ-60 чи КРК дозволяють значно оптимізувати процес, знижуючи трудові та фінансові витрати у кілька разів порівняно з ручною працею.

Конструкція типового ямокопача, як-от КЯУ-100, базується на використанні змінних шнекових бурів різного діаметра, що приводяться в дію через вал відбору потужності трактора. Спеціальні

механізми регулювання дозволяють чітко контролювати глибину та рівномірність заглиблення робочих органів, що забезпечує ідеальну підготовку місця під саджанець. Подібний принцип роботи має і модель БАМ-1,3, яку часто застосовують для встановлення огорож або висадки чагарників.

Справжнім технологічним проривом стала розробка унікального трирядного ямокопача БАМ-3Х1 (рис. 1).



Рис. 1. Ямокопач трьохрядний БАМ-3Х1

Ямокопач БАМ-3Х1 призначений для роботи на великих площах, сумісний із більшістю сучасних тракторів. Його складна система італійських редукторів та карданів дозволяє одночасно готувати три ряди ям, при цьому конструкція передбачає гнучке налаштування ширини міжряддя та глибини буріння відповідно до конкретних потреб господарства.

Список використаних джерел

1. Машини для овочівництва, садівництва та виноградарства : посібник / [Колектив авторів] ; за ред. В.І. Кравчука ; Мін-во аграр. політики та прод-ва України; УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 152 с.

2. Довідник садівника / Гадзало Я.М., Шестопал З.А. та ін. — Львів: Світ, 2007. – 304 с.

183. Бучко І.О., Добранський С.С., Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

ВИБІР СПОСОБУ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОВЕРХНІ ТЕРТЯ ПЛУЖНИХ ВІДВАЛІВ ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ ІЗ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ

Під час експлуатації ґрунтообробних машин та агрегатів найбільш навантажені поверхні деталей внаслідок тертя в абразивному середовищі змінюють конструктивні параметри, технологічні характеристики та експлуатаційні властивості. Прискорене зношування робочих поверхонь лемешних – відвальних плугів знижує якість обробітку ґрунту, збільшує тяговий опір агрегатів, витрату палива та простої машин, пов’язані з періодичною заміною зношених деталей. Вид зношеної поверхні відвалу зображено на рис. 1.

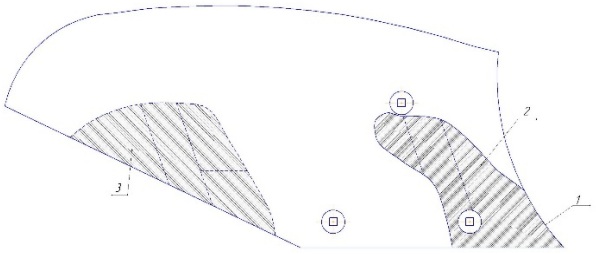


Рис. 1 – Вид зношеної поверхні відвалу.

1 – польовий обріз; 2 – грудна (передня) частина відвалу; 3 – крило відвалу.

Переглянувши та проаналізувавши всі відомі способи відновлення швидкозношуваних поверхонь відвалу (грудна частина) та враховуючи недоліки, такі як трудомісткість або дорожнеча застосування способу та низька економічна ефективність, можна зробити висновок, що одним із

найбільш ефективних способів зміцнення передньої частини відвалу є спосіб наплавлення кільцевих або овальних валиків на лицьовій поверхні відвалу.

Головним результатом цього способу є зниження швидкості зношування робочих поверхонь корпусу плуга в зонах найбільшої інтенсивності тертя за рахунок розпушування та зниження щільності контактного шару ґрунту при взаємодії з поверхнею зносостійкого наплавлюваного матеріалу.

Розташування ділянок зносостійкого присадочного матеріалу у вигляді кільцевих та/або овальних валиків із товщиною шару 2-4 мм на лицьовій передній поверхні відвалу, що прилягає до польового обрізу, а також їх розташування на бічній робочій поверхні середньої частини польової дошки та поверхні п'яти з перекриттям і зміщенням одна від одної у напрямку руху збільшує ступінь розпушування контактного шару ґрунту при взаємодії із зовнішньою та внутрішньою бічною поверхнею кільцевих та/або овальних валиків, відстань між якими встановлено не менше подвійної ширини наплавленого шару.

Ділянки зносостійкого присадочного матеріалу у вигляді кільцевих та/або овальних валиків з товщиною шару 2-4 мм забезпечують необхідну глибину розпушування контактного шару ґрунту, достатню для зменшення щільності та зв’язності ґрунту в зоні найбільшої інтенсивності тертя робочих поверхонь корпусу плуга у напрямку руху.

Висока швидкість деформування ґрунту поверхнею зносостійкого покриття, що утворює в активній зоні тертя геометричні нерівності з виступами на шляху тертя приповерхневого шару ґрунту, підвищує ступінь його розпушування, що знижує тертя ґрунту з основним металом.

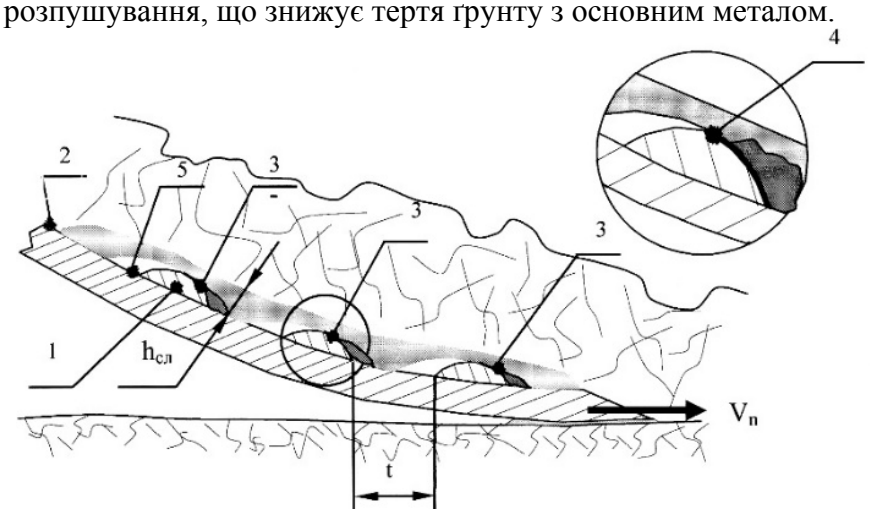


Рис. 2 – Схема взаємодії контактного шару ґрунту з робочою поверхнею деталі.

V_n – швидкість переміщення деталі; $h_{сл}$ – товщина контактного шару ґрунту; t – крок наплавлення зносостійкого матеріалу; 1 – поперечний переріз наплавленого шару; 2 – поверхня основного металу; 3 – область гальмування контактного шару ґрунту; 4 – перехідна зона відколювання частинок; 5 – зона застою ґрунту на основному металі.

У результаті ударної взаємодії з поверхнею зносостійкого присадочного матеріалу при застосованих швидкостях обробки ґрунту відбувається гальмування, зминання та сколювання частинок контактного шару ґрунту в напрямку руху, що зменшує його щільність і швидкість зношування робочих поверхонь корпусу плуга в зонах найбільшої інтенсивності тертя з утворенням застійних зон ґрунту всередині та зовні кільцевих і/або овальних валиків.

При цьому менш зв'язані частинки контактного шару ґрунту здійснюють змішаний відносний рух, що включає ковзання, кочення, обертання та перекочування частинок у напрямку руху, що знижує тертя ґрунту з основним металом робочої поверхні та швидкість його зношування.

Розташування сусідніх кільцевих та/або овальних валиків на відстані один від одного не менше подвійної ширини наплавленого шару збільшує ступінь розпушування контактного шару ґрунту при зниженні щільності та зв'язності частинок шляхом скалювання.

Тертя по шару застійного ґрунту всередині та зовні кільцевих та/або овальних валиків зменшує абразивний вплив активного шару ґрунту на основний метал і знижує швидкість його зношування.

Обтічна форма зовнішньої бічної поверхні кільцевих та/або овальних валиків сприяє розпушуванню контактного шару ґрунту з одночасним його прослизанням, що додатково знижує тертя ґрунту в напрямку руху.

Порівняно з суцільним наплавленням передньої частини відвалу, застосування наплавлення кільцевими та овальними валиками зменшує витрати на тверді сплави.

184. Кірієнко М.О. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

КЛЮЧОВІ ЗАСАДИ КОНЦЕПЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Основні положення концепції системи технічного обслуговування сільськогосподарських машин формуються на перетині інженерних, економічних та організаційних підходів і визначають ефективність функціонування аграрного виробництва в цілому. У сучасних умовах розвитку аграрного сектору, де спостерігається активне впровадження новітніх технологій, автоматизації та цифровізації, роль системи технічного обслуговування (ТО) значно зростає, оскільки від її якості залежить не лише працездатність машинно-тракторного парку, а й рівень продуктивності, рентабельності та екологічної безпеки сільського господарства. Концепція системи технічного обслуговування базується на комплексному підході до забезпечення надійності машин протягом усього їх життєвого циклу, починаючи від введення в експлуатацію і закінчуючи списанням.

Одним із ключових положень є принцип планово-попереджувального обслуговування, який передбачає виконання регламентованих операцій у визначені терміни незалежно від фактичного технічного стану машини. Такий підхід дозволяє мінімізувати ризик раптових відмов, забезпечити стабільність виробничих процесів і продовжити ресурс техніки. Водночас сучасна концепція дедалі більше орієнтується на перехід до обслуговування за технічним станом, що передбачає використання діагностичних засобів для визначення реального рівня зношування вузлів і агрегатів. Це дозволяє більш раціонально використовувати ресурси, знижувати витрати на ремонт і уникати зайвих операцій.

Важливою складовою концепції є інтеграція системи технічного обслуговування з виробничими процесами господарства. Технічне обслуговування не повинно розглядатися як окремий процес, відірваний від основної діяльності, а як невід'ємна частина технологічного циклу вирощування сільськогосподарських культур. Планування ТО має здійснюватися з урахуванням сезонності робіт, пікових навантажень та агротехнічних вимог, що забезпечує максимальну ефективність використання техніки.

Ще одним важливим положенням є диференційований підхід до обслуговування різних типів машин. Сільськогосподарська техніка відрізняється за призначенням, конструкцією, умовами експлуатації та інтенсивністю використання, тому система ТО повинна враховувати ці особливості. Наприклад, трактори, комбайни, ґрунтообробні машини та обладнання для тваринництва мають різні вимоги до періодичності обслуговування, видів робіт і методів контролю технічного стану. У цьому контексті важливим є створення індивідуалізованих графіків ТО для кожної одиниці техніки.

Сучасна концепція також передбачає широке використання інформаційних технологій. Впровадження систем моніторингу, телеметрії та цифрових платформ дозволяє здійснювати дистанційний контроль за станом машин, аналізувати параметри їх роботи в реальному часі та прогнозувати можливі відмови. Це сприяє переходу до концепції предиктивного обслуговування, яка базується на прогнозуванні технічного стану і дозволяє своєчасно проводити необхідні роботи до виникнення несправностей.

Організаційні аспекти системи технічного обслуговування також мають велике значення. Ефективність ТО значною мірою залежить від рівня підготовки персоналу, наявності необхідної матеріально-технічної бази та чіткої системи управління. Персонал, який здійснює обслуговування, повинен мати відповідну кваліфікацію, знання сучасних технологій і навички роботи з діагностичним обладнанням. Крім того, важливим є створення умов для постійного підвищення кваліфікації працівників.

Матеріально-технічне забезпечення системи ТО включає наявність ремонтних майстерень, інструментів, запасних частин і витратних матеріалів. Раціональна організація складського господарства дозволяє зменшити час простою техніки у разі поломки та забезпечити оперативне виконання ремонтних робіт. У цьому контексті важливим є застосування сучасних логістичних підходів до управління запасами.

Економічна складова концепції передбачає оптимізацію витрат на технічне обслуговування при одночасному забезпеченні високого рівня надійності техніки. Витрати на ТО повинні розглядатися не як додаткове навантаження, а як інвестиція в стабільність і ефективність виробництва. Аналіз економічної доцільності різних видів обслуговування, вибір оптимальних стратегій ремонту та використання ресурсів є важливими завданнями управління.

Особливе місце в концепції займає питання екологічної безпеки. Сільськогосподарська техніка може бути джерелом забруднення навколишнього середовища, тому система ТО повинна забезпечувати

дотримання екологічних норм і стандартів. Це включає контроль за викидами шкідливих речовин, правильну утилізацію відпрацьованих матеріалів і використання екологічно безпечних технологій.

Ще одним важливим аспектом є адаптивність системи технічного обслуговування. Умови ведення сільського господарства можуть змінюватися під впливом кліматичних, економічних і технологічних факторів, тому система ТО повинна бути гнучкою і здатною швидко адаптуватися до нових умов. Це передбачає постійний аналіз ефективності існуючих підходів і впровадження інноваційних рішень.

У контексті сучасних викликів, таких як зміна клімату, дефіцит ресурсів і необхідність підвищення продуктивності, система технічного обслуговування набуває стратегічного значення. Вона стає важливим інструментом забезпечення сталого розвитку аграрного сектору. Раціональне використання техніки, зниження витрат на її експлуатацію та мінімізація негативного впливу на довкілля є ключовими завданнями, які вирішуються через ефективну систему ТО.

Таким чином, основні положення концепції системи технічного обслуговування сільськогосподарських машин включають комплексний підхід до забезпечення їх надійності, використання сучасних технологій діагностики і моніторингу, інтеграцію з виробничими процесами, оптимізацію витрат і забезпечення екологічної безпеки. Реалізація цієї концепції дозволяє підвищити ефективність аграрного виробництва, забезпечити стабільність роботи техніки та створити умови для сталого розвитку сільського господарства.

185. Хомич С.М., Цизь І.Є. Луцький національний технічний університет м. Луцьк, Україна.

ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА САПРОПЕЛЕВИХ ДОБРИВ

Речовини, що сприяють формуванню високих врожаїв сільськогосподарських культур знаходяться в ґрунті. Ґрунт можна називатись родючим коли в ньому є потрібна кількість гумусу або гумусоутворюючого елементу. Найбільш сприятливим поживним середовищем ґрунту є органічні речовини які стабілізують і поповнюють гумус.

Ґрунти, які характеризуються низькою природною родючістю і перебувають в статусі орних потребують постійного поповнення поживних, для рослин, елементів і водночас збагачення мікробіологічного складу, який утворює органічні мікроелементи. Найпростішим та найдоступнішим способом збагачення гумусу є поповнення його добривами органічного походження.

Тому, формування рецепту збагачення ґрунту особливо органічними добривами, є визначальним фактором в отриманні високих врожаїв. У зв’язку з постійним дефіцитом традиційних органічних добрив, з’являються можливості застосовувати альтернативні види, що виготовляються з природних корисних копалин.

Великим резервом для збільшення мікробіологічного середовища в ґрунті та підвищення кількості мікроелементів таких як Co, Mn, Cu, B, Br, Mo, V, Cr, Be, Ni, Ag, Sn, Pb, As, Ba, Sr, є використання у якості добрив сировини органічного сапропелю або добрив де базовим елементом є органічний сапропель. Це природні накопичення, які розміщені у родовищах прісноводних об’єктів. Найбільша їх кількість зосереджена на території Західного Полісся [1, 2, 4, 6]. До таких добрив відносять зневоднені органічні сапропелі до 60% вологості (тверді у натуральному вигляді), солом’яні різнокомпонентні сапропелеві компости, гумати, гранульовані сапропелі.

Окрім використання органічних сапропелів, як добрив у натуральному вигляді, можна скористатись пропозицією модифікування їх у складі інших добрив за умови основного вмісту. Пропозицій виробництва таких добрив є досить багато, та лише одиниці з них дійшли до стадії виробництва. В більшості технологічний процес виготовлення таких добрив є енергозатратним, тому їх виготовляють невеликими партіями під індивідуальне замовлення. [3, 5].

Отже, розробка технології для масового виробництва добрив на основі сапропелю із зниженням енергозатрат є актуальним питанням сьогодення.

У загальну та базову технологію виробництва всіх видів добрив на основі сапропелю можна віднести кілька складних процесів [3, 5, 7, 8], які ми згрупували у наступні послідовні етапи:

- добування та транспортування до берегової лінії сапропелів середнього і нижнього шару родовища, з дотриманням вимог, які необхідно забезпечити це – природна вологість, максимально збережена в процесі добування та природний стан, без надмірного перемішування з водою.

На сьогодні добування проводять екскаваторами, скреперами, вакуумними насосами, гідроустановками, що є недоцільно оскільки не забезпечує дану вимогу;

- зневоднення та обробка – відтікання у відстійниках, природне випаровування вологи на сонці та відтікання на відкритих майданчиках з ворушінням, природне відтікання у геотубах, природне відтікання в буртах, механічне зневоднення та віджим, сушіння, проморожування;

- підготовка, нормування – проведення дозування, змішування і диспергування, якщо виробництво стосується ОМД, ОМС і гуматів, та дозування змішування і консервування, якщо виробництво компостів;

- виготовлення і фасування, сюди відносять кінцеве доведення матеріалу до потрібної вологості і різнорідне гранулювання у струдлі, пластинки, грудки, циліндри, сипкі частинки тощо та пакування готової продукції.

Всі технологічні етапи мають бути з'єднані між собою та переплітатись. Вони повинні унеможливлювати забруднення навколишнього середовища, а продукція мати максимально можливу якість та ефективність.

Енергетичність витрат етапів в першу чергу залежить від правильного проєктування чи підбору засобів і обладнання виробництва.

Тут найбільшу увагу слід зосередити на добуванні, оскільки від якості отриманого органічного сапропелю залежать якість сировини, що в подальшому буде впливати на витрати наступних етапів. Також необхідно враховувати еконаслідки від застосованого виду добування.

Отримання капілярно-пористої в'язкої речовини з озерних родовищ у природному вигляді досить проблемне – це пов'язано з умовами розташування сапропелів, і несе за собою великі енерговитрати. Відомі добувні машини не задовольняють потрібні вимоги до добутого матеріалу для виробництва добрив, а неправильно підібрані підходи зумовлюють екологічно небезпечне забруднення водойми. У зв'язку з цим поглиблене дослідження родовища покладів сапропелю є актуальним завданням. А удосконалення і обґрунтування технології добування, та проектування сучасних добувних машин – завдання сьогодення.

Отже з врахуванням висвітлених передумов необхідно створювати нові технології та удосконалювати існуючі, а також розробляти спеціальні добувні машини різноманітних конструкцій для індивідуальних підходів до кожного родовища з унеможливленням негативного впливу на екологічність водного об'єкта та здатності добувати поклади потрібної якості.

На нашу думку добування і транспортування до берегової лінії покладів органічного сапропелю слід проводити використовуючи пневматичну науково-обгрунтовану технологію [7]. Зневоднення проводити природнім способом у геотубах без втрати мікроелементів. Та виготовляти добрива у гранульованому вигляді.

Тому кардинальна модернізація технології виробництва сапропелевих добрив на усіх етапах і подальший її розвиток залежить від кількісного використання таких добрив для підвищення родючості.

Також ми рекомендуємо запровадити виробництво гранульованих органо-мінеральних сапропелевих добрив, оскільки вони мають найбільший ефект і є найбільш затребувані. Такі добрива матимуть можливість вноситись традиційними машинами за традиційних технологій.

На рис. 1 схематично зображена удосконалена технологія виробництва ОМД на основі сапропелю.

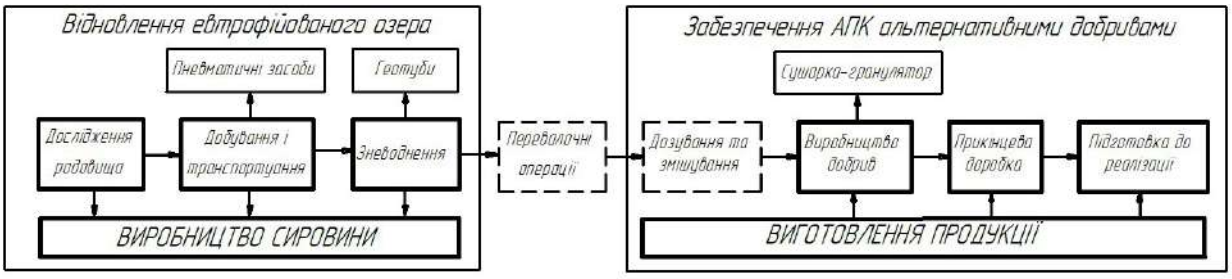


Рисунок 1 – Схема удосконаленої технології виробництва ОМД на основі сапропелю.

На основі проведеного аналізу [8, 9, 10, 11] технологій та техніки для виробництва сапропелевих добрив а саме гранульованих, пропонуємо зменшити кількість перевалочних операцій та машин в технологічному процесі, шляхом застосування комбінованих машин, які виконують ті ж операції комплексно. В свою чергу запропонувати на кожну операцію одну машину, яка б виконувала кілька завдань одночасно.

Так процес добування поєднати з транспортуванням до берегової лінії використовуючи при цьому пневматичні машини з розміщенням покладів на березі у геотуби, де проходитиме процес

природного зневоднення. Операцію перевезення застосовувати тільки у випадку розміщення виробничого цеху на відстані. Якщо є можливість розміщувати стаціонарні швидко розбірні виробничі цехи на березі озера то неодмінно скористатись такою пропозицією. Тоді замінити операцію транспортування і застосовувати операцію перевантаження.

Виготовляти з отриманої природно зневодненої сировини добрива необхідно зразу на протязі кількох днів і теж однією машиною з мінімальною кількістю перевалочних операцій. Змішування сировини з мінералами проводити в бункері дозаторі з якого відправляти матеріал на сушіння і одночасне гранулювання. Сушити масу пропонуємо у каскадних барабанних сушарках, з гранулюючими вальцями та решетами. Після чого добрива сепарувати, стабілізувати і фасувати з відправкою на склад.

На основі проведеного літературного огляду встановлено основні напрямки вдосконалення технології виробництва добрив на основі сапропелів, та запропоновано модернізовану схему виробництва альтернативних ОМД і охарактеризовано кожну з операцій. В порівнянні з традиційними технологіями, виробництво добрив за даною схемою забезпечує енергоощадне та якісне виконання технологічного процесу.

Список використаних джерел

1. Шевчук М.Й. Нові види добрив на основі місцевих сировинних ресурсів / М.Й. Шевчук // Вісник Львівського державного аграрного університету: агрономія. – Львів, 2007. – С. 466-469.

2. Шевчук М.Й. Сапропелі України: запаси якість та перспективи використання / М.Й. Шевчук. – Луцьк: Надстир'я, 1996. –С. 383.

3. Сацюк В.В. Обґрунтування параметрів процесу та засобу для приготування органо-мінеральної суміші дис. ... кандидата техн. наук: 05.05.11 / Сацюк Василь Васильович – Вінниця, 2006. – 171 с.

4. Мольчак Я.О. Деградація ґрунтів та шляхи підвищення їх родючості. / Я.О. Мольчвк, М.М. Мельнійчук, І.В. Андрощук, В.М. Заремба, – Луцьк.: Настир'я, 1998, С. 230.

5. Дослідження та вдосконалення засобів для добування сапропелів з-під шару води: Монографія / Дідух В.Ф., Цизь І.Є., С.М. Хомич, Р.А. Хлопецький. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2025. – 141 с. (протокол №10, від 31травня 2025р.)

6. Хомич С.М Аналіз механізму впливу сапропелю на родючість ґрунтів / С.М Хомич, О.В. Голій // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. статей. - Вип. 22 – Луцьк, 2012.

7. Хомич С.М. Обґрунтування параметрів забірного пристрою засобу для добування сапропелю: дис. ... кандидата техн. наук: 05.05.11 / Хомич Сергій Миколайович. – Тернопіль, 2014. – 190 с.

8. Цизь І. Є. Аналіз технологій та техніки для добування сапропелю // І. Є. Цизь, С. М. Хомич, В. В. Сацюк // Abstracts of VII International Scientific and Practical Conference Munich, Germany, 14-16 February 2021, С. 228-234

9. Видобуток сапропелю – Земснаряди України [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://dredgers.com.ua/uk/dredger-cutter/ Назва з титул. екрана.

10. Булік Ю.В. Обґрунтування процесу і параметрів механізму для добування сапропелю: дис. ... к. т.н. н.: 05.05.11 / Булік Юрій Володимирович. – Луцьк, 2005. – 135 с.

11. Шимчук О.П. Обґрунтування параметрів модуля для добування озерних сапропелів: автореф. О.П. Шимчук. – Тернопіль, 2009.

186. Біловод О.І. Тарасенко Д.С. Полтавський державний аграрний університет м. Полтава, Україна.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУТЕРУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ЧИСТИКА ПРИКОЧУЮЧИХ КОЛІС СІВАЛКИ ELVORTI

Сучасні сівалки, зокрема виробництва ELVORTI, працюють в умовах інтенсивного абразивного впливу ґрунтового середовища, що зумовлює значне зношування робочих органів. Одним із найбільш навантажених елементів є чистики прикочуючих коліс, які функціонують у зоні постійного контакту «метал–ґрунт», що супроводжується дією абразивних частинок, вологи та рослинних залишків. Це призводить до прискореного зношування поверхонь, погіршення очищення коліс та зниження якості посіву.

Абразивний знос є одним із домінуючих видів руйнування деталей сільськогосподарських машин. Він виникає внаслідок дії твердих частинок, що викликають мікрорізання, борозноутворення та

пластичну деформацію поверхні. Інтенсивність такого зносу залежить від властивостей матеріалу, навантаження та характеристик абразивного середовища. У вузлах сільськогосподарських машин, які працюють у ґрунті, знос має складний комбінований характер (абразивний, ерозійний, втомний), що значно скорочує ресурс деталей.

Традиційно для підвищення зносостійкості застосовуються загартовані сталі або наплавлення твердих сплавів. Проте такі рішення мають обмеження: високу вартість, складність відновлення та низьку здатність до демпфування ударних навантажень. У зв'язку з цим перспективним напрямом є використання полімерних матеріалів та композиційних покриттів.

Полімери широко застосовуються в аграрній техніці завдяки поєднанню низького коефіцієнта тертя, корозійної стійкості та здатності працювати без мастила. Особливо ефективними є поліуретани та надвисокомолекулярний поліетилен (UHMWPE), які поєднують високу зносостійкість і здатність до поглинання енергії ударів. Зокрема, UHMWPE характеризується дуже низьким коефіцієнтом тертя та високою стійкістю до абразивного зношування, що робить його одним із найкращих матеріалів для трибологічних вузлів.

Футерування робочих поверхонь чистиків полімерними матеріалами дозволяє реалізувати такі переваги: зниження коефіцієнта тертя та енерговитрат;

- зменшення інтенсивності абразивного зносу;
- демпфування ударних і вібраційних навантажень;
- зниження налипання вологого ґрунту;
- підвищення довговічності вузла.

Дослідження показують, що полімерні покриття здатні значно зменшити знос завдяки формуванню захисного шару та зниженню контактних напружень. Зокрема, поліуретанові покриття широко застосовуються як антиабразивні завдяки своїм еластичним властивостям і здатності протистояти зносу. UHMWPE-покриття, у свою чергу, забезпечують зменшення коефіцієнта тертя та інтенсивності зношування за рахунок формування стабільної трибологічної плівки.

Практичні оцінки свідчать, що використання полімерного футерування дозволяє:

- знизити інтенсивність зносу на 30–50%;
- збільшити ресурс деталі у 1,5–2 рази;
- зменшити витрати на технічне обслуговування;
- підвищити стабільність технологічного процесу посіву.

Економічна ефективність футерування визначається зменшенням простоїв техніки та витрат на заміну деталей. Незважаючи на незначне збільшення початкової вартості, загальні експлуатаційні витрати знижуються за рахунок підвищення ресурсу та надійності.

Таким чином, футерування поверхонь чистиків прикочуючих коліс сівалок ELVORTI полімерними матеріалами є ефективним інженерним рішенням для підвищення їх довговічності. Найбільш доцільним є застосування поліуретану та UHMWPE, які забезпечують оптимальне поєднання зносостійкості, низького тертя та експлуатаційної надійності в умовах абразивного впливу ґрунту

Список використаних джерел

1. Кравчук В.І. Сільськогосподарські машини. – Київ: Урожай, 2019. – 368 с.

2. Гончаренко В.К. Трибологія та знос машин. – Харків: ХНТУ, 2017. – 250 с.

3. Бондаренко О.В. Полімерні матеріали в машинобудуванні. – Дніпро: НГУ, 2020. – 198 с.

4. Czichos H. Tribology: A Systems Approach to the Science and Technology of Friction, Lubrication and Wear. – Elsevier, 2018. – 500 p.

187. Сак С.Я., Толстушко М.М., Луцький національний технічний університет м. Луцьк, Україна.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЮ

Збирання льону-довгунцю вважається одним із найскладніших та найбільш трудомістких етапів його культивування. На сьогодні у сільськогосподарській практиці застосовують чотири основні підходи до збирання врожаю: сноповий, роздільний, комбайновий та комібнований, кожен з яких реалізується за допомогою специфічних наборів техніки [1-3]. Найменш досконалим з погляду механізації є сноповий метод. Він передбачає цілу чергу послідовних дій, починаючи від виривання стебел і в'язання їх у снопи з подальшим встановленням у бабки для просушування, до обмолочування та розстилання льоносоломки. Після того як сировина перетвориться на тресту, її знову збирають і зв'язують вручну. Попри наявність спеціалізованих брального машин, молотарок та підбирачів, цей

спосіб потребує величезних витрат людських ресурсів, особливо під час навантаження та розвантаження продукції.

Значно вищий рівень механізації демонструє роздільний спосіб. За такої технології льон-довгунець спочатку виривають льонобралкою і вкладають у тонкі стрічки прямо на льоновищі, де він сохне, а насіння дозріває. Наступним кроком стає робота підбирача-молотарки, який формує снопи, або знову розстилає стебла для отримання трести. Під час перебування льону на полі його обов'язково перевертають та розпушують, а готову сировину збирають рулонними прес-підбирачами. Цей метод ефективніший за сноповий, хоча й залишається дуже залежним від примх погоди.

Варіантом роздільної технології є комбінований метод, головна особливість якого полягає в обчісуванні насіннєвих коробочок замість їхнього повного обмолочування. Це дозволяє за сприятливих умов отримувати сухий ворох, готовий до негайної обробки на віялці. Якщо ж погода дощова, сировину доводиться попередньо пропускати через сушарки. Такий підхід забезпечує високу якість насіння та волокна, вдало доповнюючи комбайнову технологію.

Найбільш продуктивним і сучасним визнано комбайновий спосіб, де основні операції – від виривання стебел до обчісування насіння та розстилання соломки – виконуються одночасно. Весь цикл обслуговується широким парком машин, що включає комбайни, обертачі стрічок, прес-підбирачі та навантажувачі рулонів. Практика показує, що саме комбайновий, роздільний та комбінований методи є найпоширенішими. Вони зазвичай базуються на технології росяного мочіння безпосередньо на полі, де для досягнення високої якості волокна вкрай важливо вчасно перевертати лляні стрічки перед їх фінальним пакуванням у рулони.

Для реалізації високоефективного збирання льону використовується розгалужений технічний парк, основу якого складають комбайни моделей ЛК-4А, ЛК-4Т, а також їхні модифікації ЛКВ-4А та ЛКВ-4Т. Логістичне забезпечення та транспортування сировини здійснюється за допомогою тракторних причепів серій 2ПТС-6 та 2ПТС-4М-785А. На етапі обробки стебел на полі застосовуються спеціалізовані обертачі ОСН-1 та ОСН-1А, а для роботи зі сформованими стрічками льону залучають підбирачі ПТН-1, ПТП-1 або порцієутворювач ПНП-3. Процес заготівлі та пакування передбачає використання рулонних прес-підбирачів ПРП-1,6 разом із вантажним обладнанням, зокрема навантажувачем ПФ-0,5, оснащеним пристосуванням ППЛ-0,5, або підбирачем-навантажувачем снопів ППС-3. Окрім основних агрегатів, до складу технічного комплексу входять льонобральні машини ТЛН-1,5А та пересувні молотарки МЛ-2,8П. Фінальна доробка врожаю, що включає очищення та сушіння, забезпечується молотарками-віялками МВ-2,5А та стаціонарними сушильними пунктами.

Список використаних джерел

1. Толстушко Н. О., Хайліс Г. А., Толстушко М. М. Рулонні прес-підбирачі : монографія. Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2018. 164 с.

2. Шейченко В. О., Хайліс Г. А. Теорія і розрахунок апаратів для підбирання та обертання : монографія. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М.М., 2014. 240 с.

3. Дідух В. Ф., Ковалишин С. Й., Дударєв І. М., Тараймович І. В. Технології вирощування, збирання та переробки льону-довгунця : навч. посіб. Львів : Львівський НАУ, 2013. 324 с.

188. Марищук Л.О., Толстушко М.М. Луцький національний технічний університет м. Луцьк, Україна.

АНАЛІЗ МАШИН ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ ДЕРЕВНОЇ ТРІСКИ

Раціональне використання деревини, що залишається після лісозаготівлі, дає змогу суттєво підвищити ефективність лісового господарства, перетворюючи відходи на цінну сировину або паливо. У процесі переробки ці порубні залишки трансформуються у технологічну деревну тріску, яка знаходить застосування в багатьох галузях виробництва. Окрім лісосік, джерелом такої сировини є відходи деревообробних підприємств, а сам процес подрібнення може відбуватися як безпосередньо в лісі, так і на стаціонарних пунктах чи в цехах [1-3].

Виготовлення деревної тріски не обмежується лише порубковими залишками, адже для цього також використовують дрова, тонкомірну деревину після санітарного догляду за лісом, а також верхівки, гілки та уламки стовбурів. Проте транспортування такої сировини до спеціалізованих переробних пунктів часто виявляється економічно недоцільним. Основною причиною низької ефективності логістики є значні витрати на пальне та експлуатацію транспорту, великі енерговитрати, а також необхідність залучення значного штату персоналу [1-3].

Для виготовлення деревної тріски сучасна промисловість використовує різні види обладнання, які передусім відрізняються за рівнем мобільності.

Стаціонарні установки монтуються безпосередньо на підприємствах, що потребує постійного підвезення сировини. Більш гнучким варіантом є мобільні подрібнювачі, які працюють у парі з універсальними енергетичними засобами – тракторами. Такі машини для заготівлі деревної тріски можуть бути навісними або причіпними, що дозволяє легко звільняти трактор для інших господарських потреб. Окрему категорію машин складають самохідні машини, які мають найвищу маневреність, хоча й коштують значно дорожче.

Технічна основа будь-якої такої машини полягає в механічному рубанні деревини, проте конструкція робочих органів може бути різною. Зокрема, дискові пристрої використовують плоскі або профільні диски з ножами, барабанні подрібнювачі працюють завдяки ножовим барабанам, а в окремих моделях застосовуються механізми у формі зрізаного конуса.

Також машини для заготівлі деревної тріски класифікують за способом завантаження деревини, яке може бути горизонтальним із використанням транспортерів, похилим, де сировина рухається під власною вагою, або комбінованим.

Процес подачі матеріалу часто полегшується завдяки спеціальним системам із зубчастими роликами, що мають власний гідравлічний привод. Отримана тріска виводиться з машини або потужним повітряним потоком через спеціальний провід, або просто падає на транспортерну стрічку.

Для стабільної роботи сучасне обладнання часто комплектується інтелектуальною системою No-Stress, яка запобігає перевантаженню. Ця технологія автоматично зупиняє подачу сировини, якщо швидкість обертання ножів критично знижується через складність деревини, і відновлює процес лише після того, як механізм знову набере необхідну потужність.

Список використаних джерел

1. Машини і обладнання для лісового господарства: посібник / за ред. В.І. Кравчука. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 192 с.

2. Олійник Є., Антоненко В., Чаплигін С., Зубенко В. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник / за ред. Г. Гелетухи. Київ: Поліграф плюс, 2016. 104 с.

3. Біоенергетична асоціація України. URL: https://uabio.org/.

189. Хлопецький Р.А., Дідух В.Ф., Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОЛІЙНОГО ЛЬОНУ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТЕХНІЧНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ

Сучасні умови функціонування аграрного сектору України формуються під впливом необхідності раціонального використання природних ресурсів, підвищення енергоефективності виробництва та забезпечення сировинної незалежності для стратегічно важливих галузей промисловості. У цьому контексті особливого значення набуває комплексне використання біомаси сільськогосподарських культур, включаючи побічну продукцію їх вирощування.

Олійний льон є перспективною культурою для реалізації таких підходів завдяки своїй адаптованості до ґрунтово-кліматичних умов України, відносній невибагливості до технологій вирощування та можливості інтеграції у традиційні агротехнологічні системи. На відміну від льону-довгунця, технологія вирощування якого передбачає використання спеціалізованих машин і складних операцій, олійний льон може вирощуватися за класичною технологією зернових культур із застосуванням стандартних посівних агрегатів та зернозбиральних комбайнів.

Це забезпечує зниження витрат на технічне забезпечення виробництва та створює передумови для масштабного впровадження культури у господарствах різного типу. При цьому основна продукція – насіння – поєднується з утворенням значного обсягу побічної продукції у вигляді соломи, яка зазвичай не використовується ефективно. [1]

За результатами агротехнологічних оцінок, маса соломи олійного льону становить 2,0-3,5 т/га, а вміст целюлози у стеблах досягає 55-65%, що дозволяє розглядати її як цінну сировину для отримання технічної целюлози. При цьому значна частка біомаси припадає на костричну фракцію, яка містить лігнін, геміцелюлози та інші супутні компоненти, що ускладнюють процеси хімічної переробки.

Ключовим етапом підготовки сировини є формування трести шляхом природного вилежування стебел у валках. У процесі вилежування відбувається біохімічне руйнування пектинових речовин під

дією мікроорганізмів і атмосферної вологи, що забезпечує ослаблення зв'язків між волокном і кострицею. Оптимальні умови формування трести досягаються при тривалості процесу 8-15 діб, за яких вологість стеблової маси знижується з ≈55% до 20-30%, а структура матеріалу стає більш придатною до механічного розділення. [2]

Подальша переробка волокнистої фракції передбачає її використання для отримання технічної целюлози, зокрема шляхом хімічної модифікації. У випадку виробництва нітроцелюлози процес описується реакцією естерифікації:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + xHNO_3 \rightarrow (C_6H_{10-x}(NO_2)_xO_5)_n + xH_2O$$

Ефективність протікання цієї реакції значною мірою залежить від чистоти целюлозної фракції та ступеня доступності гідроксильних груп для реагентів. Наявність кострици у кількості понад 25-30% призводить до зниження однорідності нітрування та погіршення характеристик кінцевого продукту.

У зв'язку з цим важливим є застосування механічних методів попередньої підготовки трести, зокрема процесу декортикації, який забезпечує зниження вмісту кострици до рівня 10-15%, підвищення питомої поверхні волокна та покращення умов взаємодії з хімічними реагентами.

Особливої уваги заслуговує запропонований інженерний підхід до інтеграції процесу декортикації безпосередньо у технологічну схему збирання олійного льону. Суть підходу полягає у встановленні змінного декортикуючого модуля у складі зернозбирального комбайна, який виконує функції інтенсивного руйнування структури стебел одразу після обмолоту насіння. Такий модуль може бути реалізований у вигляді системи валів із зубчастими профілями різної конфігурації (трикутної, евольвентної, синусоїдальної, трапецієподібної), що забезпечують різні режими впливу на матеріал – від делікатного відділення кострици до інтенсивного подрібнення.

Робочі органи декортикатора можуть виконуватися у вигляді модульних секцій довжиною близько 100 мм, що монтуються на спільному валу з можливістю варіювання конфігурації залежно від властивостей сировини. Такий підхід дозволяє адаптувати процес обробки до різних стадій стиглості та вологості стебел.

Інтеграція декортикатора у комбайн дозволяє реалізувати безперервний технологічний цикл, при якому після обмолоту насіння стеблова маса одразу піддається механічній обробці, частковому руйнуванню кострици та формуванню структури, придатної для подальшого вилежування.

Додатково доцільним є застосування компактного рулонного формувача, встановленого на виході декортикуючого модуля, який забезпечує формування щільних рулонів трести безпосередньо в полі [3]. Це дозволяє:

- зменшити втрати біомаси;
- оптимізувати логістичні процеси;
- забезпечити рівномірність вилежування;
- спростити транспортування і зберігання сировини.

Застосування такої комбінованої технології дозволяє знизити трудомісткість підготовки сировини до переробки на 20-30%, а також підвищити коефіцієнт використання біомаси культури до рівня 85-90%.

Важливим напрямом подальшого розвитку є оснащення системи датчиками контролю навантаження, швидкості обертання робочих органів та вологості матеріалу, що дозволить реалізувати адаптивне керування процесом і інтегрувати технологію у системи точного землеробства та концепцію Smart Farming.

Таким чином, запропонований підхід забезпечує формування замкненого технологічного циклу використання олійного льону, в якому поєднується виробництво основної продукції (насіння) та ефективне використання побічної (соломи) для отримання технічної целюлози.

Реалізація даної концепції дозволяє:

- знизити залежність від імпортної бавовняної сировини;
- створити локальну ресурсну базу для виробництва целюлозовмісних матеріалів;
- зменшити екологічне навантаження за рахунок відмови від спалювання рослинних решток;
- підвищити економічну ефективність вирощування олійного льону;
- сформувати передумови для розвитку біоорієнтованої та циркулярної економіки.

Отже, інтеграція класичних технологій вирощування зернових культур із сучасними методами механічної та хімічної переробки соломи олійного льону відкриває нові перспективи для комплексного використання аграрної біомаси та створення високотехнологічних продуктів на її основі.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що олійний льон доцільно розглядати як універсальну культуру, яка може вирощуватися за класичною технологією зернових із використанням наявного машинно-тракторного парку. Це значно спрощує її впровадження у виробництво та знижує витрати порівняно зі спеціалізованими технологіями вирощування льону-довгунця.

Показано, що солома олійного льону є цінною целюлозовмісною сировиною, яка після формування трести може бути ефективно використана для отримання технічної целюлози. Запропонований підхід до поєднання процесів збирання, механічної обробки та підготовки стеблової маси безпосередньо в полі дозволяє підвищити ступінь використання біомаси та зменшити втрати побічної продукції.

Таким чином, інтеграція зернових технологій вирощування з подальшою переробкою соломи олійного льону створює передумови для формування ефективної та економічно доцільної системи отримання технічної целюлози з локальної сировини.

Список використаних джерел

1. Дідух, В.Ф., & Щур, Т.Г. (2025). Теплотехнічні процеси перетворення стебел льону олійного у тресту. Сільськогосподарські машини, 51, 73-82. https://doi.org/10.36910/acm.vi51.1885.

2. Didukh V., Bodak M., Khlopetskyi R., Tsiz I., Tarasiuk V. Optimization of pickup parameters for flax retted straw formation. INMATEH – Agricultural Engineering. 2026. Vol. 78, No. 1. P. 73–82. DOI: 10.35633/inmateh-78-05.

3. Yahelyuk S.V., Didukh V.F. Directions of Utilization of Oilseed Flax and Fiber Flax Processing Products. Tovaryznavchyi Visnyk. 2012. No. 1 (13), pp. 292–305.

190. Гаврилюк Т.В., Толстушко М.М. Луцький національний технічний університет м. Луцьк, Україна.

ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ У САДАХ

Ефективне управління станом ґрунту та його насичення поживними елементами є фундаментом для отримання щедрих врожаїв. Система догляду за міжряддями та пристовбурними зонами в садах об’єднує низку агротехнічних заходів, що допомагають підтримувати родючість, захищати землю від ерозії, покращувати доступ повітря та регулювати вологість. Це також дозволяє проводити всі необхідні роботи в саду за будь-якої погоди [1-3].

Вибір методу утримання ґрунту залежить від клімату та особливостей місцевості. Найпопулярнішими є парова, паро-сидеральна та дерново-перегнійна системи. При паровій системі земля постійно розпушується механічним способом, що допомагає знищувати бур’яни та покращувати живлення дерев. Проте тривале використання цього методу може виснажити гумус та зруйнувати структуру ґрунту. Щоб уникнути цього, рекомендується періодично висівати спеціальні культури, вносити добрива або впроваджувати короткочасне задерніння.

Парова система найкраще підходить для посушливих регіонів. Вона передбачає глибоку осінню оранку, весняне закриття вологи та кількаразову культивацію влітку. Глибина обробітку залежить від типу підщеп: для сильнорослих дерев вона сягає двадцяти сантиметрів, а на піщаних ґрунтах або для слаборослих насаджень достатньо поверхневого дискування. Важливим етапом є боронування у березні-квітні, яке вирівнює поверхню та знищує перші бур’яни. Під час літніх робіт важливо змінювати глибину розпушування, щоб не утворився щільний шар землі, так звана плужна підошва у міжряддях садів.

У регіонах із достатньою кількістю опадів, де не вистачає органічних добрив, ефективною є паро-сидеральна система. Вона полягає у вирощуванні в міжряддях рослин-сидератів, які згодом заорюються в землю. Це збагачує ґрунт, покращує його мікрофлору та робить дерева стійкішими до зимових морозів. Для цього використовують гірчицю, люпин, горох або фацелію. Бобові культури особливо корисні, оскільки вони природним чином накопичують азот. Сидерати скошують і подрібнюють під час цвітіння, коли їхня маса найніжніша і швидко розкладається. Проте варто пам’ятати, що такі рослини активно споживають вологу, тому їх не радять сіяти в дуже посушливих зонах без зрошення.

Для садів, що мають полив або розташовані в зонах із частими дощами, ідеально підходить дерново-перегнійна система. Після формування крон дерев міжряддя засівають багаторічними злаковими травами. Їх регулярно скошують, залишаючи подрібнену зелень на поверхні як мульчу. Такий природний шар стабілізує температуру та підвищує загальну родючість землі.

Окремої уваги потребують пристовбурні смуги у садах безпосередньо біля дерев. Найчастіше їх тримають під чорним паром, використовуючи або механічне розпушування, або гербіциди. Механічний догляд допомагає заправляти добрива та підрізати бур'яни у садах, проте в сучасних інтенсивних садах з густою посадкою цей метод стає складнішим. Ризик пошкодити поверхневе коріння дерев або системи крапельного поливу змушує садівників дедалі частіше віддавати перевагу іншим способам захисту цих зон.

Список використаних джерел

1. Бублик М. О. Методологічні та технологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва. – К.: Нора-Друк, 2005. – 288 с.

2. Омельченко І.К., Гриник І.В. Садівнича наука України: минуле, сьогодення, перспективи. – К.: Преса України, Інститут садівництва НААН, 2012. – 528 с.

3. Інститут садівництва НААН України. URL: https://sad-institut.com.ua/.

191. Біданець О.І., Горошко О.В. Луцький національний технічний університет м. Луцьк, Україна.

ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ЛІСОВІ КУЛЬТУРИ

Підготовка ґрунту для створення лісових насаджень є комплексним процесом, спрямованим на покращення фізичних властивостей землі та створення оптимальних умов для росту молодих дерев. Механічний вплив за допомогою спеціальних знарядь допомагає регулювати водний, повітряний та температурний режими, а також дозволяє мінімізувати конкуренцію з боку бур'янів. Залежно від особливостей ділянки, її рельєфу та типу ґрунту фахівці обирають суцільний або частковий спосіб обробітку під лісові культури [1-3].

Суцільна оранка зазвичай проводиться на територіях, що раніше не були під лісом, або після повного очищення зрубів від пнів. На ділянках із густою травою застосовують систему чорного пару, а на землях, звільнених від сільськогосподарського використання, де немає забур'янення, віддають перевагу зяблевому обробітку. Глибина оранки суттєво різниться залежно від клімату: у вологих районах вона становить близько двадцяти п'яти сантиметрів, тоді як у посушливому Степу сягає пів метра. Важливо під час робіт не виносити на поверхню нижні неродючі шари ґрунту, оскільки це призводить до виснаження землі та формування щільної кірки, що перешкоджає доступу повітря й вологи.

У посушливих регіонах особливу увагу приділяють збереженню вологи. Для цього влітку ґрунт регулярно розпушують, а восени застосовують глибоку безвідвальну оранку. Навесні, безпосередньо перед садінням, проводять культивацію та боронування. Якщо ж оранка виконується на територіях із достатнім зволоженням, гребенястий зяб залишають на зиму неборонованим, щоб затримати талі води.

Частковий обробіток ґрунту, такий як створення смуг або борозни, практикується переважно на свіжих зрубах. Ширина цих смуг варіюється від сімдесяти сантиметрів у лісовій зоні до трьох метрів у степовій, розширюючись у міру погіршення природних умов. Варто враховувати, що при садінні безпосередньо в дно борозни дерева спочатку ростуть повільніше через брак поживних речовин у нижніх шарах ґрунту.

На важкодоступних ділянках або в місцях із вираженим природним поновленням лісу використовують метод площадок. Їхні розміри та форма залежать від кліматичної зони й рівня вологості: на перезволожених землях саджанці розміщують на штучних мікропагорбах, створених спеціальними плугами чи екскаваторами, а в сухих умовах – у мікропониженнях.

Обробіток ґрунту на схилах прямо залежить від їхньої крутості. Пологі схили дозволяють використовувати суцільну оранку або смуги, тоді як на крутіших ділянках необхідно облаштовувати тераси із невеликим зворотним ухилом для затримання води. На найбільш стрімких схилах усі роботи виконуються вручну шляхом створення невеликих площадок, розташованих у шаховому порядку.

При підготовці зрубів іноді вдаються до корчування пнів, проте цей метод має суттєві недоліки. Масивне втручання техніки руйнує природну структуру ґрунту, перемішує його родючі шари та знижує кількість корисних мікроелементів. Такі зміни часто призводять до ущільнення землі та збіднення гумусового горизонту, що в майбутньому може негативно вплинути на продуктивність нового лісу.

Список використаних джерел

1. Машини і обладнання для лісового господарства: посібник / за ред. В.І. Кравчука. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 192 с.

2. Зима І.М., Малюгін Т.Т. Механізація лісогосподарських робіт: Підручник. 4-е вид., перероб. і

доп. – Київ: Фірма «ІНКОС», 2006. – 488 с.

3. Лісові культури / М. І. Гордієнко, М. М. Гузь, Ю. М. Дебринюк, В. М. Маурер. – Львів : Камула, 2005. – 608 с.

192. Медведський О. В. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ТА ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ У КОНТЕКСТІ ІНДУСТРІЇ 4.0

Взаємозамінність при виготовленні технологічних машин та агрегатів для галузей агропромислового комплексу забезпечує фундаментальну основу сучасного галузевого машинобудування. Здатність незалежно виготовлених деталей або вузлів займати своє місце у виробі без попереднього припасування, забезпечуючи при цьому виконання функціонального призначення, уможливлює серійне виробництво уніфікованого обладнання при мінімальних виробничих видатках. Проте, у контексті глобалізації та переходу до Індустрії 4.0, принципи взаємозамінності мають трансформуватися від необхідності дотримання встановлених допусків до складних систем цифрового метрологічного контролю та інтелектуального управління виробництвом.

В класичній індустрії відомі чотири основні типи взаємозамінності. Так, повна взаємозамінність забезпечує безперешкодне збирання та поєднання між собою будь-яких деталей виготовлених для заданого виробу, або уніфікованих виробів – ідеальний варіант для серійного виробництва. Неповна, або часткова, взаємозамінність передбачає груповий підбір деталей (селективний підбір) або застосування різного конструкційного виконання компенсаційних пристосувань. Такий підхід дозволяє отримати виріб з досить високою точністю збирання за умови мінімальних витрат на можливу додаткову механічну обробку. Зовнішня взаємозамінність застосовується до виробів спільних для множини машин та агрегатів (підшипники, електродвигуни, гідравлічні вузли). При цьому, визначальними є приєднувальні розміри, технічні, економічні та інші параметричні показники. Внутрішня взаємозамінність притаманна для деталей які формують цілісну функціональну картину певного вузла чи механізму.

Теорія розмірних ланцюгів вважається основним інструментарієм класичної взаємозамінності. Умова замкненості розмірного ланцюга має вигляд [1]:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} \xi_i \times A_i, \tag{1}$$

де A_i – розміри складових ланок;

ξ_i – передавальне відношення.

Метод «максимум-мінімум» використовують для визначення допуску замикаючої ланки (IT), за умови повної взаємозамінності має виглід:

$$IT_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} IT_i. \tag{2}$$

Для багатоланкових ланцюгів за умови неповної взаємозамінності, з огляду на економічну доцільність, використовують ймовірнісний метод [2]:

$$IT_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} t_i^2 \times IT_i^2}, \tag{3}$$

де t_i – коефіцієнт ризику, встановлений відповідно до закону розподілу Гауса.

Індустрії 4.0 спрямована на докорінну зміну розуміння щодо встановлення точності деталей. Зазвичай параметр будь-якої деталі сприймається як статичний показник геометричної характеристики, тобто деталь має відповідати кресленню.

Насьогодні взаємозамінність перетворюється на динамічний процес встановлення точності деталей. На відміну від класичного підходу, коли необхідно було виготовити деталь в межах заданого поля допуску, новітня взаємозамінність реалізується шляхом формування «цифрового паспорту» деталі, іншими словами – цифрового двійника (Digital Twins) деталі. Сутність підходу полягає в аналізі хмари точок за допомогою лазерного або оптичного сканування, що кардинально змінює систему управління якістю. За допомогою відповідних алгоритмів моделюється взаємодія реальної геометрії деталі ще до моменту її потрапляння на етап виготовлення. Завдяки цьому упереджуються помилки, оскільки відбувається компенсація похибки однієї деталі у спряжені за рахунок вибору найбільш прийнятної

парної деталі із множини наявних. Тобто, реалізується концепція віртуального збирання деталей – Smart Selective Assembly.

Промисловий Інтернет речей (IIoT) спрямований на інтегрування вимірювальних приладів безпосередньо в цикл обробки, тобто, реалізується концепція інтелектуального метрологічного контролю. Так, давачі на верстатах із числовим програмним управлінням здійснюють вимірювання розмірів деталі під час обробки та, за необхідності, автоматично коригують положення різального інструменту. Використання координатно-вимірювальних систем дозволяє враховувати параметри спрацювання різального інструменту та вносити відповідні корективи у систему дотримання розмірів деталі через керуючі програми верстата.

Без допомоги штучного інтелекту неможливо спрогнозувати відхилення розмірів деталі від зміни температури у цеху підприємства, вібрації верстата та фактичного стану різального інструменту (рівень спрацювання, геометрія, температура і т.д.). Взаємозамінність набуває нового змісту, який полягає не тільки у жорсткому контролі параметрів деталі на виході, а й запобіганні появи браку в наслідок зміни технологічних режимів в умовах реального часу. Окрім цього, зі зменшенням розмірів деталей, на точність виготовлення збільшується вплив зовнішніх факторів (гравітація, електромагнітні поля і т.д.), особливо це може бути критичним у приладобудівній галузі.

Глобалізація спонукає до використання у машинобудуванні уніфікованих підходів щодо точності виготовлення. Все більшого масштабу набуває застосування системи Geometric Dimensioning and Tolerancing, яка дозволяє описати не тільки розмір а й функціональну придатність поверхні деталі.

Загальноприйнятий класичний підхід «чим точніше, тим краще» поступово відходить в минуле відкриваючи шлях новим підходам притаманним Індустрії 4.0. Це стосується зміни підходів щодо оптимізації допусків за критерієм мінімальної вартості життєвого циклу виробу [3]:

$$C_{total} = C_{prod}\left(IT\right) + C_{maint}\left(IT\right) \to min. \quad (4)$$

Класичні підходи передбачають отримання деталі високої точності завдяки використанню вузьких полів допусків, що спричиняє зростання вартості виробництва за експоненціальним законом [1, 3]:

$$C \approx \frac{k}{IT^n}, \quad (5)$$

де C – собівартість;

IT – величина допуску;

k та n – константи технологічного процесу.

Сучасний інженер має знайти баланс між функціональною взаємозамінністю та економічною доцільністю машинобудівного виробництва. Штучний інтелект, як помічник, розширить межі вибору допусків без втрати функціональної взаємозамінності за рахунок розумного сортування та цифрового підбору парних деталей.

Висновки. Сучасні реалії спонукають взаємозамінність до трансформації від чисто інженерної конструкторської дисципліни до міждисциплінарної галузі яка поєднує метрологію, матеріалознавство та інформаційні технології. Впровадження у взаємозамінність принципів Індустрії 4.0 дозволить замінити усталене розуміння жорстких допусків на інтелектуальні системи віртуального складання парних деталей, механізмів та вузлів. При цьому, реалізується концепція повного прослідковування будь-якої деталі через цифрового двійника. Такий підхід мінімізує вплив людського фактора на технічний контроль якості виробів.

Список використаних джерел

1. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: підруч. / за ред. Г. О. Іванова та В. С. Шебаніна. Миколаїв: МНАУ, 2016. 428 с.

2. Набродов В. З. Допуски, посадки та технічні вимірювання: підручник. Київ: Літера ЛТД, 2019. 224 с.

3. Основи стандартизації, метрології та управління якістю: навч. посіб. / Н. О. Машта та ін. Рівне: О. Зень, 2015. 388 с.

Зміст

1	***Білошицька А.Ф., Шелудченко Б.А., Поліський національний університет м.Житомир, Україна.*** **ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПАДКОВОГО ХАРАКТЕРУ ВІДХИЛЕНЬ ПОДАЧ У ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ**	**5**
2	***Бондарчук Д.І. Шелудченко Б.А. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*** **РОЗРОБЛЕННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ДО СКЛАДАЛЬНО-ЗВАРЮВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ**	**6**
3	***Власов С.М. Шелудченко Б.А., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*** **АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛІВ РЕДУКТОРІВ РМ**	**8**
4	***Волощук М.Г., Медведський О.В. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*** **АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ «ШАТУН БЕНЗОПИЛИ» НА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ**	**10**
5	***Гнітецький К.О., Шубенко В.О. Шубенко Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*** **АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ВИГОТОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТА РОЗГОВТКА В МАШИНОБУДУВАННІ**	**11**
6	***Ковальчук М.Р., Шубенко В.О. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*** **АНАЛІЗ КОМПОНУВАННЯ І ОСОБЛИВОСТЕЙ КОРОБКИ ПОДАЧ ВЕРСТАТА ПАБ-350**	**13**
7	***Мазур М.М., Шелудченко Б.А. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*** **ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ГІДРОПРИВОДІВ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ**	**14**
8	***Ніколайчук І.Р., Шубенко В.О. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*** **АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ДЕТАЛІ «ВАЛ СОШКИ» КЕРМОВОГО МЕХАНІЗМУ АВТОМОБІЛЯ**	**17**
9	***Підкуйко А.С., Шубенко В.О. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*** **МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ НА ФРЕЗЕРНОМУ ВЕРСТАТІ**	**19**
10	***Сищук Є.М., Медведський О.В.Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*** **СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ ЗОНИ РІЗАННЯ АГРЕГАТНОГО ВЕРСТАТА-НАПІВАВТОМАТА**	**20**
11	***Соколівський Н.С.Шубенко В.О.Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*** **ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ГІДРОЦИЛІНДРІВ**	**22**
12	***Фещук Д.В. Шубенко В.О. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*** **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ «КОРПУС РУКОЯТКИ КРОК-ГАЗ» ГЕЛІКОПТЕРА**	**24**
13	***Шаповал М.В. Шубенко В.О. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*** **РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПОРТАТИВНОГО ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ**	**25**

	Ярощук О.О. Медведський О.В. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.	
14	**ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОМПОНУВАННЯ ТА ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОРТАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА**	27
	Левченко Є.М., Медведський О.В. Поліський національний університет	
15	**РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СПЕЦІАЛЬНОГО ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «КАРЕТКА ВЕРХНЯ»**	30
	Подорожній О.П., Шелудченко Б.А. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.	
16	**КОМПЛЕКСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЖЕЛІВ МЕХАНІЗМУ ФІКСАЦІЇ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА**	31
	Розгон В.І., Шелудченко Б.А. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.	
17	**ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ ЩОДО МОДЕРНІЗАЦІЇ СТОЛУ ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА 2Р135Ф2**	33
	Купчук І.М. Вінницький національний аграрний університет м. Вінниця, Україна.	
18	**ВПЛИВ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРМОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЕНЕРГОВИТРАТИ ТА РЕЖИМИ РОБОТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ШНЕКОВОГО ЗМІШУВАЧА**	35
	Вечерік-Дриженко м В.Л. Відокремлений структурний підрозділ Стрийський	
19	*фаховий коледж Львівського університету природокористування м. Стрий, Україна.* **СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МАШИН ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА**	37
	Грабар В.Р., Забродський П.М. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.	
20	**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРШНЯ ГІДРОЦИЛІНДРА КЕРУВАННЯ ЖАТКОЮ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**	39
	Вардецький Д.С. Забродський П.М. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.	
21	**ВИМОГИ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ВІДРІЗНОГО ДИСКОПИЛЬНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 8В66А**	40
	Глушак Н.С. Забродський П.М. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.	
22	**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ ТУРБОКОМПРЕСОРА»**	41
	Заремба Д.М. Забродський П.М. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.	
23	**ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛІВ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДВОСТУПІНЧАСТИХ РЕДУКТОРІВ**	42
	Зібюк Д.С.Медведський О.В.Поліський національний університет м. Житомир,	
24	*Україна.* **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ КІЛЕЦЬ ПІДШИПНИКІВ**	42
	Кравець С.С.Шелудченко Б.А. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.	
25	**ВИМОГИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ КОНСТРУКЦІЇ ДВОКООРДИНАТНОГО УНІВЕРСАЛЬНОГО МІНІВЕРСТАТУ**	43
	Лібіховський А.М. Забродський П.М. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.	
26	**КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «КОРПУС МАТОЧИНИ» СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**	44
	Поліщук І.О Медведський О.В. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.	
27	**ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЇ УНІВЕРСАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ЗМАЩУВАННЯ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ ВАНТАЖНОЇ ТЕХНІКИ**	46

28	*Шелестюк В.С. Шелудченко Б.А. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **ВИМОГИ ДО МОБІЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ПЛАСТИКОВИХ ТРУБ ТА ФУРНІТУРИ ТРУБОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ**	**46**
29	*Грудовий, Р. С.,Назарук Р. І., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ТРАКТОРА З КЕРОВАНИМИ РУШІЯМИ ПЕРЕДНЬОЇ І ЗАДНЬОЇ ВЕДУЧИХ ОСЕЙ**	**47**
30	*Заєць М. Л., Невмержицький Т. В., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**	**49**
31	*Заєць М. Л., Шулятицький Н. Р., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СТРІЛОЮ ТЕЛЕСКОПІЧНОГО ФРОНТАЛЬНОГО НАВАНТАЖУВАЧА**	**52**
32	*Заєць М. Денисенко Л. М. С., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПІДІГРІВУ БІОПАЛИВА В ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ ТРАКТОРІВ**	**55**
33	*Заєць М. Л. Дунаєв М. О., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ РЕГУЛЬОВАНОГО СТРУШУВАЧА ПРУТКОВОГО ЕЛЕВАТОРА**	**56**
34	*Заєць М. Л. Дрозд М. О., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МОЛОТИЛЬНО АПАРАТА З ТАНГЕНЦІАЛЬНОЮ ПОДАЧЕЮ МАСИ**	**59**
35	*Заєць М. Л. Журбей В. В., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **ОПТИМІЗАЦІЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБОРУ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ВРОЖАЮ МОРКВИ**	**61**
36	*Заєць М. Л. Зінчук В. М., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ**	**63**
37	*Заєць М. Л. Ліпінський Д. Р., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЇ МУЛЬЧУВАЧА РОСЛИННИХ РЕШТОК**	**65**
38	*Заєць М. Л. Коваленко Б. В., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **РОЗРОБКА НАЧІПНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАМБУВАННЯ СИЛОСНОЇ МАСИ**	**67**
39	*Заєць М. Л. Товкач М. П., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАЛАШТУВАНЬ НАЧІПНОГО ПЛУГА**	**69**
40	*Заєць М. Л. Рожок М. В., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРИСТРОЮ СИСТЕМИ ПОДРІБНЕННЯ СОЛОМИ**	**71**
41	*Заєць М. Л. Опанасюк І. О., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **ОБГРУНТУВАННЯ БУДОВИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗРАЗКА НАВІСНОЇ 3-Х РЯДНОЇ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ**	**73**
42	*Заєць М. Л. Шамшур О. І., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОЛОТАРКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА**	**75**

	Заєць М. Л. Шевчук Д. С., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.	
43	**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ КОРЧУВАЧА ТА РОЗРАХУНОК ЙОГО ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ**	78
	Сімаков О.О. Вінницький національний аграрний університет м. Вінниця, Україна.	
44	**ФРАКЦІОНУВАННЯ СУХОЇ ЛЮЦЕРНИ ЯК НАПРЯМ УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИН ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОПОЖИВНИХ КОРМІВ**	80
	Лемзяков В.С., Кохан І.Р. Харківський автомобільно-дорожній фаховий коледж м. Харків, Україна.	
45	**ПРОГНОЗНИЙ ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС І ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ЯК ОСНОВА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН**	81
	Дацюк Д.А. Вінницький національний аграрний університет м. Вінниця, Україна.	
46	**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ЧОТИРЬОХКОМПОНЕНТНОЇ ДВОФАЗНОЇ ПАЛИВНОЇ СУМІШІ В ДВИГУНІ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**	83
	Борецька Т.Ю. Вінницький національний аграрний університет м. Вінниця, Україна.	
47	**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ У ЧОТИРЬОХКОМПОНЕНТНИХ ДВОФАЗНИХ СУМІШАХ ПІД ВИСОКИМ ТИСКОМ У БАГАТОКАНАЛЬНІЙ ФОРСУНЦІ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА**	85
	Бурлака С.А. Вінницький національний аграрний університет м. Вінниця, Україна.	
48	**ВПЛИВ СКЛАДУ ЧОТИРЬОХКОМПОНЕНТНОЇ ДВОФАЗНОЇ ПАЛИВНОЇ СУМІШІ НА ІНДИКАТОРНІ, ЕФЕКТИВНІ, ЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДВИГУНА**	87
	Борак К.В., Шевчук О.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.	
49	*Білецький В.Р., Словінський А.Й., Ткачук Б.Р. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.*	89
	ОПТИМІЗАЦІЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В УМОВАХ МІНЛИВОГО ЗВОЛОЖЕННЯ	
	Борак К.В., Веремій Т.Б. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.	
50	*Грудовий Р.С., Маліновський О.А., Кравченко А.Ю. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.*	91
	ЕНЕРГОЩАДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ПІДБІР МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ ҐРУНТІВ	
	Борак К.В., Кащенко Є.Д. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.	
51	*Савченко В.М., Коноплич А.В., Мельничук М.М. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.*	95
	ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ No-Till, Mini-Till ТА ТРАДИЦІЙНОЇ ОРАНКИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЕНЕРГОВИТРАТ І ПРОДУКТИВНОСТІ	
	Куликівський В.Л., Дем'янчук В.П. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
52	*Руденко В.Г. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	98
	ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИКИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ПРОСТОЇВ КОМБАЙНІВ	
	Борак К.В., Зелінський А.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.	
53	*Куликівський В.Л., Белявський Р.С., Вендер С.А. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.*	100
	СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І ДІАГНОСТИКИ МАШИН ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА В УМОВАХ ДЕФІЦИТУ РЕСУРСІВ	

	Савченко В.М.,Гайбу В.В., Загородній Д.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
54	*Хоменко С.М., Сторожинський І.І. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	**104**
	СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТЕХНІКИ В АПК: ПІДХОДИ, ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ	
	Куликівський В.Л., Гарманчук Р.С., Стеблецький Н.Ю. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
55	*Хоменко С.М., Сторожинський І.І. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	**106**
	ОПТИМІЗАЦІЯ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АГРОТЕХНІКИ З УРАХУВАННЯМ СЕЗОННОГО НАВАНТАЖЕННЯ	
	Борак К.В., Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.	
56	*Грудовий Р.С., Олійник А.В., Мельник Р.П. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.*	**108**
	ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН МЕТОДАМИ ЗМІЦНЕННЯ ТА НАПЛАВЛЕННЯ	
	Боровський В.М., Чехов В.І., Мішута В.Д. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
57	*Хоменко С.М., Яриновський С.Т. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	**111**
	ДІАГНОСТИКА ЯК КЛЮЧОВИЙ ЕЛЕМЕНТ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН	
	Дерев'янко Д.А., Гмир І.В., Крижанівський М.С. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
58	*Хоменко С.М., Данилюк Н.О. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	**113**
	СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МАШИННО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ У РОСЛИННИЦТВІ	
	Дерев'янко Д.А., Мазур М.П., Михалочкін Н.А. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
59	*Хоменко С.М., Максімов В.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	**116**
	ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ ПОЛЬОВИХ РОБІТ	
	Боровський В.М., Онуфрієнко О.М., Червінський Ю.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
60	*Бучко І.О. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	**118**
	ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНІ СПОСОБИ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ	
	Грудовий Р.С. Король Д.Р., Мельниченко Н.В., Мельнічук Є.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
61	*Добранський С.С. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	**121**
	ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕХАНІЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТУВАННЯ І ДОЗУВАННЯ КОРМІВ НА СВИНОКОМПЛЕКСІ	
	Дерев'янко Д.А. Олізаровський І.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
62	*Сорока Б.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	**123**
	ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ ОБПРИСКУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	
	Білецький В.Р., Скалозуб О.Д, Павлюк В.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
63	*Сорока Б.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	**126**
	ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ	

64	*Маленик О.С, Пономаренко Н.О.Дніпровський державний аграрно-економічний університет м. Житомир, Україна.* **РОЗРОБКА КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**	**128**
65	*Маленик А.І, Пономаренко Н.О. Дніпровський державний аграрно-економічний університет м. Дніпро, Україна.* **ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**	**130**
66	*Мельник В.І.[1], Зеленський А.П.[1], Зеленський О.П.[1], Зеленський М.А.[2].[1]Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,[2]Державний університет Люблінська Політехніка, м. Люблін, Польща.* **РОЗРАХУНОК ДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ КОНТАКТУ НАСІННЯ З ДИСКОМ, ЩО ОБЕРТАЄТЬСЯ В ОБЛАСТІ ПРИСМОКТУВАННЯ**	**132**
67	*Білецький В.Р., Шаповал М.О., Вдовиченко А.М. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна* *Омельчук С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна* **СПОСОБИ ПОСІВУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**	**134**
68	*Міненко С.В., Колодяжний Р.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна* *Добранський С.С. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна* **СУЧАСНІ СПОСОБИ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА**	**137**
69	*Борак К.В., Шевчук О.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна* *Семчук Д.Л. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна* **БІОКОНВЕРСІЯ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ ТВАРИННИЦТВА В БІОГАЗ**	**140**
70	*Савченко В.М., Козачук В.М., Прищепа Д.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна* **РОЛЬ ЩОДЕННОГО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ У ЗНИЖЕННІ ВІДМОВ І ПРОСТОЇВ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ**	**142**
71	*Дерев'янко Д.А., Пивовар О.М. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.* **ТЕХНОЛОГІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ДОРОБКИ ЯЧМЕНЮ В СИСТЕМІ ЗЕРНОВОГО ВИРОБНИЦТВА**	**144**
72	*Білецький В.Р., Скок М.С. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна* **ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СІНАЖУ В КОРМОВІЙ СИСТЕМІ ГОСПОДАРСТВА**	**146**
73	*Дерев'янко Д.А., Сорока Р.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна* **ДОЦІЛЬНІСТЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ПУНКТУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЯК УМОВА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ**	**148**
74	*Білецький В.Р., Якимчук Н.С.. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.* **ПЕРСПЕКТИВИ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОЩУВАННЯ ПОЛУНИЦІ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ ТА РИНКУ**	**151**
75	*Савченко В.М., Завадський В.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна* **ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯБЛУК ЗАЛЕЖНО ВІД ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ УКРАЇНИ**	**154**
76	*Міненко С.В., Литвиненко В.Ю., Кравчук М.Р. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна* **РОБОТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗДАВАННЯ КОРМІВ НА ВІДГОДІВЕЛЬНІЙ ФЕРМІ ЯК НАПРЯМ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА**	**156**

	Савченко В.М., Павлюк В.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна	
77	*Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна*	158
	УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТАХ ПОЛІССЯ	
	Савченко В.М., Терещук О.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна	
78	*Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна*	160
	ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ КОРЕНЕПЛОДІВ СТОЛОВИХ БУРЯКІВ	
	Міненко С.В., Степовий А.В., Вікарчук В.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
79	**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЇХНЬОЇ ПОЖИВНОЇ ЦІННОСТІ ТА ОДНОРІДНОСТІ**	163
	Савченко В.М., Підручний М.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна	
80	*Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна*	166
	ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СТОЛОВИХ БУРЯКІВ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	
	Козаченко О.В., Волковський О.М., Гаврилін О.А. Державний біотехнологічний університет,	
81	*м. Харків, Україна.*	168
	АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРУЖНОГО СТОЯКА ДИСКАТОРА З РЕГУЛЯТОРОМ ЖОРСТКОСТІ	
	Грудовий Р.С., Жуковський Н.Р. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
	Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир,	
82	*Україна.*	169
	ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НАНЕСЕННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН	
	Савченко В.М., Куторженко С.І. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
83	*Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	172
	ДІАГНОСТУВАННЯ МАШИН У СИСТЕМІ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ	
	Дерев'янко Д.А. Клименко В.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
	Герасимчук Д.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир,	
84	*Україна.*	175
	УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ СОЄВИХ БОБІВ ЯК ПЕРЕДУМОВА ПІДВИЩЕННЯ ВИХОДУ ТА ЯКОСТІ СОЄВОГО МОЛОКА	
	Савченко В.М., Макаревич В.Л. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.	
85	*Хоменко С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	177
	ОПТИМІЗАЦІЯ СТРОКІВ СІВБИ ТА НОРМ ВИСІВУ ГРЕЧКИ ЯК СКЛАДОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	

Дерев'янко Д.А., Хіміч О.А. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

86 *Хоменко С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.* 181
РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЯК ЕКОЛОГІЧНА СКЛАДОВА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІКИ
Деревянко Д.А. Горай І.О. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

87 *Федорсук А.О. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.* 184
ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМОСУМІШЕЙ ДЛЯ ГОДІВЛІ КРОЛІВ
Грудовий Р.С. Кравченко А.Ю. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

88 *Руденко В.Г. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна* 186
ВПЛИВ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА
Грудовий Р.С., Креденцер В.Г. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

89 *Пеценко А.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.* 189
ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ
Дерев'янко Д.А., Ярошовець Д.С. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

90 *Рябчук П.О., Сорока Б.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.* 192
ВПЛИВ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА
Футорний Р.В., Медведчук Н.К.Хмельницький національний університет м. Хмельницький, Україна.

91 195
ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСІВ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
Дерев'янко Д.А., Отвинівський В.А. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

92 *Сорока Б.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.* 197
ВПЛИВ ГЛИБИНИ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ НА ВОДНО-ПОВІТРЯНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ І ПОЛЬОВУ СХОЖІСТЬ НАСІННЯ БУРЯКІВ
Грудовий Р.С., Кравченко А.Ю. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

93 *Сорока Б.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.* 199
НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ЛЬОН-ДОВГУНЕЦЬ В УМОВАХ РІЗНИХ ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ ЗОН
Ангарська Л.Л. Відокремлений структурний підрозділ «Уманський фаховий коледж

94 *технологій та бізнесу Уманського національного університету» м. Умань, Україна.* 203
СУЧАСНІ НАНОТЕХНОЛОГІЇ У БОРОТЬБІ З ТЕРТЯМ
Мітков В. Б. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного м. Мелітополь, Україна.

95 205
РОБОТИЗОВАНІ СИСТЕМИ У РОСЛИННИЦТВІ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРЕЦИЗІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА
Голотюк М.В., Пилипака Т.С., Валецька О.В. Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна.

96 208
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШВИДКІСНИХ РЕЖИМІВ РУХУ ТЕХНІКИ НА ДЕФОРМАЦІЮ ҐРУНТОВОГО МАСИВУ

97	*В.Л. Пахаренко, О.В. Валецька Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне, Україна.* **ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ І МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**	**209**
98	*Налобіна О.О., Змієвська О.Г. Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне, Україна.* **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІСЛЯЖНИВНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ**	**111**
99	*Голотюк М.В., Ювчик Н.О. Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне, Україна.* **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НИЗЬКОНАПІРНИХ ШИН ТА ГУСЕНИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ**	**212**
100	*Пилипака Т.С., Бундза О.З. Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне, Україна.* **МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ CAD-СИСТЕМ**	**213**
101	*В.І.Дворук Національний університет «Київський авіаційний інститут» м. Київ, Україна.* *К.В.Борак Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.* **РУЙНУВАННЯ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ ПРИ ЗНОШУВАННІ В ГРУНТАХ**	**214**
102	*Федько В.Є. Сумський національний аграрний університет, м .Суми, Україна* **ПРЕДИКТИВНИЙ МОНІТОРИНГ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ**	**216**
103	*Михайлов А.О. Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне, Україна.* **ОГЛЯД АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОБОТІВ**	**217**
104	*Поліщук О.С. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.* **АНАЛІЗ РОБОТИ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК ТА НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ**	**220**
105	*Теслюк Г.В., Клименко О.В., Павлючик Е.В. Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна.* **ЗАСТОСУВАННЯ АКТИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В АГРОМОСТОВІЙ ТЕХНОЛОГІЇ**	**221**
106	*Заєць М. Л., Макарчук О.О., Поліський національний університет м. Житомир, Україна.* **АНАЛІТИЧНЕДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ВІДОКРЕМЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ЖАТКИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ**	**223**
107	*Коваленко Н.А. Сумський національний аграрний університет, м .Суми, Україна* **ОПТИМІЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ВИТРАТ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОСТІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОЛІЙ (CTF)**	**226**
108	*Довженко М.І. Сумський національний аграрний університет, м .Суми, Україна* **ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТІВ У СУЧАСНИХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА**	**227**
109	*Колісник М.В. відокремлений стркуктурний підрозділ «Уманський фаховий коледж технологій та бізнесу уманського національного університету» м. Умань, Україна.* **ІНТЕРАКТИВНІА ПАРАДИГМА ПРОВЕДЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ З ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ В АГРАРНИХ КОЛЕДЖАХ ЗА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ МАШИНАМИ І ЗНАРЯДДЯМИ**	**228**
110	*Герук С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.* **СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК МОКРОГО ПІДВОДНОГО ЗВАРЮВАННЯ**	**231**

111	*Дерев'янко Д.А., Корнійчук Д.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.*	234
	ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	
112	*Міненко С.В., Туринський Д.В. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.*	236
	ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ЛЬОНАРСТВА В ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ	
113	*Міненко С.В., Савін Н.Л. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.*	237
	СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОХОЛОДЖЕННЯ МОЛОКА	
114	*Поліщук,О.С. Ємець Б.В. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	240
	ВИКОРИСТАННЯ СТЕРНЬОВИХ СІВАЛОК В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ	
115	*Міненко С.В., Савін Н.Л. Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.*	242
	ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ ҐРУНТУ ПІД ПОСІВ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР	
116	*Ковба М.С., Ковба С.С. Відокремлений структурний підрозділ «Стрийський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування» м. Стрий, Україна.*	244
	ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ GPS-МОНІТОРИНГУ ТА ТЕЛЕМАТИКИ В ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ	
117	*Герук С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна* **ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКИ ІЕЗ ім. Є. О. ПАТОНА В ГАЛУЗІ ПІДВОДНОГО ЗВАРЮВАННЯ**	245
118	*Ковба С.С., Ковба М.С. Відокремлений структурний підрозділ «Стрийський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування» м. Стрий, Україна.*	248
	ЕКОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	
119	*Герук С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м.Житомир, Україна*	250
	ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ	
120	*Гриник А.Р., Ковба С.С. Відокремлений структурний підрозділ «Стрийський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування» м. Стрий, Україна.*	253
	ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА НАДІЙНІСТЬ СУЧАСНИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ	
121	*Дьорка А.І., Ковба С.С. Відокремлений структурний підрозділ «Стрийський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування» м. Стрий, Україна.*	254
	ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНІКИ	
122	*Олексюк А.В., Довбуш Т.А., Олексюк В.П. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна.*	256
	КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СЕПАРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН ТА АНАЛІЗ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ	
123	*Журавель Д. П. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного м. Мелітополь, Україна.*	258
	ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТА АНАЛІЗ ВІДМОВ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ	
124	*Бедюх В.В., Гаража В.М. Відокремлений структурний підрозділ «Хорольський агропромисловий фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету»м. Хорол, Україна.*	261
	СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА	

Шостачук А.М., Корнійчук О.Е. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

125 **КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ «УКРАЇНСЬКИЙ АГРОПРОМИСЛОВИЙ КОМПЛЕКС» ЗА ДОПОМОГОЮ АПАРАТУ НЕЧІТКИХ МНОЖИН** 263

Пономаренко Н.О., Часов Д.П., Бейгул В.О., Коровкін А.І., Богданова А.В. Дніпровський державний технічний університет м.Кам'янське, Україна.

126 **АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ ЗБУДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКАТОРА** 266

Іванцов П.Д., Білявський Ю.А., Лебедівський Б.В., Житомирський агротехнічний

127 *фаховий коледж, м. Житомир, Україна.* 267

ОРГАНІЧНЕ АГРОВИРОБНИЦВО ПОЛІССЯ ЖИТОМИРЩИНИ

Бай Д.О., Синчак М.О. заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

128 *м. Кам'янець-Подільський, Україна.* 272

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ КЛАПАННОГО МЕХАНІЗМУ ДВИГУНІВ

Денисенков О.В. Дніпровський державний аграрно-економічний університет м.

129 *Дніпро, Україна.* 274

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ МОСТОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Ребенко В.І. Національний університет біоресурсів і природокористування України м.

130 *Київ, Україна.* 277

МОДЕЛЮВАННЯ ДІЛЯНКИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ НА ПЕРЕСУВНОМУ СТРИГАЛЬНОМУ ПУНКТІ

Хропост В.І.Відокремлений підрозділ національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут» м. Ніжин,

131 *Україна.* 278

ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА

Боровський В.В. Бончик В.С. Дуганець В.І. Федірко П.П. Заклад вищої освіти

132 *«Подільський державний університет» м. Кам'янець-Подільський, Україна.* 280

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ РЕМОНТУ ШЛІЦЬОВИХ ВАЛІВ

Навроцький А.О. Бончик В.С. Дуганець В.І. Федірко П.П. Заклад вищої освіти

133 *«Подільський державний університет» м. Кам'янець-Подільський, Україна.* 281

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Топалов О.В. Бончик В.С. Дуганець В.І. Федірко П.П. Заклад вищої освіти

134 *«Подільський державний університет» м. Кам'янець-Подільський, Україна.* 283

МЕТОДИКА ЗБОРУ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ПРО НАДІЙНІСТЬ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Мушеник І.М. Бончик В.С. Дуганець В.І. Федірко П.П. Заклад вищої освіти

135 *«Подільський державний університет» м. Кам'янець-Подільський, Україна.* 285

АНАЛІЗ РОБОТИ ЗЕРНОВИХ ДРОБАРОК УДАРНО-ПЕРЕТИРАЛЬНОЇ ДІЇ ТА МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ЇХ РОБОЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Алфьоров О.І. Український державний університет залізничного транспорту, Харків,

136 *Україна* 286

НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ З ПОСТІЙНОЮ НЕСУЧОЮ ЗДАТНІСТЮ

Козак А.В. Відокремлений структурний підрозділ «Львівський фаховий коледж

137 *Львівського національного університету природокористування» м. Львів, Україна.* 288

ТРАНСПОРТНИЙ ПРОЦЕС В АПК В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: РОЛЬ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ (НА ПРИКЛАДІ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

138	*Гнатюк О. Ф., Гнатюк Д. А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.* **ІННОВАЦІЙНИЙ ВІБРОУДАРНИЙ МЕХАНІЗМ ДЛЯ СПОРОЖНЕННЯ ВАНТАЖНИХ ЄМНОСТЕЙ**	**289**
139	*Фокін В. Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна* **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСУ ОБКАТУВАННЯ КАПІТАЛЬНОВІДРЕМОНТОВАНИХ АГРЕГАТІВ ГІДРОПРИВОДУ**	**292**
140	*Ісип Р.Ю. Сумський національний аграрний університет Суми, Україна* **ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЦИКЛІВ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ГНОЄЗБИРАЛЬНОГО ТРАНСПОРТЕРУ ТСН 2Б**	**293**
141	*Халілов Н.Ф. Сумський національний аграрний університет Суми, Україна* **ХАРАКТЕР ДЕФЕКТІВ ЕЛЕМЕНТІВ ГОЛОВНИХ ПЕРЕДАЧ**	**295**
142	*Рева С.В. Відокремлений структурний підрозділ «Глухівський агротехнічний фаховий коледж Сумського національного аграрного університету» м.Глухів, Україна.* **ТРИБОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ**	**296**
143	*Бойко В.Б. Крупа А.В. Дніпровський державний аграрно-економічний університет м. Дніпро, Україна.* **ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ І ПАРАМЕТРІВ ГАЗОДИЗЕЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДВИГУНА CUMMINS 6TAA 9.0-04L ТРАКТОРА CASE IH MX275**	**299**
144	*Баранова О.В. Миколаївський національний аграрний університет м. Миколаїв, Україна.* **ОЦІНКА МІЦНОСТІ ТА ДЕФОРМАЦІЙ ВУЗЛІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ТОМАТІВ**	**301**
145	*Gorbenko O.A. Mykolaiv National Agrarian University Mykolaiv city, Ukraine.* **DEVELOPMENT OF ENGINEERING SOLUTIONS FOR WATER SUPPLY SYSTEMS OF LIVESTOCK AND PROCESSING ENTERPRISES**	**305**
146	*Dotsenko N.A. Mykolaiv National Agrarian University Mykolaiv city, Ukraine.* **ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF MELON SEEDS SEPARATION TAKING INTO ACCOUNT DESIGN AND TECHNOLOGICAL MODES**	**307**
147	*Макарець В.В. ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут» м. Ніжин, Україна.* **МЕХАТРОННА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ГЛИБИНОЮ ВИСІВУ З АДАПТИВНИМ ЗВОРОТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ**	**309**
148	*Лисенко Р.Д. Вінницький національний аграрний університет м. Вінниця, Україна.* **МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГАЗОДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ПРИ РОБОТІ НА ЧОТИРЬОХКОМПОНЕНТНІЙ ДВОФАЗНІЙ СУМІШІ**	**311**
149	*Ляшук О.Л., Гупка А.Б., Цьонь А.Б., Хорошун Р.В., Слободян Л.М. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль,Україна* **ПІДВИЩЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ШНЕКОВИХ МЕХАНІЗМІВ КОНСТРУКТИВНИМИ МЕТОДАМИ**	**312**
150	*Лихіцький В. В., Рожко І. І., Полтавський державний аграрний університет м. Полтава, Україна.* **ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ МАЛОГАБАРИТНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ**	**314**
151	*Калініченко Р.А. ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут» м. Ніжин, Україна.* **ОСОБЛИВОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ ЗЕРНА**	**315**
152	*Шелест М. С., Барабаш Г. І. Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.* **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ПРИПОСІВНОЇ ІНОКУЛЯЦІЇ**	**317**

153	*Степаненко С.П. Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної аграрної академії наук с-ще. Глеваха, Україна.* **РОЗРОБКА НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ФРАКЦІОНУВАННЯ ЗЕРНА**	**318**
154	*Попович М.О. Артьомов М.П. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного м. Мелітополь, Україна.* **КОНТРОЛЬ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧІВ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ**	**319**
155	*Вожик Ю. Г., Панасюк В. І. Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної аграрної академії наук с-ще. Глеваха, Україна.* **ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ НЕГАТИВНОЇ ДІЇ ВІТРУ ПІД ЧАС ОБПРИСКУВАННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР**	**322**
156	*Новицький А.В. Національний університет біоресурсів і природокористування України* *м. Київ, Україна* **СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО СИСТЕМИ ТОР ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ: ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РІВЕНЬ**	**325**
157	*157. Nadiia PALIANYCHKA, Alexandr KOVALYOV Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University Zaporizhzhia city, Ukraine* **ANALYSIS OF THE QUALITATIVE ASSESSMENT OF THE DISPERSION PROCESS OF DAIRY RAW MATERIAL IN A PULSATION-TYPE HOMOGENIZER**	**327**
158	*Говоров О.Ф. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» м. Кам'янець-Подільський, Україна.* **ВПЛИВ БІОЕТАНОЛЬНИХ ДОБАВОК ДО ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ПОКАЗНИКИ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ТОКСИЧНІСТЬ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ**	**329**
159	*Прикота А.І., Калнагуз О.М., Сіренко Ю.В.Сумський національний аграрний університет* *м. Суми, Україна.* **АНАЛІЗ ОПЕРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР (ПШЕНИЦІ)**	**330**
160	*Балюра Є.О., Калнагуз О.М., Горовий М.В.Сумський національний аграрний університет* *м. Суми, Україна.* **ОГЛЯД МАШИН ДЛЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**	**332**
161	*Сікорський А.М., Саржанов Б.О., Калнагуз О.М.Сумський національний аграрний університет* *м. Суми, Україна.* **ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ В АГРОКЛІМАТИЧНИХ ЗОНАХ СУМЩИНИ**	**334**
162	*Леоненко Д.О., Сіренко Ю.В., Горовий М.В., Калнагуз О.М. Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.* **ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В ГОСПОДАРСТВІ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ**	**336**
163	*Дешко Р.О., Горовий М.В., Калнагуз О.М. Сумський національний аграрний університет* *м. Суми, Україна.* **ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДГОТОВКИ ГРУНТУ ПІД ПОСІВ ТА ПОСІВ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В УМОВАХ СУМЩИНИ**	**338**

164	*Шелудченко В.А., Горовий М.В., Калнагуз О.М. Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.*	340
	ЗАГОТІВЛЯ КОРМІВ Є КЛЮЧОВА ЛАНКА У ТВАРИННИЦТВІ	
165	*Легеза К.О., Сіренко Ю.В., Калнагуз О.М. Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.*	341
	ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ	
166	*Ярошенко П.М. Сумський національний аграрний університет м. Суми, Україна.*	343
	ПРО ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТУ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	
167	*Рапута В.В., Шуляк М.Л. Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна*	345
	ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ: ФАКТОРИ ВПЛИВУ ТА НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ	
168	*Романашенко О.А., Кудлай С.В. Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна*	347
	ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА	
169	*Ляшенко С.В., Твердохліб В.І. Полтавський державний аграрний університет м. Полтава, Україна*	348
	АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАКТОРІВ JOHN DEERE 6110B	
170	*Ляшенко С.В., Онищенко О.С. Полтавський державний аграрний університет м. Полтава, Україна*	349
	ХАРАКТЕРИСТИКА РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН	
171	*Ляшенко С.В., Олексенко М.І. Полтавський державний аграрний університет м. Полтава, Україна*	352
	ТЕОРЕТИЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЮЧОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ЗА ПОКАЗНИКАМИ НАДІЙНОСТІ, ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ПАРКУ ТЕХНІКИ КП «ЕФЕКТ» РЕШЕТИЛІВСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	
172	*Келемеш А.О., Ляшенко С.С. Полтавський державний аграрний університет м. Полтава, Україна*	353
	ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ	
173	*Аксьонов С.П., Карпенко О.М., Семененко С.В., Кириченко Р.В. Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.*	355
	ПЕРЕДУМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ТИПУ ПОЛИЦЬ ПЛУЖНИХ КОРПУСІВ НА ЯКІСТЬ ОРАНКИ	
174	*Науменко О.А.,[1], Ружило З.В.,[2], Новицький А. В.[2] [1] Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна [2] Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна,*	356
	ВИКОРИСТАННЯ ЄСТД В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ	
175	*Немирицька Л.В., Русецька Н.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	357
	ОЦІНКА СОРТОЗРАЗКІВ КАРТОПЛІ НА СТІЙКІСТЬ ДО ГНИЛЕЙ БУЛЬБ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ	
176	*Герук С.М. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.*	359
	КОМБІНОВАНИЙ ЧИЗЕЛЬНИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ГРУНТУ ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОПЛІ	
177	*Сачук В.П., Толстушко Н.О., Луцький національний технічний університет м. Луцьк, Україна.*	361
	АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ ПНІВ	

	Литвинюк В.А., Толстушко Н.О. Луцький національний технічний університет м.	
178	***Луцьк, Україна.***	**362**
	АНАЛІЗ СПОСОБІВ ДОБУВАННЯ НАСІННЯ ІЗ СОСНОВИХ ШИШОК	
	Оставненко В.О., Петрук В.П. Луцький національний технічний університет м.	
179	***Луцьк, Україна.***	**363**
	АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАГОТІВЛІ ДЕРЕВИНИ	
	Когут О.В., Толстушко Н.О. Луцький національний технічний університет м. Луцьк,	
180	***Україна.***	**364**
	АНАЛІЗ КАНАТНИХ ЛІСОТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК	
	Махов О.А. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.	
181	**УМОВИ РОБОТИ ТА ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ У СИСТЕМАХ ЗРОШУВАННЯ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ**	**365**
	Возняк В.О., Толстушко Н.О. Луцький національний технічний університет м.	
182	***Луцьк, Україна.***	**367**
	АНАЛІЗ МАШИН ДЛЯ БУРІННЯ ЯМ ПІД САДЖАНЦІ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР	
	Бучко І.О., Добранський С.С., Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.	
183	**ВИБІР СПОСОБУ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОВЕРХНІ ТЕРТЯ ПЛУЖНИХ ВІДВАЛІВ ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ ІЗ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ**	**368**
	Кірієнко М.О. Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.	
184	**КЛЮЧОВІ ЗАСАДИ КОНЦЕПЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**	**370**
	Хомич С.М., Цизь І.Є. Луцький національний технічний університет м. Луцьк,	
185	***Україна.***	**371**
	ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА САПРОПЕЛЕВИХ ДОБРИВ	
	Біловод О.І. Тарасенко Д.С. Полтавський державний аграрний університет м.	
186	***Полтава, Україна.***	**373**
	ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУТЕРУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ЧИСТИКА ПРИКОЧУЮЧИХ КОЛІС СІВАЛКИ ELVORTI	
	Сак С.Я., Толстушко М.М., Луцький національний технічний університет м. Луцьк,	
187	***Україна.***	**374**
	АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЮ	
	Марищук Л.О., Толстушко М.М. Луцький національний технічний університет м.	
188	***Луцьк, Україна.***	**375**
	АНАЛІЗ МАШИН ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ ДЕРЕВНОЇ ТРІСКИ	
	Хлопецький Р.А., Дідух В.Ф., Луцький національний технічний університет, м. Луцьк,	
189	***Україна.***	**376**
	ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОЛІЙНОГО ЛЬОНУ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТЕХНІЧНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ	
	Гаврилюк Т.В., Толстушко М.М. Луцький національний технічний університет м.	
190	***Луцьк, Україна.***	**378**
	ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ У САДАХ	
	Біданець О.І., Горошко О.В. Луцький національний технічний університет м. Луцьк,	
191	***Україна.***	**379**
	ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ЛІСОВІ КУЛЬТУРИ	
	Медведський О. В. Поліський національний університет м. Житомир, Україна.	
192	**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ТА ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ У КОНТЕКСТІ ІНДУСТРІЇ 4.0**	**380**

Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»

XII Міжнародна науково-практична конференція

ЗБІРНИК ТЕЗ

29 квітня 2026 року
м. Житомир

Редактор: **Сорока Б.А.**

Житомирський агротехнічний фаховий коледж
Відділення «Агроінженерія»