

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ**



# **ЗБІРНИК ТЕЗ**

*X Міжнародної науково-практичної конференції*  
**«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та  
технічного сервісу сільськогосподарських машин і  
знарядь»**

**18 квітня 2024 року**

**м. Житомир**

## Організаційний комітет конференції

**Тимошенко Микола Михайлович** – голова оргкомітету, доктор економічних наук, доцент, 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.

**Ружилюк Зиновій Володимирович** – співголова оргкомітету, кандидат технічних наук, доцент, декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України.

### Члени оргкомітету

**1. Алфьоров Олексій Ігорович** – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри проектування технічних систем, Сумський національний аграрний університет.

**2. Бекбосинов Серик** – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри аграрної техніки та технології Казахського НАУ м. Алмати, Республіка Казахстан.

**3. Борак Костянтин Вікторович** – доктор технічних наук, доцент, академік АНУ, 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 та 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. Голуб Геннадій Анатолійович** – доктор технічних наук, професор, академік АНУ, професор кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України.

**8. Дворук Володимир Іванович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри теоретичної та прикладної фізики НАУ м. Київ.

**9. Заєць Максим Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету.

**10. Зубко Владислав Миколайович** – доктор технічних наук, професор, академік АНУ, декан інженерно-технологічного факультету Сумського національного аграрного університету.

**11. Кравцов Андрій Григорович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій та логістики Держаного біотехнологічного університету.

**12. Куликівський Володимир Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету.

**13. Ловейкін Вячеслав Сергійович** – доктор технічних наук, професор, академік АНУ, завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України.

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

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

**16. Науменко Олександр Артемович** – кандидат технічних наук, професор, професор кафедри механічної та електричної інженерії ПДАУ.

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

**18. Пушка Олександр Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент, декан інженерно-технологічного факультету Уманського національного університету садівництва.

**19. Роговський Іван Леонідович** – доктор технічних наук, професор, академік АНУ, завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України.

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

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

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

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

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

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

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

**27. Ярош Ярослав Дмитрович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету.

Відповідальний секретар: **Добранський Сергій Станіславович**

## 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*

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ І ТЕХНІЧНИХ КУЛЬТУР**

Аналіз наявних типових потокових технологічних ліній післязбиральної обробки зерна дав змогу виявити основні недоліки наявних у господарстві зерноочисних агрегатів, окреслити шляхи модернізації та визначити можливість будівництва сучасного зерно-насіннеочисного агрегату.

У результаті проведеної експертизи було висвітлено недоліки та намічено основні шляхи модернізації агрегату.

1 Потрібна модернізація приймально-очисного відділення агрегату. Необхідно облаштувати його проїзною металізованою металізованою завальною ямою.

2 Технологічну лінію необхідно оснастити сучасними зерноочисними та насіннеочисними машинами.

3. Для насіннеочисного відділення необхідна друга завальна яма металізована місткістю до 30 т.

4. На наявному агрегаті спостерігається необґрунтоване переміщення зерна на великі відстані, що явно призводить до його травмування.

5. Відзначається нераціональне використання бункерів-накопичувачів. 6. Для нормального функціонування агрегату необхідно як мінімум мати в його складі 2 відділення. Для цього потрібне детальне опрацювання технологій і складу обладнання агрегату з оптимальним його розміщенням у технологічній лінії.

7. Для очищення зерна різних культур, особливо під час підготовки насіння, потрібно забезпечити їхнє цільове фракціонування і роздільне накопичення отриманих фракцій із подальшим їхнім відвантаженням (це стосується насіння соняшнику).

8. Під час модернізації агрегату треба передбачити багатоваріантність технологічних схем, щоб забезпечити маневрування під час збирання і післязбиральний період.

9. Приймально-очисне відділення повинне забезпечувати обробку добового надходження зерна з поля, тому продуктивність машин попереднього і первинного очищення повинна відповідати цьому положенню.

За результатами проведеного аналізу технічних і технологічних рішень з модернізації об'єктів післязбиральної обробки зерна та насіння встановлено, що типові зерно-очисні агрегати не відповідають сучасним вимогам потокової післязбиральної обробки зерна та підготовки насіння. Таким чином, виникає необхідність виконання підбору та компонування обладнання в технологічну схему, що задовольняє вимогам технологічного циклу.

Мета досліджень - підвищення ефективності технологічних процесів очищення зерна та насіння на модернізованому агрегаті.

Під час проведення модернізації необхідно вирішити такі технологічні завдання:

1) забезпечення технологічного процесу витікання зернового матеріалу в завальній ямі за дотримання необхідних вимог безпеки праці;

2) розробка відділення для сортування зернових і олійних культур з отриманням насінневого матеріалу категорії якості не нижче репродукційного насіння (РС).

Зерно-насіннеочисний агрегат складається з приймально-очисного відділення із завальною ямою, що забезпечує наскрізний проїзд, і очисно-сортувального відділення, де можна одержати насіння посівного стандарту не нижче РС.

Варто зазначити, що очисно-сортувальне відділення здатне працювати під час підготовки насіння спільно з приймально-очисним відділенням, а також автономно.

Розміщення машин і технологічного обладнання передбачає паралельну роботу машин вторинного очищення. Таке компонування дає змогу забезпечити дозовану подачу оброблюваного насіння на ці машини і підвищити ефективність очищення.

Технологічний процес роботи агрегату. Від комбайнів зерновий ворох надходить у відділення приймання та попереднього очищення. Агрегат за повнопоточною схемою працює таким чином (рис. 1)

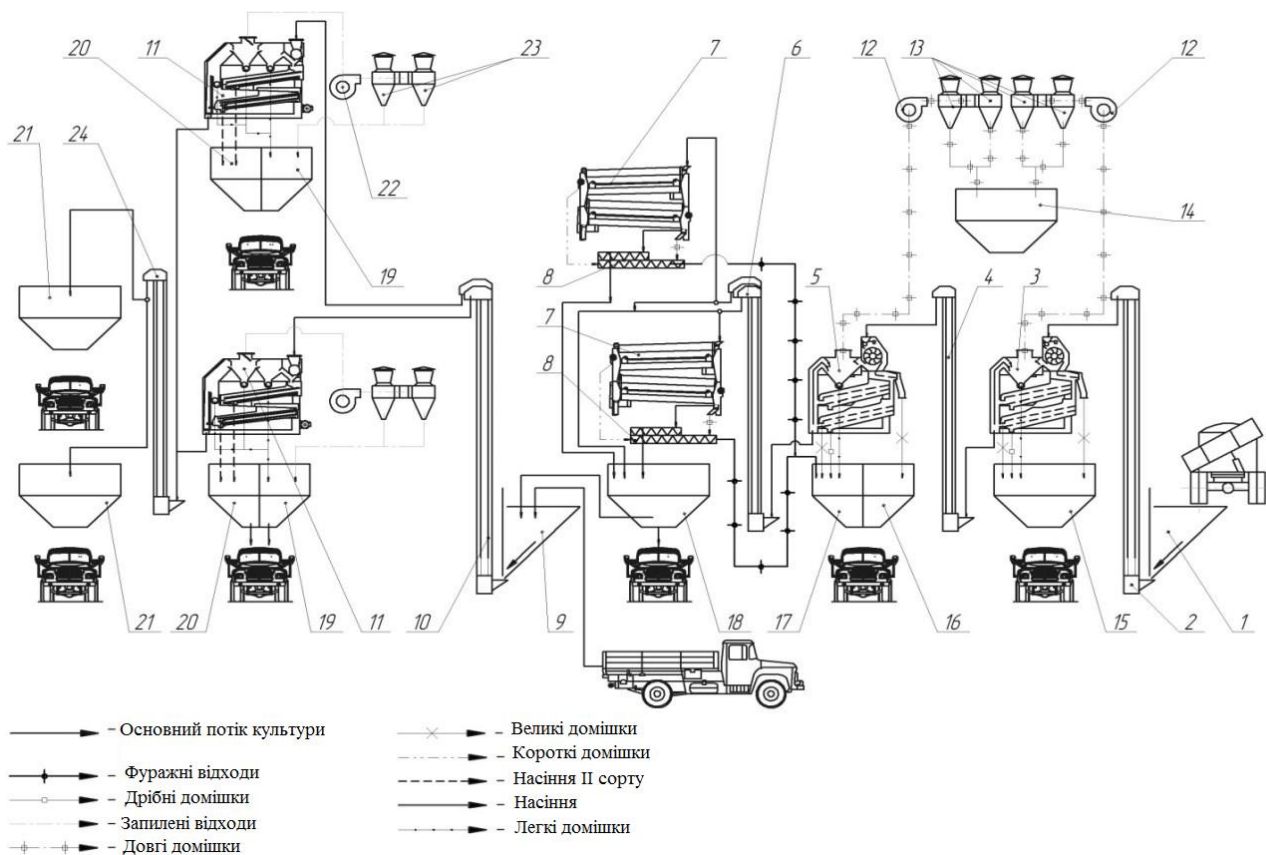


Рис. 1. Технологічна схема модернізованого зерноочисного агрегату: 1 – яма завальна; 2 - норія завантажувальна НПК-50; 3 – повітряно-решітна машина МПУ-70; 4 – норія проміжна; 5 – машина первинного очищення МПУ-70; 6 – норія 2НПЗ-20; 7 – трієрний блок БТЦ-700; 8 – транспортер ТЧЗ-700; 9 – завальна яма; 10 – норія завантажувальна 2НПЗ-20; 11 – машина вторинного очищення МВУ-1500; 12 – вентилятор машини МПУ-70; 13 – циклон МПУ-70; 14 – бункер повітряних відходів; 15 – бункер відходів "мертвого сміття"; 16 – бункер відходів; 17 – бункер фуражних відходів; 18 – бункер чистого зерна; 19 – секція аспіраційних відходів; 20 - секція насіння II сорту; 21 – бункер очищеного насіння; 22 – вентилятор машини МВУ-1500; 23 – циклон машини МВУ-1500; 24 – норія НПЗ-20

Зерновий матеріал, шляхом відкриття засувки, надходить із завальної ями в норію НПК-50.

Потім подається на машину попереднього очищення, де відбувається очищення від великих, легких і дрібних домішок, що накопичуються в бункері відходів.

Зерно, що пройшло попереднє очищення, далі направляєється на проміжну норію НПК-50, яка подає зерно на первинне очищення. Під час роботи машини первинного очищення виділяється фуражна фракція, з доведенням зерна до продовольчих кондицій (більша частина домішок виділяється машиною завдяки потужній аспіраційній системі та правильному підбору решіт).

Пройшовши первинне очищення, зерно проміжною норією 2НПЗ-20 подається на трієрні блоки БТЦ-700. На трієрах відбувається очищення від довгих і коротких домішок. Виділені домішки з трієрів шнеками ТЧЗ-700 подаються в секцію бункера фуражних відходів.

При роботі без трієрів буде максимальна продуктивність технологічної лінії.

Після трієрного очищення зерновий матеріал із бункера через випускні патрубки шляхом відкриття засувок спрямовується в завальну яму очисно-сортувального відділення. Норією 2НПЗ-20 зерно подається на машини вторинного очищення МВУ-1500. Очищене зерно за допомогою норії НПЗ-20 потрапляє в бункери очищеного насіння.

Особливістю роботи машин вторинного очищення є те, що за потужної аспіраційної системи та розвиненої решітної схеми, яка забезпечує дворазове решітне очищення, можна виділити повноцінне насіння.

Наявні в бункерах перегородки дають змогу отримати 2 секції: одна секція для збирання II гатунків з машин МВУ-1500, а інша секція для збирання аспіраційних відходів з осадових камер і решіт.

Стойка робота забезпечується за рахунок дозованої подачі зерна в машини. Надлишки зерна з бункера-дозатора скидаються в завальну яму очисно-сортувального відділення.

Робота агрегату за різними технологічними схемами можлива за рахунок раціонального компонування обладнання, розподільчих систем і пускозахисної апаратури.

Робота основних технологічних схем агрегату.

*Схема № 1.* Робота приймально-очисного відділення без трієрного очищення. При роботі за цією схемою працюють тільки машина попереднього очищення МПУ-70 і машина первинного очищення. Очищене зерно, що відповідає нормам продовольчого зерна, минаючи трієрні блоки, спрямовується в бункер чистого зерна.

Така схема роботи агрегату характерна, коли у вихідному матеріалі відсутні важковідокремлювані домішки (вівсюг і гречишка татарська).

Коли агрегат працює за описаною схемою, досягається найбільша продуктивність.

Якщо не потрібно доводити зерно до насінневих кондицій, то завальну яму № 2 можна використовувати як накопичувач. Застосовується цей прийом за нестачі автотранспорту, що забезпечує відвантаження зерна з бункерів.

*Схема № 2.* Автономна робота очисно-сортувального відділення. У збиральний сезон відділення працює за потоковою схемою для підготовки насіння.

Зерно після комбайна, пройшовши всю технологічну лінію, надходить у бункер чистого зерна. З цього бункера зерно прямує в завальну яму, звідки за допомогою норії 2НПЗ-20 відразу надходить на обидві машини вторинного очищення МВУ-1500.

Зерно очищається від легких домішок повітряними каналами I і II аспірації. Пройшовши циклони, пилоподібні домішки осідають у бункері.

Ефективність очищення зерна повітряним потоком залежить від професійного налаштування швидкості повітряного потоку в пневмосепарувальних каналах.

Після повітряної сепарації зерно, пройшовши решітне очищення, спрямовується у 2 бункери очищеного насіння. Повітряні канали I і II аспірації та розвинена решітна схема машин МВУ-1500 сприяють виділенню щуплого і малоцінного насіння.

Коли попередньо оброблене зерно на сортування надходить зі складу, передбачена автономна робота відділення. Можлива робота відділення у весняний період, коли насіння готується до посіву після зберігання на складі. Також під час обробки невеликих партій зерна відділення має можливість паралельної роботи з приймально-очисним відділенням.

*Схема № 3.* Особливості роботи агрегату під час очищення соняшнику. Під час обробки соняшнику працюють усі машини технологічної лінії, крім трієрів. Для цього необхідно провести заміну решітних рамок у решітних станах машин, підібраних спеціально на очищення соняшнику. Ці решітні рамки на замовлення поставляються заводом-виробником машин.

Повітряно-решітна машина МПУ-70 ефективно працює в режимі первинного очищення за рахунок правильно підібраних решіт у решітних рамках. Вона виділяє дрібне насіння соняшнику, що йде на виробництво олії.

Інша, очищена, частина соняшнику піддається сортуванню на машинах вторинного очищення МВУ-1500 з виділенням цільових фракцій.

Застосовуючи різні технологічні схеми очищення зерна і насіння на модернізованому агрегаті є можливість маневру під час їхнього вибору, що зрештою дає змогу скорочення термінів збирання і зниження загальних втрат.

**2. В. М. Боровський, ст. викладач, О. О. Спірін, А. М. Змієвець, О. В. Колесник, В. С. Марченко, Поліський національний університет, м. Житомир**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ КОРМІВ У ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ЗМІШУВАЧІ**

Нині актуальним завданням, що стоїть перед тваринництвом, є зниження собівартості приготування кормосумішей, зокрема змішування їхніх компонентів, для чого необхідно знижувати енергоємність цього процесу. При цьому важливою умовою є зниження неоднорідності змішування компонентів кормів.

Для приготування кормосумішей в умовах сільгосппідприємств найбільш підходять змішувачі періодичної дії (порційні). Серед них широкого поширення набули змішувачі з лопатевими робочими органами, призначені для змішування сухих і рідких компонентів, а також шнекові змішувачі, які здебільшого застосовують для змішування сухих компонентів. Поєднати переваги двох цих типів машин дають змогу змішувачі з комбінованим робочим органом (шнеко-лопатеві). Тому дослідження та оптимізація їхніх технологічних параметрів є актуальними.

Мета дослідження – обґрунтування раціональних параметрів і режимів горизонтального шнеко-лопатєвого змішувача періодичної дії для

досягнення найменшої енергоємності приготування трикомпонентної кормосуміші за умови дотримання зоотехнічних вимог до якості кормів, що готуються, за нерівномірністю змішування. Для досягнення поставленої мети необхідно встановити функціональні залежності між факторами процесу приготування трикомпонентної суміші; виявити раціональні значення технологічних параметрів процесу змішування, які б забезпечували належну якість суміші та найменшу енергоємність процесу змішування.

Експериментальні дослідження проводили на горизонтальному шнеколопастному змішувачі кормів періодичної дії СК-3,0. Змішувач кормів СК-3,0 (рис. 1) місткістю 3 м<sup>3</sup> призначено для одержання однорідної суміші із сухих подрібнених компонентів (зернова, борошніста, білково-мінеральна сировина) і рідких добавок (олія рослинна, меляса та ін.) за порційного (періодичного) режиму роботи. Він складається з рами, корпусу зі змішувальною камерою, в якій розміщений вал зі спіральним стрічковим протитечійним навиванням (шнек) і лопатями. Корпус має завантажувальне і вивантажувальне вікна з електрозасувками, в його кришці встановлені форсунки для подачі рідкої сировини. Передбачена можливість установки корпусу на тензометричні датчики.



Рис. 1. Горизонтальний змішувач кормів СК-3,0: а – загальний вигляд; б – конструктивна схема, 1 – кришка; 2 – корпус зі змішувальною камерою; 3 – рама; 4 – вал зі стрічковою навивкою (шнек); 5 – лопаті вала; 6 – вивантажувальне вікно; 7 – електропривод.

Під час обертання вала під дією його комбінованих робочих органів відбувається змішування компонентів, водночас стрічкове навивання вала і його лопаті створюють протитечійний рух частинок, що сприяє рівномірному розподілу компонентів у суміші, що готується. Під дією лопатей відбувається циркуляція компонентів, що змішуються, від однієї торцевої стінки до іншої, тоді як під дією вала (шнека) вони, перемішуючись, переміщуються вздовж нього.

Як критерії, що характеризують ефективність змішування, були прийняті нерівномірність розподілу контрольного компонента в суміші та питома енергоємність процесу.

Основну частку в раціонах годівлі нині займають подрібнені зернові компоненти, тому як основний компонент (наповнювач) суміші в експериментах використовували подрібнену пшеницю вологістю не більш як 15% з насипною густиною 750 кг/м<sup>3</sup>. Під час дослідів готували трикомпонентну суміш у складі: подрібнена пшениця – 98%, подрібнена кухонна сіль – 1%, соняшникова олія – 1% (за масою).

Як контрольні компоненти для визначення нерівномірності змішування використовували подрібнену кухонну сіль (сухий компонент) і соняшкову олію (рідкий компонент). Розподіл контрольних компонентів визначали у 20 пробах масою 50 г кожна, відібраних із різних точок змішувальної камери після завершення змішування. Відбір конкретної проби проводили за ДСТУ Вміст сухого контрольного компонента (кухонної солі) у пробах визначали іонометричним методом за ДСТУ.

Вміст рідкого контрольного компонента (соняшникової олії) в пробах визначали шляхом екстракції сирого жиру з продукту розчинником за ДСТУ 13496.15-97. Як показник нерівномірності змішування використовували коефіцієнт варіації фактичного розподілу контрольного компонента в пробах  $v$ , %.

Питома енергоємність процесу змішування  $W_{num}$  визначали як загальну енергоємність, вимірювану за допомогою лічильника трифазного електричного, віднесено до маси кормосуміші.

Частоту обертання вала змішувача змінювали установкою змінних шківів і контролювали за показаннями оптичного тахометра.



Під час проведення експерименту було реалізовано п'ятирівневий план другого порядку. Досліди під час реалізації плану проводили в триразовій повторності. План проведення експериментів передбачав варіювання трьома незалежними факторами, що впливають на процес змішування (табл.).

Таблиця 1 – Фактори і рівні їх варіювання

Фактор	Кодоване позначення	Діапазон варіювання	Інтервал варіювання
Частота обертання вала, $\text{хв}^{-1}$	$X_1$	20...40	5
Коефіцієнт заповнення камери змішувача	$X_2$	0,4...0,6	0,05
Тривалість (час) змішування, $\text{хв}$	$X_3$	2...6	1

Як критерії оптимізації було обрано:  $y_1$  – нерівномірність змішування наповнювача з сухим компонентом,  $y_2$  – нерівномірність змішування наповнювача з рідким компонентом,  $y_3$  – питома енергоємність процесу змішування. При цьому слід зазначити, що з них значущість показника нерівномірності змішування є значно вищою, ніж в останнього чинника, який має розглядатися як допоміжний.

Результати досліджень. У результаті обробки результатів експериментів у програмі Statistica було отримано рівняння регресії в закодованому вигляді та визначено відповідні коефіцієнти кореляції:

$$y_1 = 4,56 - 0,72x_1 + 0,31x_2 + 0,59x_3 - 0,09x_1x_2 - 0,21x_1x_3 + 0,32x_2x_3 + 0,29x_1^2 + 0,86x_2^2 + 0,44x_3^2,$$

$$\text{коефіцієнт кореляції } R_1 = 0,9567;$$

$$y_2 = 5,19 - 0,58x_1 - 0,11x_2 + 0,28x_3 - 0,16x_1x_2 + 0,39x_1x_3 - 0,18x_2x_3 + 0,42x_1^2 + 0,55x_2^2 + 0,27x_3^2,$$

$$\text{коефіцієнт кореляції } R_2 = 0,9613;$$

$$y_3 = 1,26 + 0,61x_1 + 0,82x_2 - 0,17x_3 + 0,20x_1x_2 - 1,05x_1x_3 + 0,97x_2x_3 + 0,33x_1^2 + 0,37x_2^2 + 0,14x_3^2,$$

$$\text{коефіцієнт кореляції } R_3 = 0,9841.$$

Після опрацювання експериментальних даних у програмі Statistica було побудовано графічні залежності критеріїв оптимізації від рівня варіювання чинників, що являють собою суміщені двовимірні перерізи поверхонь відгуку другого порядку. Зокрема, було побудовано залежності нерівномірності змішування компонентів  $v$  від тривалості змішування  $t$  і коефіцієнта заповнення змішувальної камери  $k_3$  (рис. 2), нерівномірності змішування компонентів  $v$  від тривалості змішування  $t$  і частоти обертання вала змішувача  $n$  (рис. 3), а також питомої енергоємності цього процесу  $W_{уд}$  від частоти обертання вала змішувача  $n$  і коефіцієнта заповнення змішувальної камери  $k_3$  (рис. 4).

Під час аналізу отриманих залежностей встановлено, що при збільшенні тривалості змішування в межах 4 хв неоднорідність одержуваної суміші знижується. Однак, збільшення тривалості змішування понад 4 хв призводить до збільшення неоднорідності суміші, що можна пояснити переважанням сегрегації сухих компонентів над їх змішуванням. Виявлено, що для отримання однорідної суміші, до складу якої входять сухі та рідкі компоненти, раціональна тривалість змішування становить 4 хв, а для суміші сухих компонентів – 3 хв.

Раціональне значення коефіцієнта заповнення камери змішувача становить 0,50-0,55, при цьому агрегатний стан компонентів (сухі або рідкі) практично не впливає на неоднорідність змішування.

Залежно від агрегатного стану компонентів, що вводяться, частота обертання вала змішувача значніше впливає на нерівномірність змішування, ніж інші фактори. Так, найменша нерівномірність змішування за контрольним сухим компонентом (сіль) становить 4,1% за частоти Раціональне значення коефіцієнта заповнення камери змішувача становить 0,50...0,55, при цьому агрегатний стан компонентів (сухі або рідкі) практично не впливає на неоднорідність змішування.

Залежно від агрегатного стану компонентів, що вводяться, частота обертання вала змішувача значніше впливає на нерівномірність змішування, ніж інші фактори. Так, найменша нерівномірність змішування за контрольним сухим компонентом (сіль) становить 4,1% за частоти обертання вала  $25 \text{ хв}^{-1}$ , а найменша нерівномірність змішування за контрольним рідким компонентом (масло) становить 4,9% за частоти обертання вала  $40 \text{ хв}^{-1}$ . Тому необхідно підбирати частоту обертання вала таким чином, щоб отримати необхідну за зоотехнічними вимогами неоднорідність. За варіювання тривалості змішування і частоти обертання вала встановлено, що для досягнення мінімальної нерівномірності змішування трикомпонентної суміші в межах 4,10...4,18% частота обертання вала має становити 30-35  $\text{хв}^{-1}$ , а тривалість змішування – 3...4 хв. Продуктивність процесу змішування за цих параметрів становить 6 т/год. Подальше збільшення частоти обертання вала до  $40 \text{ хв}^{-1}$  призводить до збільшення

нерівномірності змішування до 6%, а зменшення частоти обертання вала змішувача до менш як  $25 \text{ хв}^{-1}$  збільшує нерівномірність змішування до 10%.

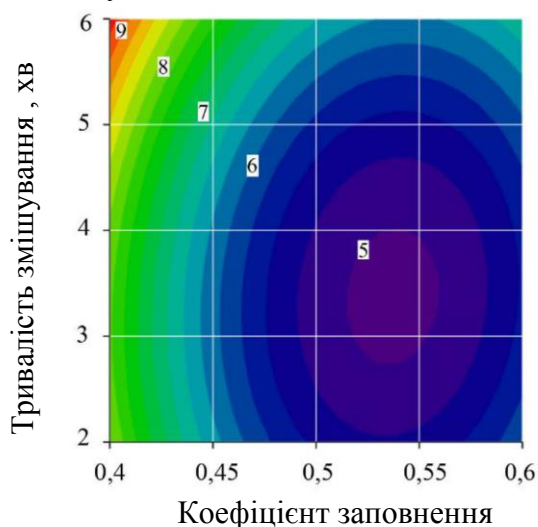


Рис. 2. Вплив тривалості змішування та коефіцієнта заповнення змішувальної камери на нерівномірність змішування (контрольний компонент – кухонна сіль).

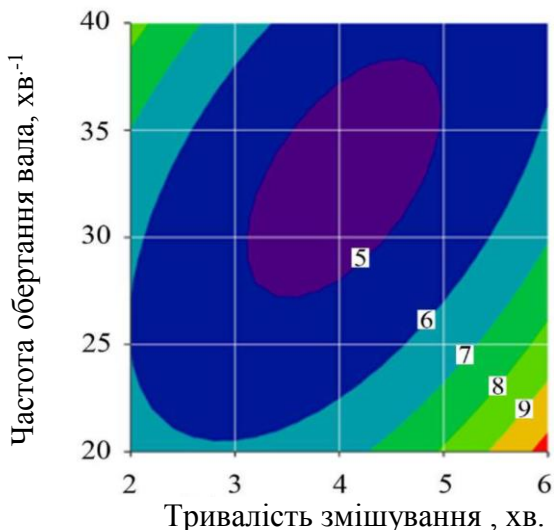


Рис. 3. Вплив тривалості змішування та частоти обертання вала змішувача на нерівномірність змішування (контрольний компонент – соняшникова олія)

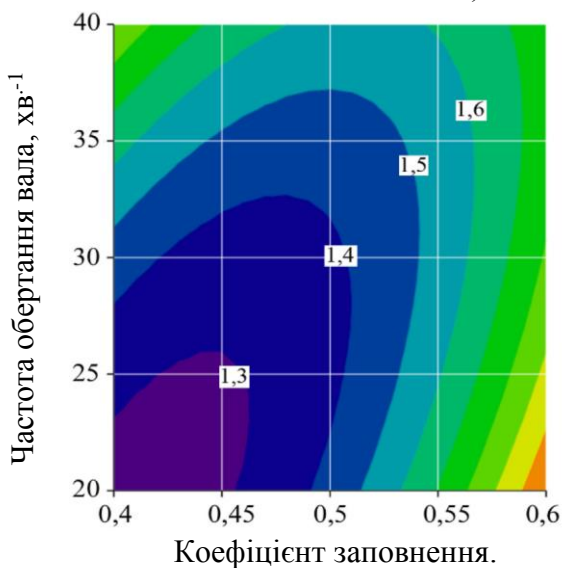


Рис. 4. Вплив частоти обертання вала змішувача та коефіцієнта заповнення змішувальної камери на питому енергоємність процесу змішування

Вплив зміни коефіцієнта заповнення камери змішувача на нерівномірність змішування порівняно з іншими факторами є менш значним, проте не слід завантажувати в змішувач компоненти об'ємом менше ніж 0,50 та більше ніж 0,55 від загального об'єму змішувальної камери.

Питома енергоємність процесу змішування знижується в разі зменшення всіх трьох чинників, однак їхнє зменшення нижче за раціональні значення призведе до збільшення нерівномірності змішування, що є неприйнятним. Встановлено, що за дотримання наведених вище раціональних значень технологічних параметрів процесу змішування ( $n = 30...35 \text{ хв}^{-1}$ ,  $k_3 = 0,50-0,55$ ,  $t = 3-4 \text{ хв}$ ) його питома енергоємність не перевищить 1,65 кВт-год/т.

У результаті проведених досліджень визначено раціональні значення параметрів і режимів роботи горизонтального порційного змішувача місткістю 3,0 м<sup>3</sup> зі шнеколопатеvim робочим органом при приготуванні кормосумішей, що відповідають зоотехнічним вимогам щодо нерівномірності змішування за умови мінімальної енергоємності процесу змішування компонентів.

**3. В. М. Боровський, ст. викладач, Ю. В. Заріцький, М. В. Ковальчук, М. О. Котенко, М. С. Крилас, Поліський національний університет, м. Житомир**

### **ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОСЛУГ РЕМОНТНОЇ БАЗИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗНИЖЕННЯ СОБІВАРТОСТІ ПРОДУКЦІЇ**

Сучасні машинобудівні підприємства оснащуються дорогим і різноманітним обладнанням, автоматизованими системами, роботизованими комплексами. Для безперебійної роботи обладнання із заданими характеристиками точності потрібне систематичне технічне обслуговування його та виконання ремонтних робіт і заходів з технічної діагностики.

Ремонтне господарство підприємства являє собою сукупність відділів і виробничих підрозділів, зайнятих аналізом технічного стану технологічного устаткування, наглядом за його станом, технічним обслуговуванням, ремонтом і розробленням заходів щодо заміни зношеного устаткування на більш прогресивне та поліпшення його використання. Виконання цих робіт має бути організовано з мінімальним простоем устаткування, у найкоротші строки і вчасно, якісно і з мінімальними витратами.

Організаційна і виробнича структура ремонтних служб залежить від низки чинників - типу й обсягів виробництва, його технологічних характеристик, розвитку кооперування при виконанні ремонтних робіт тощо. Ремонтну службу підприємства очолює відділ головного механіка підприємства (ВГМ). До складу ремонтного господарства великого машинобудівного підприємства входять ремонтно-будівельний цех, що виконує ремонт будівель і споруд, підпорядкований відділу або управлінню капітального будівництва; електроремонтний цех (або майстерня), що виконує ремонт енергообладнання і підпорядкований головному енергетику; ремонтно-механічний цех, який виконує ремонт технологічного та інших видів устаткування, виготовлення змінних частин, який підпорядкований головному механіку. Ремонтна база головного механіка, крім ремонтно-механічного цеху, охоплює мастильне та емульсійне господарство, склади устаткування і запасних частин.

У великих цехах є також ремонтні бази або майстерні, що перебувають у віданні механіка цеху.

Система ремонту і технічного обслуговування залежно від характеру та умов експлуатації обладнання може функціонувати в різних організаційних формах: у вигляді післяоглядової системи, системи періодичних ремонтів або системи стандартних ремонтів. За системи післяоглядових ремонтів за заздалегідь розробленим графіком виконуються огляди обладнання, у процесі яких встановлюється його стан і складається відомість дефектів. На підставі даних огляду визначають терміни і зміст майбутнього ремонту. Систему періодичних ремонтів і нормативну її частину покладено в основу типової системи технічного обслуговування і ремонту метало- і деревообробного обладнання. За цієї системи плануються терміни й обсяги ремонтних робіт усіх видів. Однак фактичний обсяг робіт коригується під час огляду. Ця система знаходить найширше застосування в машинобудуванні. За системи стандартних ремонтів обсяг і зміст їх плануються і суворо дотримуються незалежно від фактичного стану обладнання. Ця система базується на точно встановлених нормативах і застосовується до обладнання, непланова зупинка якого неприпустима.

На основі розрахунків розробляють річні графіки ППР, визначають трудомісткість майбутніх робіт і встановлюють штат ремонтного персоналу.

Ремонт і технічне обслуговування технологічного обладнання на машинобудівних підприємствах здійснюють ремонтно-механічні цехи та ремонтні служби цехів. Залежно від частки робіт, які виконують виробничі, ремонтно-механічні цехи і цехові ремонтні служби, розрізняють три форми організації ремонту: централізовану, децентралізовану і змішану. За централізованої форми всі види

ремонту, а іноді й технічне обслуговування виконує ремонтно-механічний цех підприємства (РМЦ). При децентралізованій вони виконуються силами цехових ремонтних баз (ЦРБ). На цих же базах виготовляють нові та відновлюють зношені деталі. За змішаної форми найбільш трудомісткі роботи (капітальний ремонт, модернізація обладнання, виготовлення запасних частин і відновлення зношених деталей) проводять у РМЦ, а технічне обслуговування та поточні ремонти – силами ЦРБ, комплексними бригадами слюсарів, які закріплюють за окремими дільницями. Зі збільшенням частки складного, прецизійного й автоматичного обладнання, з підвищенням вимог до якості продукції намітилася тенденція переходу від децентралізованої форми до змішаної.

Шляхи скорочення простою обладнання в ремонтах - важливе організаційно-економічне завдання. Його вирішення призводить до зменшення парку обладнання (або до збільшення випуску продукції), підвищення коефіцієнта його використання. Час простою обладнання в ремонті скорочується за вузлового і послідовно-вузлового методів ремонту. При вузловому методі ремонту окремі вузли замінюються запасними (оборотними), заздалегідь відремонтованими або новими. Застосування такого методу економічно доцільно для ремонту одномодельного обладнання. При послідовно-вузловому методі вузли, що потребують ремонту, ремонтуються не одночасно, а послідовно, під час перерв у роботі верстата (наприклад, у неробочі зміни). Цей метод можна застосувати для ремонту обладнання, що має конструкційно відокремлені вузли, які можна відремонтувати і випробувати окремо (конвеєрне обладнання ливарних цехів, автомати, агрегатні верстати). Впровадження вузлового і послідовно-вузлового методів ремонту є найважливішою умовою проведення трудомістких ремонтів у вихідні та святкові дні, а в умовах масового, особливо автоматизованого, виробництва це єдиний шлях виконання капітального та інших видів трудомістких ремонтів без зупинки виробництва.

Прогресивним напрямком організації ремонтного господарства є створення ремонтних баз на підприємствах-виготовлювачах обладнання. За такої організації підприємства-виготовлювачі стають зацікавленішими в удосконаленні конструкцій виробів, підвищенні їхньої ремонтпридатності та рівнозначності окремих їхніх частин. Особливо важливе значення має розвиток фірмового ремонту такого обладнання, як верстати з ЧПУ, автоматизовані та роботизовані комплекси.

Найважливіше завдання – домогтися, щоб усі підприємства, які експлуатують обладнання, а також спеціалізовані ремонтні підприємства були забезпечені запасними деталями. Усі види ремонтів виконуються за рахунок ремонтного фонду.

Основними напрямками вдосконалення ремонтного господарства та підвищення ефективності його функціонування можуть бути:

- у сфері організації виробництва – розвиток спеціалізації та кооперування у випуску основної продукції, в організації ремонтного господарства;
- у сфері планування відтворення ОПФ – застосування наукових підходів і методів менеджменту;
- у галузі проектування і виготовлення запасних частин – уніфікація і стандартизація елементів запасних частин, застосування систем автоматизованого проектування на основі класифікації та кодування, скорочення тривалості проектних робіт і підвищення їхньої якості;
- у сфері організації робіт - дотримання принципів раціональної організації виробництва (пропорційності, паралельності та ін.), застосування мережевих методів і ЕОМ;
- у сфері технічного нагляду, обслуговування та ремонту ОПФ - розвиток предметної та функціональної спеціалізації робіт, підвищення технічного рівня ремонтно-механічного цеху, посилення мотивації підвищення якості праці тощо.

Ефективність роботи ремонтного господарства багато в чому зумовлює собівартість продукції, що випускається, її якість і продуктивність праці на підприємстві, оскільки питома вага витрат на утримання та ремонт устаткування в собівартості продукції досягає 10 %. Головною причиною значних витрат на ремонт і технічне обслуговування технологічного устаткування є його низька якість, унаслідок чого витрати у сфері експлуатації продукції машинобудування за нормативний термін використання у 25 разів більші за її ціну. Порівняно з кращими зарубіжними зразками аналогічного класу вітчизняне технологічне устаткування і транспортні засоби потребують у 3 - 5 разів більше коштів на технічне обслуговування, використання і ремонт. Своєю чергою, низька якість вітчизняної продукції машинобудування пояснюється низькою якістю маркетингових досліджень, і як підсумок - питома вага вітчизняної продукції машинобудування, конкурентоспроможної на зовнішньому ринку, становила у 2005 р. лише близько 1 %. Звідси випливає, що ефективність ремонтного господарства залежить як від якості технологічного устаткування, що закладається на стадіях стратегічного маркетингу і реалізується

на стадії виробництва, так і від рівня організації роботи ремонтного господарства у сфері споживання устаткування.

#### 4. Є. О. Волинець, Вінницький національний аграрний університет

### ТЕХНОЛОГІЇ ІНАКТИВАЦІЇ АНТИПОЖИВНИХ РЕЧОВИН СОЇ

Якщо зерно сої не піддати попередній тепловій обробці, то його не можна використовувати в годівлі сільськогосподарських тварин. Більше того, такий корм може ще й негативно вплинути на здоров'я тварин. Це тому, що в сої є активні антипоживні речовини білкової природи, що втрачають свою активність при дії термічного фактора (табл. 1) [1].

Таблиця 1

Характеристика промислових способів теплової обробки бобів сої

Спосіб обробки	Режим роботи		Застосоване обладнання
	тривалість, хв.	температура, °C	
Варіння або запарювання	60	100	Пароварильний котел МЗС-244а, 374, Д9-41А, ВК-1
Прожарювання	10-20	180-200	Обжарювальний агрегат А9-ЮЖА, газова піч, сушильня ВС10-49
Екструдювання	0,2-0,3	110-160	Екструдери КМЗ-2, КМЗ-2М, ПЭК-125×8
Мікронізація	1-1,5	140-200	Конвеєрні установки для мікронізації
НВЧ-обробка	6-9	110	НВЧ-печі конвеєрного і карусельного типу
Вологотеплова обробка	5-30	120-140	Пропарювачі АСК-5 і АСК-10, апарат Неруша, А9-5П5, шнековий пропарювач, вібропропарювач, тепла камера КТС02

Джерело: сформовано за результатами [2]

Однак, низькомолекулярні сполуки антигормони і антивітаміни мають високу термостабільність. Контроль за знешкодженням антипоживних речовин і придатність до згодовування тваринам кормів із сої у світовій практиці проводиться шляхом визначення активності інгібіторів трипсину. Інгібітори трипсину володіють приблизно половиною антипоживної активності серед анти поживних сполук бобів сої, вони також найбільш термостабільні порівняно з іншими білковими анти поживними речовинами. На практиці рівень термоінактивації антипоживних речовин у бобах сої визначають за активністю уреаз, інактивація якої відбувається паралельно з інактивацією інгібіторів трипсину [1].

Процес термоінактивації антипоживних речовин сої до заданого рівня за часом має нелінійний характер, що можна представити наступним рівнянням  $t = aT - b$ , де  $t$  – час термообробки,  $T$  – температура, а  $a$  і  $b$  – коефіцієнти характерні для даного способу обробки (рис. 1).

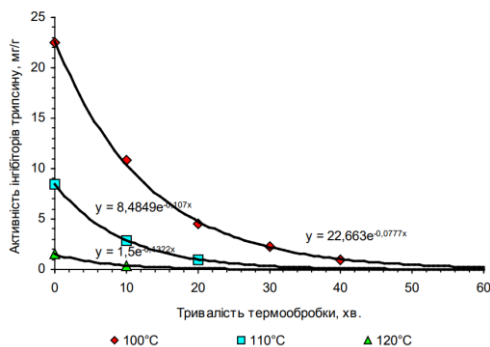


Рис. 1. Руйнування інгібіторів трипсину сої при 100°C, 110°C, 120°C у залежності від тривалості термообробки

Джерело: сформовано за результатами [3]

У результаті термообробки підвищується поживна цінність бобів, а саме: перетравність білків зростає до 90 %, значно знижується зараженість бобів мікрофлорою.

Згідно досліджень [4] кількість антипоживних речовин у соєвих бобах після обробки ростером Roast-A-Matic суттєво зменшується (табл. 2).

Уреазна активність у зернобобах після смаження знизилась до безпечного і практично мінімального середнього рівня в  $0,04 \pm 0,003$  од. рН. Показники сирової сої містять високонебезпечний рівень активності уреаз, що ще раз підтверджує необхідність попередньої обробки сої перед згодовуванням. Кількість інгібітора трипсина у соєвих бобах після смаження ростером вірогідно знизилась в 2,45 раз, а активність ліпоксигенази – у 2,71 рази.

Таблиця 2

**Зміни деяких компонентів у сої після смаження ростером Roast-A-Matic**

Склад	Сира соя	Смажена соя
Уреазна активність, од. рН	$2,16 \pm 0,14$	$0,04 \pm 0,003$
Інгібітор трипсина, мг/г	$7,20 \pm 0,63$	$2,94 \pm 0,58$
Активність ліпоксигенази, од. акт.	$0,19 \pm 0,045$	$0,07 \pm 0,006$

Джерело: сформовано за результатами [4]

Із найбільш привабливих та високоефективних, але не достатньо досліджених є метод термічної обробки насіння зернобобових культур під назвою мікронізація, тобто обробка зернобобових культур під назвою мікронізація, тобто обробка насіння інфрачервоними променями із довжиною хвилі 1500...3500 нм. При цьому процес інактивації антипоживних речовин бобів сої відбувається дуже швидко – протягом 50...70с, значно підвищується поживна цінність білка, також енергетична цінність збільшується (приблизно від 7800 до 16000 кДж/кг).

Ефективність мікронізації бобів сої залежить від таких основних факторів:

- максимального (більш повного) використання променевого потоку інфрачервоного випромінювання;

- забезпечення максимально рівномірного опромінення всієї поверхні бобів сої;

- забезпечення рівномірного руху бобів сої в термокамері;

- максимального ступеню автоматизації процесу.

Порівняно з іншими методами термічної обробки бобів сої «високотемпературна мікронізація» має значні переваги, зокрема при сучасних темпах розвитку інформаційних технологій цей процес може бути повністю автоматизовано і мати найвищу ефективність [5].

В Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН розроблена технологія знешкодження анти поживних речовин бобів сої, яка ґрунтується на їх термічній обробці в 2,5 %-му розчині гідроксиду кальцію. Суть технології знешкодження анти поживних речовин в зерні сої полягає в тому, що боби подрібнюють на ДКУ до борошна, замочують водою в співвідношенні 1:4. У процесі замочування в таку кормову масу додають гідроксид кальцію в кількості 25 г/кг борошна. Величина рН суміші становить 11,6-12,0. Одразу після замочування суміш нагрівають до температури 90-95°C при постійному помішуванні. Нагрівання можна здійснювати в будь-яких котлах типу ВК-100, ВК-1 при допомозі гострої пари (ВКВ300). Процес термообробки при заданій температурі триває 40 хв. Обробка бобів сої по розробленій технології дає змогу отримати корм без уреазної активності, а вміст інгібітору трипсину знаходиться на рівні 2-3 мг/г [6].

Необхідно підкреслити, що теплові способи обробки зерна бобових культур на даний час є основними. При дії високої температури на біополімери відбуваються термохімічні реакції з відщепленням води: розрив дисульфідних зв'язків, внаслідок чого втрачається функціональна активність антиферментів. Треба пам'ятати, що при невідповідних режимах обробки відбуваються реакції взаємодії білків та амінокислот з редуруючими цукрами. Сполуки, що утворюються при цих реакціях, мають коричневе забарвлення і є токсичними для організму тварин [7].

### Висновки

Незважаючи на досягнуті успіхи, існують додаткові напрями досліджень, такі як використання комбінованих методів інактивації, щоб підвищити ефективність процесу та розробка нових технологій, спрямованих на подальше покращення якості та корисності обробленої сої.

Впровадження сучасних технологій інактивації може мати значний позитивний вплив як на промисловість, забезпечуючи покращену якість продуктів на основі сої, так і на здоров'я споживачів, знижуючи вміст антипоживних речовин, які можуть бути шкідливими.

### Список літератури

1. Радчук О.В., Плавинська С. В. Обґрунтування оптимального вибору методу теплової обробки зерна бобових культур. *Вісник СНАУ*. 2010. №1 (21). С. 37–41.
2. Плавинська С.В. Мікронізація бобів сої – перспективний метод отримання якісного продукту для кормовиробництва (кормоприготування). *Сучасне птахівництво*. 2011. №11/12. С.26–28.

3. Обертюх, Ю. В. Антипоживні речовини сої, їх інактивація та технології переробки соєвих бобів на промисловій основі й в умовах господарства. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 62–71.
4. Шевченко А. М., Фещенко Д. В., Романишина Т. О. Ростерна обробка сої, як спосіб деактивації антипоживних речовин. *Матеріали науково-практичної онлайн конференції «Безпечність та якість харчових продуктів у концепції «Єдине здоров'я» (м. Львів, 1-2 червня 2023 р.)*. Львів, 2023. С. 39-40.
5. Плавинський В. І., Плавинська С. В., Плавинська О. В. Проблеми мікронізації бобів сої. *Механізація та автоматизація виробничих процесів*, 2016. № 10/2 (30). С. 127–132.
6. Ратич І., Гунчак А., Кирилів Б. Навмисна руйнація. *Наше птахівництво*. 2013. № 2. URL: [https://agrotimes.ua/article/navmisna\\_rujnaciya/](https://agrotimes.ua/article/navmisna_rujnaciya/) (дата звертання 01.02.2024).
7. Антипоживні речовини сої та способи їх нейтралізації. Сучасний технологічний погляд. *Анкорекс* : веб-сайт. URL: <https://www.ankores.com.ua/ua/publications/antipozhivni-rechovini-soyi-ta-sposobi-yih-nejtralizaciyi-suchasnij-tehnologichnij-poglyad/> (дата звертання 20.03.2024).

**5. С. В. Міненко, к.т.н., доцент, М. Р. Груницький, О. В. Диняк, А. В. Прищеп, М. В. Турбал, Поліський національний університет, м. Житомир**

### **СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛІВ**

Основним призначенням підприємств технічного сервісу, які вже діють або тільки проєктуються, є підтримання та відновлення працездатного стану техніки при застосування ремонтно-обслуговувальних впливів певного обсягу у встановлені строки з регламентованою якістю і мінімальними трудовими та фінансовими витратами.

Працездатний стан автомобіля підтримується застосуванням планово-попереджувальної системи (ППС) технічного обслуговування (ТО) і ремонту.

Для підтримання і відновлення якості автомобілів необхідна система технічного обслуговування і ремонту, що являє собою комплекс: виконавців, документації та засобів з технічного обслуговування і ремонту.

Перед системою технічного обслуговування стоїть мета забезпечення відповідності автотранспортних засобів (АТЗ) вимогам, які встановлюються підприємством-виробником, а також зростання ефективності від використання автотранспортних засобів споживачами.

Таким чином, упродовж усього часу роботи експлуатації автомобіля допомагає підтримання його технічного стану, що використовує комплекс технічних впливів (з метою забезпечення працездатності), які розділяються залежно від мети і характеру на дві групи:

1) впливи, що дають змогу підтримувати в працездатному стані агрегати, механізми та вузли автомобіля протягом найтривалішого часу експлуатації;

2) впливи, що дають змогу відновлювати працездатність агрегатів, механізмів і вузлів автомобіля, втрачену раніше.

До першої групи належать дії, що мають попереджувальний характер і становлять базис системи технічного обслуговування. До другої групи входять заходи з ремонту та відновлення.

Під технічним впливом розуміють будь-яку з операцій, що дають змогу відновити або зберегти параметри автотранспортних засобів, зокрема систем та їх складових частин тощо за підсумками технічного обслуговування або ремонту, а також операції з перевірки на відповідність технічного стану автомобіля представленим вимогам.

У цьому разі масштаби і серйозність технічних впливів і залежна від них економічна ефективність визначаються загальною метою системи, тобто підтриманням автомобіля в працездатному стані протягом усього часу його використання за призначенням.

Від показників надійності конструкції та умов технічної експлуатації залежить технічний стан автотранспортних засобів. Але у системи ППС також є і недоліки, такі як: не враховуються відмінні риси кожного автотранспортного засобу і його об'єктивний технічний стан.

Цю проблему можна розв'язати після переходу на ефективнішу стратегію підтримання автомобіля в працездатному стані за реальним технічним станом (стратегія технічного обслуговування і ремонту автомобіля за фактичним станом – СФТС). Проблема створення і робоча діяльність СФТС визначається ускладненням конструкції автомобілів, а також підвищенням вимог щодо експлуатації та екології, що збільшує вартість виготовлення і витрат на експлуатацію.

Загальний характер технічних впливів на автомобіль дає змогу виразити ТО і ремонт у вигляді єдиної цілісної системи. Поставлені перед СФТС цілі збігаються з цілями ППС і полягають в управлінні

технічним станом АТС за допомогою забезпечення його працездатності впродовж усього терміну експлуатації або ресурсу, звівши до мінімуму витрати коштів, часу і сил на виконання впливів.

Втілення цих цілей відбувається завдяки організації оптимальної послідовності технічних впливів на АТС, призначення яких залежить від зміни його технічного стану.

Використання апостеріорної інформації (більш інформативної) про технічний стан АТС дає перевагу СФТС, даючи змогу пристосуватися до реальних умов функціонування виробів.

Можливі такі варіанти функціонування СФТС:

- 1) з постійним обсягом технічного впливу в прогнозований період;
- 2) зі змінними періодом і обсягом.

Перший варіант передбачає вибір часу проведення технічного впливу на автомобіль, на що може вплинути поява відмови до наступного контролю технічного стану, але обсяг робіт не змінюється. У другому випадку обсяг технічних впливів визначається з міркування, щоб протягом періоду між технічними впливами не сталося відмови автомобіля. Таким чином, кращою є стратегія, що включає контроль параметрів технічного стану АТС, що дає змогу виявити несправності на більш ранніх стадіях і усунути їх у відповідний момент виникнення.

Нині технічна забезпеченість і фінансові можливості сільськогосподарських підприємств характеризуються різною затребуваністю до оновлення машинно-тракторного парку та видів послуг з технічного сервісу.

Великі фірми-виробники техніки, як правило, намагаються формувати "свої" індивідуальні системи продажів і обслуговування техніки. Нині жоден великий виробник техніки не виступає на світовому ринку як чистий виробник, він завжди представляє себе і як постачальника послуг з технічного сервісу своєї продукції.

Технічний сервіс споживачів товарів - це комплекс робіт і послуг, які виконує служба технічного сервісу підприємства-виробника для забезпечення захисту прав і соціоекономічної задоволеності споживача за підсумками (у період) експлуатації придбаного товару.

У підсумку однією з головних функцій технічного сервісу позначається пошук нових клієнтів і збереження вже наявної бази споживачів, готових на продовження співпраці з підприємством.

Обслуговування споживачів у технічному центрі виражається в прагненні диференціювати продукт, що випускається, тобто виокремити і розвинути позитивні властивості, що відрізняють його від аналогів.

Цим забезпечується лояльність споживачів до фірми, що допомагає збільшити продажі і відповідно прибуток.

Технічний сервіс містить такі види робіт: розробка ремонтної документації, обкатування, технічне обслуговування, зберігання, діагностика та ремонт у гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації, оренда нової та підтриманої техніки, продаж техніки на умовах лізингу, продаж запчастин, підготовка персоналу та інші роботи, пов'язані з технічною експлуатацією машин.

Найоптимальнішою формою організації технічного сервісу з боку підприємства-виготовлювача є дилерська, оскільки не потребує вкладення великих коштів. Реалізація техніки, запасних частин і послуг технічного сервісу через дилерську мережу забезпечує економію коштів компанії, водночас розширюючи її збутову мережу.

Дилер – фізична або юридична особа, яка здійснює на основі договорів маклерські послуги в інженерно-технічній сфері з матеріально-технічного забезпечення споживачів технікою та її технічного сервісу протягом усього терміну експлуатації на закріпленій за ним території.

Дилерські центри - високоефективний однорівневий канал між підприємством-виробником і споживачем.

Дилери розв'язують проблеми, що виникають під час збуту товару споживачеві, такі як віддаленість покупця і продавця і, як наслідок, невідповідність пропозиції і попиту. Таким чином, посереднику, розташованому поблизу потенційного покупця, легше провести маркетингові дослідження для визначення запитів конкретного ринку або його сегментів.

Дилерська форма найбільшого поширення набула за межами нашої країни. Приблизно 85% фірм виробників організують продаж, гарантійне і післягарантійне технічне обслуговування і ремонт, постачання запасних частин через дилерську мережу. Наприклад, основою моделі технічного сервісу в Європі є технічні центри, призначені для обслуговування і ремонту автомобілів одного бренду. У нашій країні стратегія вітчизняних виробників у своїй основі повинна передбачати для техніки організацію фірмового сервісу, інакше її конкурентоспроможність падатиме.



Аналіз форм організації сервісу в інших країнах показує, що крім різних підприємств фірмового сервісу, створених автовиробниками, поширена розгалужена мережа малих фірм і підприємств із техобслуговування.

Великі автовиробники під час початку експорту своїх автомобілів на ринок Росії завчасно створюють систему технічного обслуговування і ремонту. Система ТО і ремонту забезпечує працездатність техніки, використовуючи комплекс заходів, що охоплює: доскладання, передпродажне обслуговування і технологічне регулювання, ТО із застосуванням засобів діагностування, поточний і капітальний ремонт, зберігання.

Існують три основні види проведення ремонтно-обслуговувальних впливів (РОВ): - після відмови техніки; - стратегія планово-попереджувального впливу; - обслуговування за станом безперервним або періодичним контролем.

У першому випадку ремонт проводиться після настання непрацездатності машин. У другому - обслуговування і ремонт проводиться незалежно від стану складових елементів автомобіля, по досягненню певного напрацювання, тобто має планово-попереджувальний характер. А найбільший ефект представляє обслуговування за фактичним станом з використанням діагностичних засобів з безперервним або періодичним контролем.

У системі технічного сервісу технічне обслуговування призначене для підтримання автомобілів у справному стані, у т. ч. запобігання передчасному зношуванню і поломкам деталей, вузлів, механізмів, агрегатів. Воно є профілактичним заходом, який проводять у плановому порядку. Кожен вид технічного обслуговування складається з переліку індивідуальних операцій, що виконуються при досягненні певного напрацювання або при зміні умов використання машини. Відмінна риса ТО автомобілів пов'язана зі специфікою їхньої експлуатації, зокрема на об'єктах, що знаходяться далеко від стаціонарних баз ремонту.

При цьому від режимів ТО і ремонту, тобто переліків робіт, їхньої трудомісткості та періодичності виконання залежить потреба в постах для ТО і ТР, робочій силі, матеріалах, кваліфікації та спеціальності ремонтних робітників, тип і кількість застосовуваного обладнання, планувальні рішення приміщень і постів, а також сама технологія й організація виробничого процесу сервісного підприємства.

Технічне обслуговування автомобілів включає три етапи:

- передпродажне обслуговування;
- ТО в гарантійний період;
- ТО в післягарантійний період.

Передпродажне обслуговування передбачає перевірку працездатності основних вузлів і агрегатів автомобіля, регулювання окремих вузлів у разі потреби та підтяжку кріпильних елементів, змащувальні роботи, випробування і перевірку автомобіля на ходу, ліквідацію ушкоджень, отриманих під час транспортування, надання автомобілю найкращого товарного вигляду.

Сервіс виробу з моменту продажу містить у собі: роботи з монтажу та налагодження; технічні консультації; авторський нагляд за експлуатацією; навчання техперсоналу споживача обслуговуванню та використанню в роботі техніки; поставку запасних частин і СТО для ТО та ремонту; власне проведення ТО, ремонту та модернізації техніки; розгляд рекламаций та усунення дефектів; аналітику даних з надійності та потреби у запчастинах і т.д. Заміна деталей під час гарантійного періоду проводиться безоплатно за відсутності порушень правил, викладених у документації.

Договори на обслуговування машин у дилерських центрах зазвичай укладаються на весь термін експлуатації та бувають трьох видів: планове обслуговування; комплексний сервісний супровід; обслуговування на вимогу. Комплексний супровід передбачає, що всі роботи обслуговування і ремонту, крім щозмінних, проводить дилер. Відмінність планового супроводу полягає в тому, що нескладні операції обслуговування виконуються механіками. В обслуговуванні на вимогу надходить заявка на діагностику, ТО або ремонт, яка виконується фахівцями дилера, зокрема й на місці експлуатації.

Великою і важливою складовою системи заходів технічного сервісу є організація маркетингу запасних частин, постачань у необхідній кількості та згідно з номенклатурою. У разі відсутності необхідної деталі або вузла час руху від її виготовлення до моменту постановки на ремонтвану машину не повинен перевищувати десяти днів, що відповідає вимогам сучасного сервісу. Із цього випливає, що завдання дилера – постачання запасних частин у необхідному обсязі та номенклатурі, щоб втрати власників унаслідок простою техніки були мінімальними.

Для забезпечення власників необхідною інформацією центри технічного сервісу мають у своєму розпорядженні каталоги моделей, проспекти, прайс-листи та інші POS-матеріали, дозволені для

використання дилерами. Фірми видають проспекти, в яких показано їхні можливості в галузі ТО і ремонту, зокрема: адреси підприємств сервісу та гарантійного обслуговування, наявність пересувних автомайстерень тощо. Також існує необхідність забезпечити швидкий доступ продавців до інформації, для виконання оперативного порівняння наявних пропозицій, що підвищить лояльність клієнтів дилерських центрів.

Таким чином, можна зробити висновок, що висока організація технічного обслуговування і ремонту є рекламою його якості та гарантією реалізації ресурсу в процесі експлуатації.

**6. М. О. Романовський, студент, О. В. Тесленко, студент, О. І. Гузь, студент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми**

### **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА ПРИ ВНЕСЕННІ ЗЗР**

Основними знаряддями внесення засобів захисту рослин (ЗЗР) на полі залишаються самохідні, причепні та малі навісні оприскувачі, при цьому мала авіація також використовується, хоча попит на неї стрімко знижується. За останні роки підхід до внесення ЗЗР кардинально не змінився.

Майбутні напрямки розвитку засобів обприскування орієнтовані на поліпшення зменшення використання ЗЗР, точності виконання та підвищення швидкості обробки полів. Продовжують набирати обертів робочі ініціативи ультрамалооб'ємного внесення ЗЗР за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [1].

Сама процедура внесення не є складною – обробка пестицидами розчиненими у воді ґрунту або рослин. Однак, недостатня якість виконання операції або перевищена концентрація пестицидів у воді може призвести до зниження врожайності або навіть до повної втрат посівів.

Використання агродронів має значну перевагу у підвищенні ефективності та продуктивності операцій у агровиробництві. Сучасні БПЛА обладнані вдосконаленими технологіями зображення, датчиками та GPS, що дозволяє здійснювати точне та цілеспрямоване внесення добрив, пестицидів та гербіцидів.

Які ж переваги можна виділити при внесенні ЗЗР БПЛА [2, 3]:

- покращення покриття рослин за рахунок зменшення кількості крапель та створення притискового тиску за допомогою лопатей агрокоптерів;
- уникнення наїздів на рослини, їх ушкодження або повного знищення, запобіганню перекриттю областей обприскування і уникненню пропусків у обробці;
- економія води та зменшення кількості ЗЗР;
- уникнення прямого контакту працівників зі шкідливими хімічними речовинами;
- здійснення обприскування в умовах, коли трактор не може заїхати на поле після дощу;
- у періоди з великою кількістю опадів, коли необхідне внесення фунгіцидів, але погодні та ґрунтові умови не дозволяють проводити обприскування, агродрон може швидко виконати цю роботу в обмежені "вікна" між дощами.

Треба також додати до переваг використання БПЛА при внесенні ЗЗР, високу продуктивність, за короткий проміжок часу агродрон проведе обробку великих територій, що в свою чергу залежить від продуктивного використання коефіцієнту часу зміни ( $\tau$ ). Забезпечуючи точне розпилення засобів захисту рослин, БПЛА можуть більш ефективно спрямовуватися на конкретні ділянки, контролюючи шкідників і хвороби, що призводить до збільшення здоров'я врожаю та підвищення урожайності. Крім того, заощадження часу та зменшення трудових витрат сприяють загальній ефективності агровиробництва.

При такій кількості переваг у використанні БПЛА є і слабкі сторони, які необхідно брати до уваги, а саме, обмежений час у повітрі, необхідність утримувати апарат в прямому полі зору для забезпечення точності, неможливість використання БПЛА через вітряні та дощові умови. Недосконале правове регулювання таке, як порушення приватності та розголошення особистих таємниць. Також, можуть виникнути небезпечні ситуації: пошкодження майна інших громадян або травмування людей при неконтрольованих приземленнях [4].

В Україні агровиробництво є однією з провідних галузей, у всьому світі третина населення живе за рахунок продуктів агровиробництва. Інноваційні технології «Precision Farming», одні з яких дрони, на старті потребують значних фінансових вливань, але потім, в процесі їх використання ефективність росте, а з нею ростуть і прибутки.

На основі проведеного дослідження щодо ефективності використання БПЛА в аграрному виробництві слід зауважити, що необхідно зосередження досліджень на більш детальному аналізі

роботи агродронів у реальних умовах та основі цих досліджень визначення ефективності та продуктивності їх використання в порівнянні з класичними підходами внесення ЗЗР.

#### **Список використаної літератури:**

1. Артем Беленков & Віталій Шуберанський. Як підвищити ефективність внесення засобів захисту рослин? *SmartFarming*. URL: <https://www.smartfarming.ua/yak-pidvyshchyty-efektyvnist-vnesennya-zasobiv-zakhystu-roslyn/>;
2. Внесення ЗЗР та добрив дронами — гід аграрія по можливостям, проблемам та постачальникам послуг. *AGGEEK*. URL: <https://aggeek.net/ru-blog/vnesennya-zzr-ta-dobriv-dronami--gid-agrariya-pomozhivostyam-problemam-ta-postachalnikom-poslug> (дата звернення: 9 июня 2021);
3. АГРОДРОНИ: плюси і мінуси використання БПЛА для захисту рослин. Погляд з Європи. *Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу*. URL: <https://propozitsiya.com/ua/agrodrony-plyusy-i-minusy-vykorystannya-bpla-dlya-zahystu-roslyn-poglyad-z-yevropy> (дата звернення: 17.08.2023);
4. Юн Г. М., Мединський Д. В. Застосування безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві. *Наукоємні технології*. 2017. № 4(36). С. 335-341. <https://doi.org/10.18372/2310-5461.36.12232>.

**7. С. О. Білецький, к.т.н., доцент, С. О. Заруцький, О. Й. Іваніцький, О. В. Каменчук, Поліський національний університет, м. Житомир**

#### **ДОСВІД ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ В США**

Фірми-виробники сільськогосподарської техніки в зарубіжних країнах реалізують продукцію через власні компанії, агентів і незалежних дилерів. Оптова ланка в збуті сільськогосподарської техніки представлена оптовими базами або регіональними центрами. Нині форма незалежної оптової мережі в США практично не використовується, оскільки найбільші промислові компанії продають продукцію через власну збутову мережу.

Різноманітна і розгалужена збутова мережа налічує близько 200 збутових відділень фірм-виробників, понад 1 тис. регіональних центрів (оптові торговці) і близько 12 тис. дилерів. У мережі збуту і технічного обслуговування зайнято близько 100 тис. осіб. Очевидна перевага такої ієрархічної структури збутової мережі спостерігається в різкому скороченні кількості звернень на фірму і, відповідно, зменшенні навантаження на її маркетинговий підрозділ.

Система технічного обслуговування машин у країнах Західної Європи має подібну до США організацію, але водночас має свої особливості. Деякі фірми-виробники прагнуть до організації фірмової мережі майстерень, тобто до створення ремонтних і сервісних точок по всій країні, де можна швидко та якісно усунути будь-яку несправність у техніці, що постачається фермерам. У Швеції, наприклад, з усього обсягу ремонтних робіт 43% виконується на фермах, 33% припадає на фірмове обслуговування, 24% - на інші підприємства (переважно дилерські).

Встановлено, що не тільки в США, а й Німеччині, Франції, Англії, Італії та інших країнах упроваджено спеціальну програму обслуговування сільськогосподарських машин, яка передбачає такі зобов'язання фірм-виробників і дилерів:

забезпечення високої надійності та ремонтпридатності техніки, що поставляється;

пряму відповідальність дилерів перед фермером за технічне обслуговування машин протягом усього терміну їх експлуатації, а також матеріальну відповідальність фірм-виробників перед дилерами за якість продукції, що поставляється;

організацію обслуговування машин незалежно від їхньої кількості та територіальної роз'єднаності техніки; розробку методів організації праці під час обслуговування, керівництв з використання та обслуговування машин;

підготовку кваліфікованих кадрів ремонтників;

забезпечення ремонтних майстерень пристосуваннями та інструментом до початку масового виробництва машин;

безперебійне постачання дилерів запасними частинами; збір інформації фірмами-виробниками через дилерську мережу про працездатність машин і характер відмов техніки.

Практика виробничо-технічного обслуговування в розвинених країнах із ринковою економікою дають змогу виділити три основні форми організації технічного сервісу: фірмами-виготовлювачами (фірмовий технічний сервіс), через посередницькі фірми і безпосередньо самим споживачем.

Як свідчить практика США та країн Західної Європи, сучасною формою організації технічного сервісу є система, в якій основним виконавцем усього комплексу робіт з обслуговування

сільськогосподарських товаровиробників виступають незалежні посередницькі фірми (дилери) і спеціалізовані фірми з відновлення та капітального ремонту вузлів і агрегатів.

Проведення ремонтно-обслуговуючих заходів власними силами виробників сільськогосподарської продукції як різновид технічного сервісу пов'язане насамперед із масштабами та економічною ефективністю їхньої діяльності. Це зумовлено тим, що за значних площ оброблюваних сільськогосподарських угідь, а відтак і численного парку машин та обладнання часто доцільніше проводити, наприклад, поточний ремонт і всі види технічного обслуговування на власній ремонтно-обслуговуючій базі, оснащеній необхідним обладнанням і персоналом, та використовувати послуги сервісних організацій для виконання робіт, пов'язаних із відновленням ресурсу складної сільськогосподарської техніки.

**8. Б. В. Болтянський, к.т.н., доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного**

### **СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ В ТВАРИННИЦТВІ**

Проведення своєчасного та раціонального технічного сервісу машин у тваринництві обумовлюється зростаючими витратами одноразових інвестицій та поточних витрат на його проведення. У структурі витрат на виробництво продукції тваринництва значна питома вага припадає на підтримку техніки у працездатному стані (в залежності від рівня її зносу, на неї припадає від 5-7% до 10-12%). Тобто, витрати на технічний сервіс обладнання тваринницьких ферм прирівнюються до витрат на енергетичне забезпечення виробництва. Такий стан справи обумовлюється не лише старінням парку машин та обладнання, а також ускладненням конструкцій техніки, посиленням вимог до її надійності та працездатності [1].

Суттєвий негативний вплив на якість продукції має застосування несправного технологічного обладнання. В умовах ринкових відносин дуже актуальним питанням є удосконалення та реконструкція раніше існуючої системи технічного сервісу. При цьому пріоритет при вдосконаленні системи технічного сервісу має бути відданий товаровиробнику. В умовах ринку ремонт як технічно та економічно доцільний процес продовження терміну служби машин та забезпечення їх експлуатаційної надійності зводиться до операцій розбирання та оперативної заміни деталей і вузлів, що відмовили, з дотриманням технічних умов для відремонтованої продукції.

Технічний сервіс в тваринництві включає наступний комплекс послуг: вивчення потреб споживачів у машинах і послугах; надання інформаційно-консультативних послуг; забезпечення споживачів запасними частинами, обладнанням, машинами; навчання споживачів правилам експлуатації машин і обладнання; проведення діагностики, технічного обслуговування і ремонту машин; проведення механізованих робіт; організацію послуг з прокату, оренди тощо [2].

Обґрунтована і чітка організація технічного сервісу фермської техніки із застосуванням засобів діагностування забезпечує належну якість обслуговування сільськогосподарської техніки, сприяє технічній готовності машин і обладнання, не допускає їх передчасного виходу із експлуатації.

Належна організація технічного сервісу в повному обсязі і з належною якістю забезпечить відчутний економічний ефект. У результаті суттєво зменшаться поточні витрати на ремонт техніки, підвищиться коефіцієнт готовності, буде можливість виконати роботи у встановлені терміни [3].

Система організації технічного сервісу повинна будуватися, виходячи з пріоритету виробників фермської техніки, а також конкуренції між її виконавцями (дилерські пункти, машинно-технологічні станції тощо).

Існує ряд загальноприйнятих норм, дотримання яких застерігає фірму або дилера від помилок у процесі організації системи технічного сервісу [4]:

1. **Обов'язковість пропозиції.** У глобальному масштабі компанії, що виробляють високоякісні товари, але погано забезпечують їх супутніми послугами, ставлять себе у дуже невигідне положення.
2. **Необов'язковість використання.** Фірма не повинна нав'язувати клієнтові сервіс.
3. **Еластичність сервісу.** Пакет сервісних заходів фірми може бути досить широкий: від мінімально необхідних – до максимально доцільних.
4. **Зручність сервісу.** Сервіс повинен надаватися в тому місці, у той час і в такій формі, які влаштовують покупця.
5. **Технічна адекватність сервісу.** Сучасні сільськогосподарські підприємства у більшій мірі оснащуються новітньою технікою, що різко ускладнює технологію виготовлення машин і обладнання. І якщо технічний рівень обладнання і технології сервісу не буде адекватний виробничому, важко

розраховувати на необхідну якість сервісу. Також даний принцип вимагає розробки та впровадження особливого типу технології й обладнання для сервісних центрів. Особливість ця полягає в тому, щоб «зтягнути» у кожний центр робототехнічний комплекс, потужну електроніку, таку, на якій виготовляли виріб на заводі, нереально, але якість сервісу страждати від цього не повинна: споживача цікавлять свої проблеми, а не проблеми виробника. Звідси виникає необхідність створення оригінальних технічних рішень спеціально для технології сервісу. У США ринок обладнання тільки для області сервісу оцінюється в \$7-9 млрд.

6. Інформаційна віддача сервісу. Керівництво фірми-виробника повинне прислухатися до інформації, що може видати служба сервісу щодо експлуатації товарів, про оцінки та думки клієнтів, поведінку та прийоми сервісу конкурентів тощо.

7. Розумна цінова політика у сфері сервісу. Сервіс повинен бути не стільки джерелом додаткового прибутку, скільки стимулом для придбання товарів фірми та інструментом становлення довіри покупців.

8. Гарантована відповідність виробництва сервісу. Сумлінне ставлення до споживача, виробник буде суворо й жорстко розподіляти свої виробничі потужності з можливостями сервісу й ніколи не поставить клієнта в умови «обслужиш себе сам».

В основні завдання системи технічного сервісу входить [5]:

1. Консультування потенційних покупців перед придбанням ними тваринницького обладнання даного підприємства, що дозволяє їм зробити усвідомлений вибір.

2. Підготовка персоналу покупця (або його самого) до найбільш ефективної та безпечної експлуатації придбаної техніки.

3. Передача необхідної технічної документації дозволяє фахівцям тваринницької ферми належним чином виконувати свої функції.

4. Передпродажна підготовка обладнання, щоб уникнути найменшої відмови у його роботі під час демонстрації потенційному покупцеві.

5. Доставка машин та обладнання на місце експлуатації таким чином, щоб звести до мінімуму ймовірність його ушкодження в дорозі.

6. Приведення техніки у робочий стан на місці експлуатації (установка, монтаж) і демонстрація його працівникам ферми в дії.

7. Забезпечення повної готовності обладнання до експлуатації протягом усього терміну перебування його у споживача.

8. Оперативне постачання запасних частин і розвиток для цього необхідної мережі складів, тісний контакт із виробниками запасних частин.

9. Збір і систематизація інформації про те, як експлуатується техніка споживачами (умови, тривалість, кваліфікація персоналу тощо) і які при цьому висловлюються зауваження, скарги, пропозиції.

10. Участь в удосконалюванні та модернізації техніки за результатами аналізу зазначеної вище інформації.

11. Збір і систематизація інформації про те, як здійснюють сервісну роботу конкуренти, які нововведення сервісу вони пропонують клієнтам.

12. Допомога службі маркетингу підприємства в аналізі та оцінці ринків, покупців і товару.

13. Формування постійної клієнтури ринку за принципом: «Ви купуєте наші машини та обладнання і використовуєте їх – ми робимо все інше».

Рациональна організація технічного сервісу дозволяє скоротити до 10% часу на технічне обслуговування і ремонт, на 22-25% збільшити напрацювання на технологічне обладнання і на 30-45% підвищити його продуктивність [6].

Таким чином, основні сучасні тенденції технічного сервісу в агропромисловому комплексі країни, зокрема в тваринництві, повинні включати:

- розробку і впровадження виробниками сільськогосподарської (фермської) техніки надійного і ефективного устаткування (в тому числі і мобільних засобів обслуговування) з можливістю адаптації до різних умов використання;

- забезпечення самостійності вибору техніки та сервісних фірм на підставі якісної орієнтації споживачів в питаннях передпродажного та гарантійного і післягарантійного технічного обслуговування;

- спеціалізацію технічних сервісних центрів (підприємств);

- створення раціональної організації постачання запасних частин, їх складування із забезпеченням нормативних вимог технічного обслуговування і ремонту техніки;
- прагнення до самообслуговування техніки в умовах сільськогосподарських підприємств;
- підготовку фахівців з технічного сервісу, яка повинна передбачати потреби, що пов'язані із постачанням нової продукції і особливостями її будови та експлуатації.

#### Список літератури

1. Болтянський Б.В., Болтянська Л.О. Обґрунтування економічної доцільності технічного сервісу обладнання тваринницьких підприємств. Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: XI Міжнародна науково-технічна конференція, смт Глеваха Київської області – м. Київ, Україна, 3-22 жовтня 2022 року: матеріали конференції. Глеваха-Київ. 2022. С.14-16.
2. Болтянський Б.В., Скляр Р.В., Болтянська Л.О. Тенденції та форми сучасного сервісу фермської техніки. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв», 24-25 листопада 2022 року. Державний біотехнологічний університет, м. Харків.
3. Болтянський Б.В. Удосконалення технічного сервісу машин і обладнання тваринницьких ферм на основі оцінки технологічного рівня спеціалізованих підрозділів. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі» 01-25 листопада 2022 р., ТДАТУ, м. Мелітополь.
4. Болтянський Б.В., Скляр Р.В. Модель функціонування бази технічного сервісу обладнання тваринницьких підприємств. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В.М. Кюрчев. – Мелітополь: ТДАТУ, 2022. – Вип. 12, том 3. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-12.
5. Болтянський Б.В., Болтянська Л.О. Перспективна організація технічного сервісу на підприємствах АПК. Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції «Раціональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2023» (18-19 травня 2023 року). Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2023. С.89-93. JEL Classification Q 01; D 24; P 42.
6. Болтянський Б.В., Болтянська Л.О. Обґрунтування періодичності обслуговування обладнання тваринницьких ферм. Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: XI Міжнародна науково-технічна конференція, смт. Глеваха Київської області – м. Київ, Україна, 2-20 жовтня 2023 року: матеріали конференції. Глеваха-Київ. 2023. С.42-45

#### **9. Р. Д. Лисенко, Вінницький національний аграрний університет**

##### **ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ В ДВОПАЛИВНИЙ РЕЖИМ**

В умовах збільшення частки паливних витрат багато операторів комерційних перевезень замислюються про можливість компенсувати зростання цін за рахунок переходу на газ. Проте такі радикальні методи, як конвертація дизельних двигунів у газові, мають свої недоліки. У пошуках оптимального рішення ми звернули увагу на такий альтернативний варіант як газодизель, що поєднує переваги традиційного дизеля та ГБО –газобалонного обладнання. Існуючі дані наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців [1-3] дозволяють заявити про перспективність розвитку використання газодизельних двигунів, однак на сьогодні відсутній систематизований підхід щодо використання даного типу паливного обладнання в сільському господарстві.

Метою роботи було оцінка перспективності використання газодизельної системи двигуна в сільському господарстві. Для цього було проведено аналіз сучасних наукових даних щодо використання автотракторних дизельних двигунів із залученням зрідженого нафтового газу (ЗНГ). Проведено пошук наукових джерел в базах даних Google Scholar, Scopus, Web of Science публікацій за період 2000-2023 роки згідно поставленій меті. Із подальшого аналізу проводилось виключення публікацій що не мали статистичного обґрунтування, які дублювали результати або містили дані, які не піддавались подальшій верифікації.

Привертає увагу використання в світовій науковій літературі терміну щодо двигуна, який використовує як звичайне дизельне паливо, так і зріджений газ – «зрідженим газом і дизельним двопаливним двигуном» [3] В публікаціях 2010-2020 років [4,5] подвійні паливні двигуни на зрідженому газі – це модифіковані дизельні двигуни, які використовують зріджений газ як основне паливо, а дизельне – як вторинне. Подвійні паливні двигуни на зрідженому газі мають добру термічну ефективність при високій потужності, але продуктивність нижча в умовах часткового навантаження через погане використання енергетичних можливостей комбінованого палива. Цю проблему можна

подолати за допомогою різноманітних факторів, таких як кількість запальної дози палива, час впорскування, склад газоподібного палива та умови впускного заряду, для покращення продуктивності, згоряння та викидів двопаливних двигунів [3]. Крім рідкого палива - дизеля, використовують в комбінації газове паливо, такі як водень, compressed natural gas (CNG), метиловий ефір дизельного палива (DME), біогаз і LPG [6, 7]. Зріджений нафтовий газ (LPG) і CNG виявились в 2010-2020 роках найбільш популярними серед газових палив завдяки доступності і простоті агрегатів для їх використання.

В сучасних агрегатах робота газобалонного обладнання (ГБО) на дизельному двигуні виконується за принципом 4 покоління ГБО бензинових двигунів з невеликою різницею в системі подачі палива. Якщо в бензиновому аналозі двигун починає роботу на бензині, а далі використовує лише газ, то ГБО на дизельному двигуні використовує одночасно обидва види палива, подаючи його в циліндри по черзі на різних тактах. Однак в 2010 роки найбільшого поширення набуло використання природного газу в стисненому вигляді на автомобілях з двигунами із зовнішнім сумішоутворенням і примусовим (іскровим) запалюванням [8]. Складність застосування газового палива у дизельних двигунах пов'язана з їх поганою займістістю, низьким цетановим числом і високою температурою займання. Тому для організації роботи дизеля на природному газі використовується газодизельний процес, що полягає в подачі в циліндри дози запального дизельного палива, яка забезпечує займання газоповітряної суміші [9].

Головною проблемою у практичному застосуванні газодизельного двигуна в сільському господарстві є вибір принципу перебудови системи живлення для переобладнання серійних тракторних двигунів [10]. Принциповою в даному випадку є різниця у двох концепціях конвертації дизельних двигунів на газодизельну модель живлення. Найбільш радикальним є метод з повним заміщенням палива, що супроводжується іскровим запалюванням газоповітряної суміші [11]. Даний метод передбачає повний демонтаж дизельного паливного устаткування із наступним перепрограмуванням показників стиснення, із зменшенням його до – 11-14 одиниць, наприкінці система комплектується газовим обладнанням (система запалення, балон, газопровід). Технічні параметри при даному способі конвертації відповідають параметрам двигуна до перебудови, а екологічні показники є суттєво покращеними, оскільки в цілому даний двигун працює на газовому паливі [12]. Після виконання конвертації двигун вже не може більше працювати на дизельному паливі, зворотна операція є економічно недоцільною.

Наступним варіантом є двопаливний режим перебудови дизельного двигуна. В цілому, це є варіант стандартного газодизельного двигуна із переважним використанням газу в якості базового палива, а дизеля — для запалювання газової суміші [13]. Однак, використання конкретного співвідношення дизелю та газу в даній схемі є досить варіабельним показником, що в першу чергу залежить від типу газового палива, окремими конструктивними особливостями як дизельного двигуна, так і газової установки. Важливим фактором в даному варіанті газодизельного двигуна є можливість використання повноцінного суто дизельного режиму, що здійснюється самим оператором.

Враховуючи вище наведене, результати наукових досліджень та ситуації з паливом в Україні на даний час, на наш погляд є більш перспективним та економічно обґрунтованим використанням дизельного двигуна з системою LPG в сільському господарстві. Однак привертає увагу збільшення кількості зарубіжних та вітчизняних публікацій за останні роки в проблемі переведення дизельного двигунів у двопаливний режим, зокрема із використанням біогазу або LPG [1-3,10-13], що свідчить про зростання інтересу до вирішення даної проблеми. В результаті даного огляду можемо зробити висновок про існування проблеми розробки енергоефективних та екологічно безпечних систем газодизелю зокрема для використання в сільському господарстві України.

#### Список літератури

1. Review of dual-fuel combustion in the compression-ignition engine: Spray, combustion, and emission / Q. Pham et al. *Energy*. 2022. Vol. 250. P. 123778. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123778> (date of access: 27.03.2024).
2. Kudrynetskyi R., Dnes V., Krupych S. A methodical Approach to Substantiating the Performance Indicators of the Machine-Tractor Unit Using Energy-saving Technologies. *National Interagency Scientific and Technical Collection of Works. Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines*. 2022. No. 52. P. 48–55. URL: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2022.52.48-55> (date of access: 27.03.2024).
3. Ashok B., Denis Ashok S., Ramesh Kumar C. LPG diesel dual fuel engine – A critical review. *Alexandria Engineering Journal*. 2015. Vol. 54, no. 2. P. 105–126. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.03.002> (date of access: 27.03.2024).

4. Пилипенко О.М Шльончак. І.А. Розробка системи живлення перспективного дизеля для роботи на біогазі.. Вістник ХНАДУ. 2016. вып. 74. С. 88-93.
5. Murthy K., Srinivas V. G., Kumar S. Modeling and prediction of NO<sub>x</sub> emission in an LPG–diesel dual-fuel CI engine. Heat Transfer. 2021. URL: <https://doi.org/10.1002/htj.22206> (date of access: 27.03.2024).
6. Canelada M. M., Tischer F. DualFuel System, diesel and natural gas - Optimizing the concept. SAE Brasil 2007 Congress and Exhibit. 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA, United States, 2007. URL: <https://doi.org/10.4271/2007-01-2616> (date of access: 27.03.2024).
7. Staalhammar, Per, Erlandsson, Lennart, Willner, Kristina, & Johannesson, Staffan. Demonstration and evaluation of dual-fuel technology; Demonstration och utvaerdering av dual-fuel-tekniken. Sweden.
8. Ковбасенко С., Назаренко М., Петренко В., Голик А. (Перспективи використання природного газу дизелями транспортних засобів в Україні. Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia. 2016. (С. 159-164). Pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy Monografia nr 7., Seria: Transport, Politechnika Rzeszywska im. Ignacego Łukasiewicza. Rzeszów.
9. Al-Dawody M. F., Idan Al-Chlahawi K. K., Al-Farhany K. A. Numerical simulation of the effect of LPG blending on the characteristics of a diesel engine. Heat Transfer. 2021. Vol. 51, no. 2. P. 1918–1938. URL: <https://doi.org/10.1002/htj.22381> (date of access: 27.03.2024).
10. D'Agosto M. D. A., Oliveira C. M., Assumpção F. D. C. Alternativas energéticas para o transporte público urbano no Rio de Janeiro: uma análise utilizando Inventário de Ciclo de Vida (ICV). TRANSPORTES. 2014. Vol. 22, no. 1. P. 76. URL: <https://doi.org/10.14295/transportes.v22i1.736> (date of access: 27.03.2024).
11. . Evaluation of Using Biogas to Supply the Dual Fuel Diesel Engine of an Agricultural Tractor / M. Owczuk et al. Energies. 2019. Vol. 12, no. 6. P. 1071. URL: <https://doi.org/10.3390/en12061071> (date of access: 27.03.2024).
12. Mattarelli E., Rinaldini C. A., Savioli T. Dual Fuel (Natural Gas Diesel) for Light-Duty Industrial Engines: A Numerical and Experimental Investigation. Energy, Environment, and Sustainability. Singapore, 2018. P. 297–328. URL: [https://doi.org/10.1007/978-981-13-3307-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3307-1_11) (date of access: 27.03.2024).\
13. Performance, emission and combustion characteristics of a IDI engine running on waste plastic oil / C. A. Rinaldini et al. Fuel. 2016. Vol. 183. P. 292–303. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.06.015> (date of access: 27.03.2024).

**10. В. Р. Білецький, к.т.н., доцент, Д. С. Ковальчук, В. В. Куят, О. С. Захаренко, В. Р. Зайчківський, Р. М. Якименко, Поліський національний університет, м. Житомир**

### **УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується значним зниженням рівня оснащеності галузі сільськогосподарською технікою.

Час простоїв тракторів з технічних причин становить 25...30 % від загального робочого часу, внаслідок цього подовжуються терміни виконання польових робіт, збільшуються втрати сільськогосподарської продукції, знижуються показники ефективності виробництва.

Одним зі шляхів скорочення таких простоїв є підтримання наявного парку тракторів у працездатному стані.

Працездатність і технічний стан тракторів багато в чому визначається якістю виконання операцій технічного обслуговування.

Багатомарочний склад машинно-тракторного парку господарств, що містить різні за призначенням, конструктивним виконанням, продуктивністю, складністю та надійністю в експлуатації машини й устаткування, вимагає відповідного рівня організації та методів проведення технічного обслуговування.

У процесі експлуатації та зберігання основні вузли сільськогосподарської техніки зношуються і старіють. Знос і старіння елементів - закономірні явища й інтенсивність протікання цих процесів визначається низкою конструктивних (внутрішніх) та експлуатаційних (зовнішніх) чинників.

До таких факторів можна віднести якість виготовлення деталей і складання вузлів, умови експлуатації, рід виконуваної роботи, ґрунтово-кліматичні характеристики зони використання тощо. У результаті ресурс однотипних елементів, що перебуває в прямій залежності від інтенсивності їх старіння, має імовірнісний характер і задається зазвичай середньою величиною, яку вважають нормальною для певного типу машин. При цьому виробник техніки зазвичай обумовлює, що зазначеного ресурсу можна досягти тільки за обов'язкового виконання комплексу профілактичних



заходів, що запобігають можливості виникнення ненормальних режимів роботи основних елементів, які сприяють підвищенню інтенсивності їхнього старіння та погіршенню техніко-економічних характеристик машин.

Комплекс таких заходів, або, інакше кажучи, сукупність, як правило, обов'язкових операцій з перевірки, очищення, змащування, кріплення і регулювання деталей і вузлів, що мають на меті запобігти передчасному зношуванню, появі несправностей і поломок і забезпечити працездатний стан машини, становить предмет технічного обслуговування.

У практиці сільськогосподарських підприємств профілактичні роботи проводять відповідно до планово-попереджувальної системи технічного обслуговування, що є комплексом взаємопов'язаних положень і норм, які визначають організацію і порядок проведення робіт для заданих умов експлуатації з метою забезпечення показників якості, передбачених нормативною документацією. До системи технічного обслуговування, як до однієї з найважливіших підсистем системи інженерного забезпечення процесів сільськогосподарського виробництва, висуваються такі основні вимоги.

Перш за все, вона повинна забезпечити в умовах експлуатації якісне виконання необхідного комплексу заходів, що запобігають передчасному зносу, несправності та поломкам машин.

Однак, профілактичні заходи можуть виявитися неефективними в разі, коли витрати на обслуговування або витрати, пов'язані з втратами основного продукту через зниження коефіцієнта використання машини у зв'язку з простоями на обслуговуванні, невиправдано великі. Тому дві інші вимоги формулюються так: профілактичні заходи мають бути економічно доцільними і виконуватися з мінімально можливими витратами трудових і матеріальних ресурсів; організаційні та технологічні прийоми виконання робіт з обслуговування машин повинні виключити витрати, пов'язані з невиконанням основних завдань виробництва.

Перша вимога перебуває в протиріччі з двома іншими. А з огляду на тенденцію до якісного та кількісного переозброєння сільського господарства на основі високопродуктивної, енергонасиченої, складної і дорогої техніки, що має місце в сьогоденні і прогресує в перспективі, можна припускати, що ці суперечності дедалі більше загострюватимуться.

В основу формування системи технічного обслуговування, що склалася нині, покладено багаторічний практичний досвід використання сільськогосподарської техніки і результати роботи цілої низки наукових колективів країни.

Базою для сучасних рекомендацій і нормативних матеріалів з технічного обслуговування машинно-тракторного парку господарств послужили правила, затверджені ще в 60-ті роки минулого століття. Згідно з цими правилами запроваджено єдину для всіх тракторів і самохідних шасі структуру обслуговування, що передбачає регламентне проведення профілактичних операцій з такою періодичністю: щозмінне обслуговування - 1 раз на зміну, ТО-1 – через кожні 60 мотогодин, ТО-2 – через кожні 240 мотогодин, ТО-3 - через кожні 960 мотогодин. Для сучасних тракторів ТО-1 – через 125, ТО-2 – через 500, ТО-3 – через 1000 мотогодин. Сезонне обслуговування – під час переходу до весняно-літньої та осінньо-зимової експлуатації. Склад профілактичних заходів, що відповідають кожному виду ТО, для різних типів машин обумовлений в інструкціях з їх експлуатації.

Один із принципових недоліків описаної системи полягає в тому, що вона не забезпечує необхідних передумов для задоволення висунутих до неї вимог. Нормативом відновлення придатності елементів машин тут слугує напрацювання. Оскільки інтенсивність старіння навіть однакових елементів однотипних машин має імовірнісний характер, потреба їх в обслуговуванні виникає в різні терміни. За однозначно заданої періодичності не забезпечуються необхідні передумови для своєчасного обслуговування всієї сукупності елементів. Воно для певної їх частини буде або пізнім, або передчасним. У першому випадку машини експлуатуватимуться в умовах відмови окремих елементів. У результаті виникає можливість передчасних зносів, несправностей і поломок вузлів і агрегатів, що несумісне з основною вимогою до системи. При передчасному обслуговуванні виникають непродуктивні витрати на відновлення придатних елементів, які ще не виробили повністю свій ресурс. За цією ознакою система не задовольняє другу вимозі.

Унаслідок імовірнісного характеру розподілу термінів виконуваних робіт не виключається можливість досягнення регламентованого напрацювання в календарні терміни, що збігаються з піковими сільськогосподарськими періодами.

Під час постановки машин на технічне обслуговування в такі періоди неминуче виникають витрати, пов'язані з втратою основного продукту через порушення оптимальних термінів виконання робіт унаслідок простою агрегатів. Негативні наслідки, що спричиняються цією обставиною, - істотний недолік системи і за вказаною ознакою вона не задовольняє третій вимозі.

З метою усунення зазначених недоліків поставлено питання про необхідність якісної перебудови системи технічного обслуговування машин на основі вдосконалення її характеристик, що визначаються організаційними та технологічними факторами.

За останні роки ціла низка наукових і виробничих колективів країни виконала в цьому напрямку значну роботу. Запропоновано і повсюдно впроваджується нова перспективна організаційна форма технічного обслуговування сільськогосподарської техніки спеціалізованими ланками майстрів-налагоджувальників. Створено високопродуктивне обладнання. Запропоновано нові принципи формування системи на основі управління технічним станом машин, що забезпечують підвищення ефективності обслуговування за рахунок більш своєчасного виконання робіт і скорочення кількості непродуктивних операцій.

Нові методи і технологічні прийоми технічного обслуговування відображені в сучасних офіційних рекомендаціях, які успішно застосовуються в передових господарствах країни. Успішна реалізація відомих нині теоретичних положень у практику потребує значних зусиль наукових і виробничих установ у питаннях обґрунтування раціональних параметрів системи технічного обслуговування з урахуванням диференційованого підходу до вирішення проблеми для різних умов сільськогосподарського виробництва.

При вдосконаленні системи технічного обслуговування машин слід детально проаналізувати три перспективні варіанти. Перший передбачає використання високопродуктивного механізованого обладнання під час виконання профілактичних операцій.

Другий базується на поліпшенні пристосованості вузлів і агрегатів машин до технічного обслуговування. Третій передбачає організацію технологічних процесів на основі контролю (діагностики) технічного стану елементів машин.

Різноманіття і складність операцій технічного обслуговування, методів локалізації несправностей машин, а також операцій з усунення їхніх наслідків, опис яких подано в різноманітних технологічних картах, інструкціях, схемах, плакатах тощо, зумовлюють необхідність глибшої систематизації та цілісного формування наявних компонентів знань. Одним із шляхів удосконалення методів технічного обслуговування тракторів є більш раціональне використання методів і засобів інструментального діагностування.

*П. М. Забродський, к.т.н., доцент, Б. А. Шелудченко, к.т.н., професор, Є. С. Сирійд, асистент, Поліський національний університет*

#### **АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ҐРУНТУ ПІД ЧАСУ РУХУ КОЛЕСА ПРИБУЛЬДОЗЕРНОМУ ЕФЕКТІ**

При дослідженні напружено-деформованого стану ґрунту існують різні підходи до вивчення властивостей ґрунту. Так частина дослідників розглядають ґрунт як структуроване середовище, яке складається з окремих мінеральних частинок, які взаємодіють між собою. При цьому міцність матеріалу самих частинок в багато разів більша міцності зв'язків. В такому випадку напруження передаються через ланцюжок ґрунтових агрегатів, міцність яких залежить від їх розміру [1]. При цьому, при помірних величинах напружень такий характер передачі напружень зберігався, а при величинах вертикальних напружень у 620 кПа ґрунтові агрегати руйнувалися і переважав пружний характер передачі напружень, що відповідає відомій моделі Бусінеска для пружних властивостей матеріалу. На думку інших дослідників найбільш адекватним методом формалізації ґрунту (грунту), який може бути використаний для дослідження, є метод, коли ґрунт (грунт) можна подати у вигляді суцільного деформованого середовища з проявом таких властивостей, як пружність, в'язкість та пластичність [2].

Відомо, що при русі колеса перед ним утворюється нагромадження ґрунту. Це явище називають бульдозерний ефект [3], [4], тому що це схоже на те, що відбувається при русі ножа бульдозера. Для вивчення напруженого стану ґрунту при цьому скористаємося відомою задачею про згин і стискання клина силою, прикладеною до його вершини (рис.1).

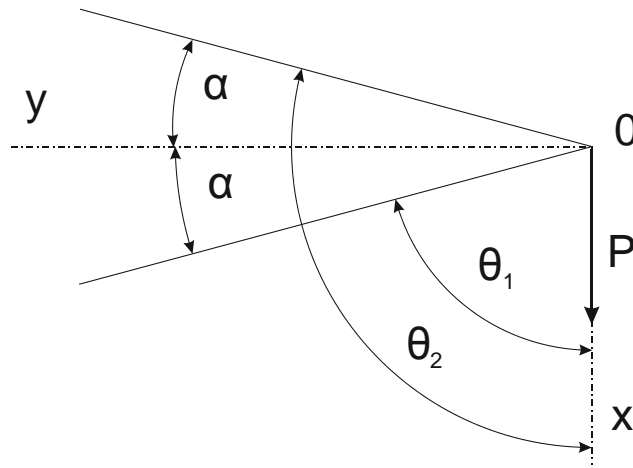


Рис. 1.

Вісь симетрії клина розташована горизонтально, навантаження направлено вертикально вниз. Рівняння рівноваги  $\sum X = 0$  тоді має вигляд:

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sigma_r ds \cos\theta + P = 0. \quad (1)$$

Напруження при цьому визначаються таким чином:

$$\sigma_y = -\frac{P}{\alpha - \frac{1}{2}\sin 2\alpha} \cdot \frac{xy^2}{(x^2 + y^2)^2}; \quad (2)$$

$$\tau_{xy} = -\frac{P}{\alpha - \frac{1}{2}\sin 2\alpha} \cdot \frac{x^2y}{(x^2 + y^2)^2}. \quad (3)$$

Інше рішення для розрахунку напружень в клиновій області запропонував Martin H. Sadd [5]. Використовуючи загальне рішення Michell і функцію напружень Airy напруження визначаються за допомогою рівнянь:

$$\sigma_r = 2a_2 + 2a_6\theta - 2a_{21}\cos 2\theta - 2b_{21}\sin 2\theta; \quad (4)$$

$$\sigma_\theta = 2a_2 + 2a_6\theta + 2a_{21}\cos 2\theta - 2b_{21}\sin 2\theta; \quad (5)$$

$$\tau_{r\theta} = -a_6 - 2b_{21}\cos 2\theta + 2a_{21}\sin 2\theta. \quad (6)$$

У випадку бульдозерного ефекту клин розгортається у чвертьплощину, яка навантажена рівномірним навантаженням. Відомий окремий випадок навантаження чвертьплощини рівномірним зсувним навантаженням вздовж однієї грані (осі y) і при відсутності навантаження на іншій грані (рис.2) [5].

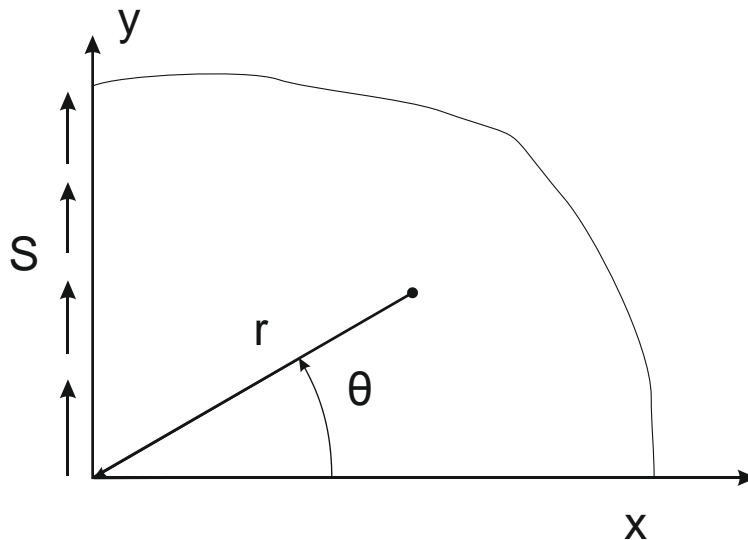


Рис. 2.

Граничні умови на цю задачу такі:

$$\sigma_\theta(r, 0) = \tau_{r\theta}(r, 0) = 0; \quad (8)$$

$$\sigma_\theta(r, \pi/2) = 0, \quad \tau_{r\theta}(r, \pi/2) = S \quad (9)$$

Напруження за цих умов визначаються відповідно:

$$\sigma_r = \frac{S}{2} \left( \frac{\pi}{2} - 2\theta + \frac{\pi}{2} \cos 2\theta - \sin 2\theta \right); \quad (10)$$

$$\sigma_\theta = \frac{S}{2} \left( \frac{\pi}{2} - 2\theta - \frac{\pi}{2} \cos 2\theta - \sin 2\theta \right); \quad (11)$$

$$\tau_{r\theta} = \frac{S}{2} \left( 1 - \cos 2\theta - \frac{\pi}{2} \sin 2\theta \right). \quad (12)$$

При бульдозерному ефекті чвертьплощина навантажується рівномірним навантаженням перпендикулярним до однієї з сторін чверть площини (рис.3). У цьому випадку граничні умови рівнянь (4-6) приймуть вигляд:

$$\sigma_{\theta}(r, 0) = 0; \quad \tau_{r\theta}(r, 0) = 0 \quad (13)$$

$$\sigma_{\theta}(r, \pi/2) = q; \quad \tau_{r\theta}(r, \pi/2) = 0. \quad (14)$$

Використовуючи рівняння (4-6) з заданими граничними умовами отримаємо рівняння:

$$2a_2 + 2a_{21} = q \quad (15)$$

$$-a_6 - 2b_{21} = 0 \quad (16)$$

$$2a_2 + 2a_6 \frac{\pi}{2} - 2a_{21} = 0 \quad (17)$$

$$-a_6 + 2b_{21} = 0 \quad (18)$$

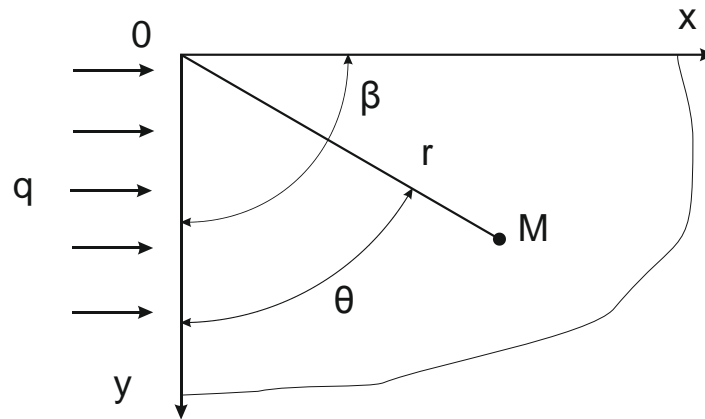


Рис.3.

Звідки рівняння легко вирішуються для невідомих констант, даючи:

$$a_2 = \frac{q}{4}; \quad a_6 = 0; \quad a_{21} = \frac{q}{2}; \quad b_{21} = 0 \quad (19)$$

Зворотна заміна цих результатів визначає розв'язок рівнянь напружень:

$$\sigma_r = \frac{q}{2} - q \cos 2\theta; \quad (20)$$

$$\sigma_{\theta} = \frac{q}{2} + q \cos 2\theta; \quad (21)$$

$$\tau_{r\theta} = q \sin 2\theta. \quad (22)$$

#### Література

1. Naveed M, Schjonning P, Keller T, de Jonge LW, Moldrup P, Lamande M (2016) Quantifying vertical stress transmission and deformation-induced soil structure using sensor mat and X-ray computed tomography. *Soil & Tillage Research*, 158, 110–122.
2. Al-Hazaali, H., & Kovbasa, V. (2017). On the Dynamic Characteristics and the Soil Compaction under the Influence of the Mole Plow. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(1), 206–211.
3. Shoya Higa, Kenji Nagaoka, Kazuya Yoshida (2019) Stress distributions of a grouser wheel on loose soil /*Journal of Terramechanics* 85 (2019) 15–26.
4. Yonghao Du, Jingwei Gao, Lehua Jiang, Yuanchao Zhang. (2018) Development and numerical validation of an improved prediction model for wheel-soil interaction under multiple operating conditions/ *Journal of Terramechanics* 79, 1–21.
5. Martin H. Sadd. (2009) *Elasticity*. Elsevier Inc. Academic Press. Burlington. 536 p.

## 12. В. В. Кравченко, А. В. Войтік, Уманський національний університет садівництва МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ В МАШИНАХ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА

Розвиток сучасного тваринництва нерозривно поєднаний з розвитком технологій. Ця теза стосується як досліджень спрямованих на вивчення та врахування біологічних особливостей тварин так і технічних засобів, які використовуються при їх утриманні, годівлі, догляду та одержанні первинної продукції. Основною метою технічних удосконалень існуючих машин та розробки нових машин є забезпечення максимальної ефективності технологічних процесів, економія трудових ресурсів, а також економія часу [1]. З іншого боку розвиток різноманітних технічних засобів повинен також сприяти добробуту тварин [2], забезпечити комфортні умови їх утримання, створюючи умови максимально близькі до так званого «органічного» утримання тварин, що передбачає зменшення обмежень щодо їх пересування та сприяти створенню умов близьких до їх природного життя. Напрямок розвитку технічних засобів в сільському господарстві загалом та механізації тваринництва зокрема спрямований на сучасні інформаційні технології, широке використання мікропроцесорної техніки і мехатронних систем,

активний розвиток робототехніки в тому числі ставлячи такі технічні засоби і технології на новий рівень [1]. Також, особливого значення набувають технології штучного інтелекту, які застосовуються при аналізі великих даних в робототехніці. Штучний інтелект відіграє важливу роль в управлінні життєвим циклом інформації, що включає обробку даних, управління інформаційними потоками та знаннями тощо [3].

Розглянемо застосування мехатронних систем в системі машин по утриманню тварин та птиці, забезпеченні мікроклімату, напуванні, кормороздаванні, видаленні гною та отриманні продукції [4]. Проведений аналіз дозволив виділити основні сфери застосування мехатронних систем в системі машин для тваринництва (табл. 1).

**Таблиця 1 Основні сфери застосування мехатронних систем в системі машин для тваринництва**

Тип механізованих робіт на фермі	Впровадження мехатронних систем
Утримання тварин	Розумні ворота Безпілотні літальні апарати
Забезпечення мікроклімату	Системи керування обертами вентиляторів Системи керування положенням заслінок Системи керування температурою та вологістю повітря
Кормороздавання	Стаціонарні кормороздавачі Координатні кормороздавачі Мобільні кормороздавачі Роботи-кормороздавачі Роботи-підрівнювачі Системи вимірювання ваги і розмірів тварин для коригування кількості корму
Напування	Контроль споживання води окремими тваринами
Видалення гною	Автоматичні скребкові системи Роботи для видалення гною Роботи для підгортання гною
Отримання продукції	Автоматизовані доїльні зали Роботи-дояри Роботи для збирання яєць

Проведені дослідження показують, що майже у всіх механізованих процесах утримання, догляду та отримання продукції в тваринництві та птахівництві використовуються мехатронні системи, які вже або мають конкретні конструктивні рішення та використовуються на фермах або знаходяться ще на етапах розробки та досліджень. Концепції їх впровадження можуть мати різні назви: Smart Farm, системи точного тваринництва, автоматизація та роботизація тощо. Основним рушієм впровадженням мехатронних систем в тваринництві є зменшення затрат праці, покращений контроль за механізованими процесами на фермі, покращення виконання механізованих технологічних процесів та забезпечення добробуту тварин. Тому дослідження спрямовані на розвиток та впровадження мехатронних систем в системі машин для тваринництва є актуальними і потребують подальшого розвитку.

Літературні джерела

1. Болтянський О.В., Болтянська Н.І., Ковальов О.О. Перспективи розвитку мехатронних систем в сільському господарстві. *Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв*. Матеріали МНПК 25-26 листопада 2021. Харків: ДБТУ, 2021. С. 150-152.
2. Павельчук, Ю., Колінчук, Р. Технології у точному тваринництві. *Наука і техніка сьогодні*. 2023, 8 (22). С. 420-434.
3. Лебідь О.В., Кіпоренко С.С., Вовк В.Ю. Використання технологій штучного інтелекту в сільському господарстві: європейський досвід та застосування в Україні. *Електронне моделювання*. 2023. Т. 45. № 3. С. 57-71.
4. Кравченко В.В., Войтік А.В., Лісовий І.О. Застосування мехатронних систем в системі машин для тваринництва // *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2023. Вип. 53, С.176-185.

### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИНОГО ДОЇННЯ КОРІВ ШЛЯХОМ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ДОЇЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Доїння в молочному скотарстві за своїм значенням можна порівняти зі збиранням урожаю в рослинництві. Як у рослинництві можна виростити рекордний урожай і не зібрати його, так і в скотарстві можна виростити високопродуктивних корів і не отримати від них продукції з вини недосконалих доїльних установок і апаратів.

Тому розробка й удосконалення доїльних апаратів, добре узгоджених із фізіологією тварин, і доїльних установок, що забезпечують повне видоювання та збереження якості молока, є актуальним завданням.

Відомо, що на збереження молочного жиру і білка в процесі машинного доїння істотний вплив чинять стабільність вакууму в стаканах доїльного апарату, довжина молокопроводу і режим руху молока в ньому.

Наявна доїльна установка з молокопроводом АДМ-8 для доїння корів у корівниках із прив'язним утриманням не забезпечує стабільного вакууму в доїльних апаратах через наявність у її схемі механізмів підйому торцевих гілок молокопроводу, що ненадійно працюють. З цієї ж причини виникає зворотно-поступальний рух молока в молокопроводі, що призводить до збивання і втрати молочного жиру, дроблення білкових частинок. Втрата молочного жиру і білка відбувається внаслідок довгого молокопроводу, передбаченого монтажною схемою АДМ-8.

На кафедрі механізації тваринництва АГАУ на базі АДМ-8 розроблено вдосконалені доїльні установки. На установках відсутні механізми підйому гілок молокопроводу і в 2-3 рази зменшено шлях молока від доїльних апаратів до молокоприймача. За рахунок зміни монтажною схемою молоко рухається від торців корівника до центру найкоротшим шляхом в один бік у ламінарному режимі.

Ці вдосконалення сприяють стабілізації вакууму, зниженню втрат молочного жиру й білка в молокопроводі та збереженню якості молока. У першому варіанті (рис. 1) для транспортування молока від центру до молочного відділення поперек корівника встановлено транспортний молокопровід. Дозатори молока винесені в корівник і одночасно здійснюють роль дозаторів, молокоприймачів і насосів для перекачування молока в транспортний молокопровід.

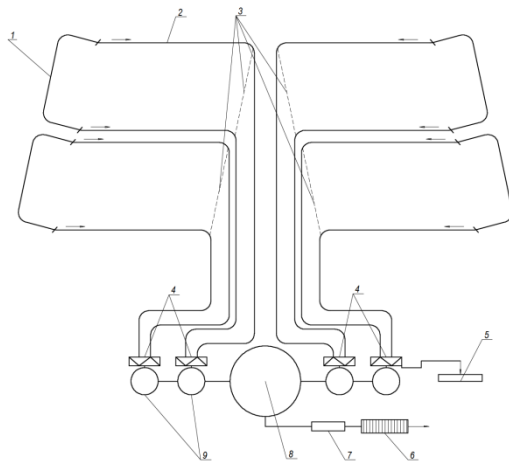


Рис. 1. Принципова схема вдосконаленої доїльної установки: 1 – молокопровід; 2 – кран; 3 – транспортний молокопровід; 4 – дозатор; 5 – приймальна камера; 6 – мірна камера; 7 – молочний шланг; 8 – розділювач молочної лінії; 9 – молокоприймач; 10 – вакуумний балон; 11 – вакуумпровід дозаторів; 12 – запобіжна камера; 13 – трубопровід промивання; 14 – робочий вакуумпровід; 15 – вакуумний насос; 16 – молочний насос; 17 – охолоджувач; 18 – молочний танк; 19 – насос.

За результатами випробувань порівняно з АДМ-8 знижено втрати молочного жиру в абсолютному значенні на 0,27%, що в перерахунку на базисну жирність 3,7% за надою в зимово-стійловий період 2400 л на корову становить 70 т молока, отриманого від 400 корів додатковим заліком.

У другому варіанті (рис. 2) установка має монтажну схему, подібну до першої, але дозатори встановлені в молочному відділенні, що сприяє кращому збереженню якості молока.

Транспортні молокопроводи в середній частині впоперек корівника встановлені через роз'ємні шлагбауми на рівні лінійних молокопроводів, що полегшує їх обслуговування.

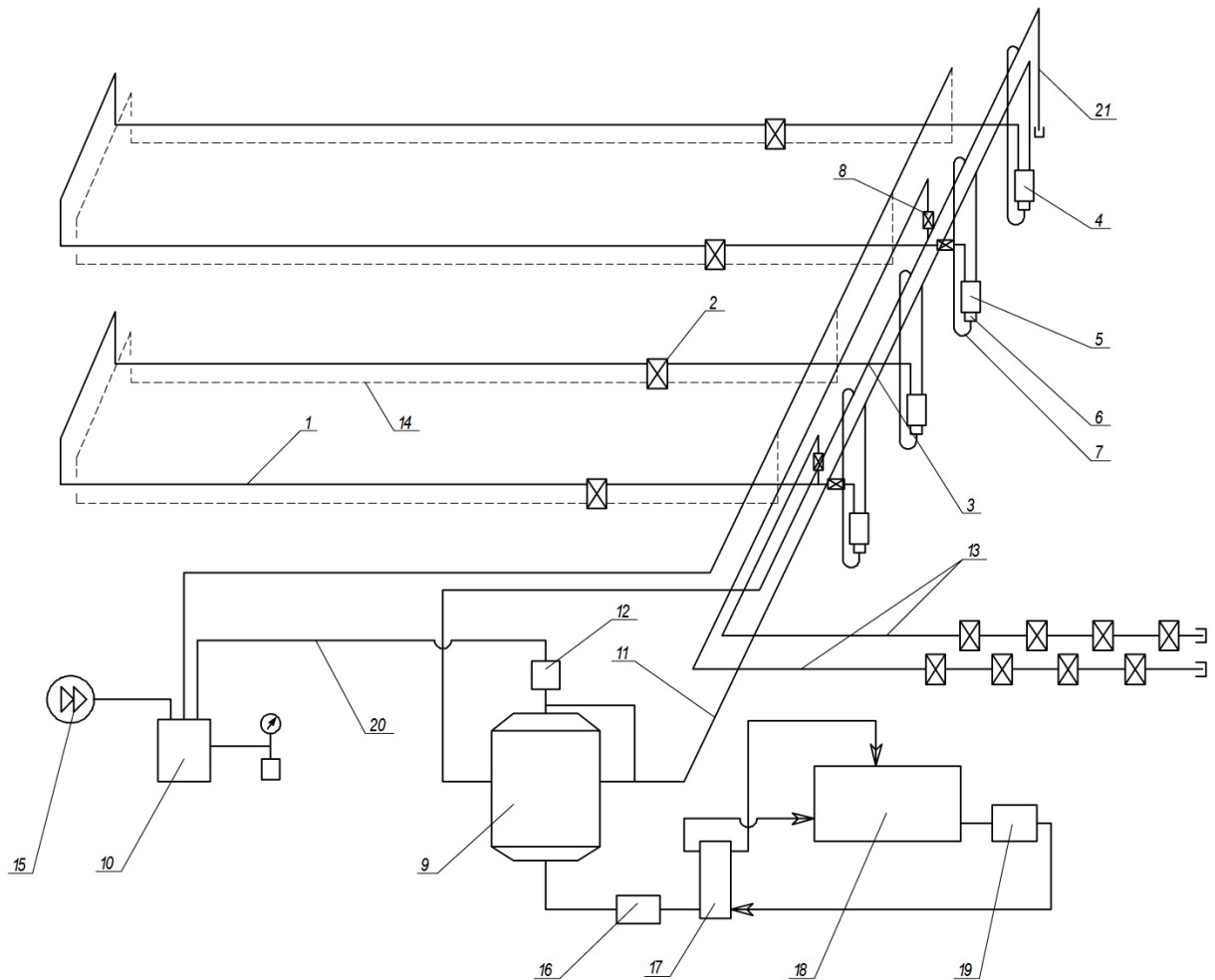


Рис. 2. Принципова схема доїльної установки: 1 – стаціонарний підйом; 2 – молокопровід; 3 – шлагбаумний роз'єм; 4 – перемикач; 5 – промивна ванна; 6 – охолоджувач молока; 7 – фільтр; 8 – молокозбірник; 9 – дозатори молока; 10 – роздільник молочної лінії.

Втрати молочного жиру на установках знизилися, відповідно, на 0,23; 0,2; 0,12 і 0,10%, що в додатковому заліку за жиром становило 54,4; 43,2; 16,0 і 24 т молока.

У третьому варіанті (рис. 3) розроблено доїльну установку, молокозбірник і дозатори якої встановлені в корівнику, і молоко транспортними молокопроводами подається в молочне відділення молочним насосом молоко-приймача. Таку установку випробувано у 8-рядному корівнику на 400 корів. Втрати молочного жиру знижено на 0,35% в абсолютному значенні, що в додатковому заліку за жиром склало 80 т молока.

Загалом у перелічених господарствах від упровадження вдосконалених доїльних установок у зимово-стійловий період додатковим заліком за жиром отримано 288,4 т молока жирністю 3,7%, що за середньої ціни реалізації 16,5 грн/кг становило 1875 тис. грн.

Для доїння корів при літньо-табірному утриманні випускається пересувна доїльна установка УДС-3 різних модифікацій. Основним недоліком цієї установки є те, що її технологічна схема не узгоджується з установкою АДМ-8: доїння здійснюється в доїльні відра, відсутнє обладнання для групового обліку молока, збір молока здійснюється у вакуумовану ємність через низькоефективний вакуумний охолоджувач, типове навантаження на оператора машинного доїння – 25 корів.

В Поліському національному університеті розроблено літню доїльну установку на базі АДМ-8 і УДС-3 з молокопроводом, груповими лічильниками, молокоприймачем і охолоджувачем молока з технологією доїння, аналогічною до доїння в корівнику (рис. 3).

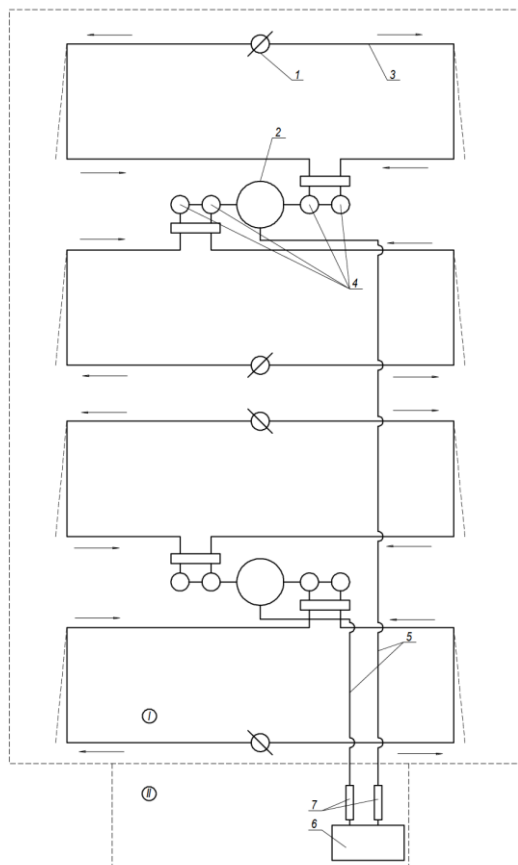


Рис. 3. Схема доїльної установки для багаторядного корівника: I – корівник, II - молочне відділення; 1 – роздільник молочної лінії, 2 – молокозбірник, 3 – молокопровід, 4 – дозатор молока, 5 – транспортний молокопровід, 6 – танк охолоджувач, 7 – пластинчастий охолоджувач, 8 – шлагбаумний роз'єм.

Їх застосування дало змогу скоротити кількість доярок, як порівняти з доїнням на УДС-3, на одну третину, доїти корів, обліковувати, охолоджувати, транспортувати і зберігати молоко за допомогою обладнання, перенесеного на літні майданчики з корівників, із цілорічним навантаженням на оператора машинного доїння 50 корів.

#### 14. І. М. Купчук, Вінницький національний аграрний університет

### АНТИПОЖИВНІ РЕЧОВИНИ СОЇ ТА СПОСОБИ ЇХ ІНАКТИВАЦІЇ

Соєва - єдина з кормових культур, що є одночасно суперконцентратом білка та валової енергії. Боби сої багаті поліненасиченими жирними кислотами, фосфоліпідами, макро-, мікроелементами, вітаміном Е, клітковиною. Однак, соєва містить більше десятка антипоживних речовин [1].

Відповідно до термостійкості антипоживні речовини можуть бути класифіковані на теплочутливі та теплостійкі (табл. 1) [2].

Таблиця 1

#### Антипоживні речовини в соєвих бобах

Теплочутливі	Теплостійкі
Інгібітори протеази	Сапоніни
Лектини	Естрогени
Гойтрогени	Ціаногени
	Фітати
	Олігосахариди
	Антигени

Джерело: сформовано за результатами [2]

Антипоживні речовини сої також можна класифікувати за їхнім хімічним складом та властивостями. Загальна класифікація антипоживних речовин у сої наведена у таблиці 2.



Вміст антипоживних речовин в сої

Речовина	Вміст в сої (на 100 г)
Фітати (фітинова кислота)	1.0-2.2 г
Лектини	0.2-1.0 г
Протеази (протеїнази)	менше 0.1 г
Інгібітори трипсину	менше 0.2 г
Фітоестрогени (ізофлавоїни)	20-100 мг
Сапоніни	0.01-0.03 г
Оксалати (оксалатна кислота)	до 0.2 г
Трипсин інгібітори	3-20 мг
Фітіназа (фітаза)	100-700 ФТА одиниць
Антиоди (антигоди)	менше 0.01 г

Джерело: сформовано за результатами [2]

До інгібіторів протеаз відносяться інгібітори трипсину та хімотрипсину - це речовини, які закладені самою природою в соєвий біб для його захисту від поїдання птахами, гризунами та від розвитку в ньому мікрофлори. Якщо сира соя вживається нежуйними тваринами, інгібітори протеаз зв'язують ферменти трипсин та хімотрипсин, які виділяються підшлунковою залозою тварин, і, тим самим, знижується ефективність перетравлення білка корму. Згодовування нативних бобів сої веде до зниження темпів росту тварин і до зменшення коефіцієнту конверсії кормів. У сирих бобах сої присутні два основні інгібітори протеаз – інгібітор Кунітца й інгібітор Баумана-Бірка. Останній більш стійкий до дії тепла, лугів та кислот. У сирих бобах сої наявність цих інгібіторів складає 1,4 і 0,6 % відповідно. Максимально допустима активність інгібіторів трипсину для молодняку тварин 3 мг/г на натуральну сою або на кожні 10 % протеїну повинно припадати не більше 1 мг/г інгібіторів трипсину [3].

Лектини або фітогемаглютеніни сої – це глікопротеїди, вміст яких в бобах складає 3 %, із ними пов'язують токсичність бобів сої, вони викликають множинні тромбози в капілярах слизової оболонки шлунково-кишкового тракту тварин, що призводить не тільки до різкого зниження засвоєння їжі, але й до значного розладу функції травлення. Установлено також, що, крім еритроцитів, лектини можуть аглютинувати й інші тваринні клітини, зокрема епітеліальні клітини слизової оболонки кишечника й лімфоцити. Соєві лектини зменшують виробництво інсуліну в щурів і знижують затримку азоту в організмі тварин та підвищують виділення азоту з сечею, вказуючи на зв'язок із білковим обміном [4].

Сапоніни – поверхнево-активні речовини які є медіаторами (посередниками) мембранного транспорту в рослині. Вони надають сирим бобам гіркий присмак і мають гемолітичну дію на червоні кров'яні тільця. В якості анти поживного фактора їх роль не визначена [5, 9].

До факторів, що викликають гормональні розлади у тварин, відносяться глюкозидази, які належать до групи естрогенних ізофлавоїнів, таких як геністеїн і даїдзеїн, вміст яких близько 0,1 % у білку бобів сої. Вони в експериментах на самках щурів і мишей викликали естрогенну реакцію та знижували вміст кальцію в кістках, що сприяло розвитку рахіту. Досить шкідливі естрогенні ізофлавоїни для репродуктивного здоров'я тварин. Вони блокують ароматазу, це фермент який перетворює андрогени в естрогени, а в самців – 5-альфа-редуктазу, що пригнічує синтез дигідротестостерону. Також естрогенні ізофлавоїни пригнічують секрецію лютеїнізуючого гормону та стимулюють синтез печінкою білка який зв'язує вільні статеві гормони [6].

Олігосахариди формують більшу частину вуглеводної фракції соєвих бобів. Лише близько 2% вуглеводної фракції складають крохмаль і 6% - целюлозні сполуки. Некрохмальні олігосахариди погіршують травлення (кишкові спазми, діарея та метеоризм) через відсутність відповідних травних ферментів.

Антигенні речовини (гліцинін і  $\beta$ -конгліцинін) викликають утворення антитіл у сироватці крові телят і маленьких поросят, які перебувають у стадії статевої зрілості. Вони перешкоджають розмноженню певних корисних бактерій у шлунково-кишковому тракті. Тому використання соєвого шроту несе певні ризики в раціонах для молодих сільськогосподарських тварин.

З метою інактивації зазначених антипоживних речовин застосовують фізичні, хімічні та біологічні методи обробки зернобобів [3, 7].

Теплова (фізична) обробка здавна використовується як основний метод руйнування антипоживних речовин які знаходяться в сирих соєвих бобах. Розроблені різні технології в основу яких покладено єдиний принцип: боби нагріваються протягом певного часу (табл. 3) [8].

## Висновки

Дослідження підтверджують, що способи інактивації, такі як фізичні, хімічні та біологічні, ефективно знищують антипоживні речовини у сої, покращуючи її харчову цінність.

Важливою перевагою деяких технологій інактивації є їх здатність знищувати антипоживні речовини, не впливаючи на корисні складові сої, такі як білки та вітаміни.

Дослідження також підкреслюють важливість оптимізації процесу інактивації з метою забезпечення максимальної ефективності у знищенні антипоживних речовин, одночасно забезпечуючи збереження корисних складових.

## Список літератури

1. Бербенець, О. В. Світове виробництво сої як невичерпного джерела білків рослинного походження та місце України на світовому ринку торгівлі нею. *Агросвіт*, 2019. 10. С. 41–45.
2. Peisker M. Manufacturing of soy protein concentrate for animal nutrition. *Feed manufacturing in the Mediterranean region. Improving safety: From feed to food*. Zaragoza : CIHEAM, 2001. P. 103–107.
3. Обертюх, Ю. В. Антипоживні речовини сої, їх інактивація та технології переробки соєвих бобів на промисловій основі й в умовах господарства. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 62–71.
4. Czerwiński J., Leontowicz H., Leontowicz M., Gralak M. A. Response of rats to a moderate intake of soybean lectin. *Anim Feed Sci*. 2005. № 14,(1). P. 537–540.
5. Ireland P. A., Dziedzic S. Z., Kearsley M. W. Saponin content of soya and some commercial soya products by means of high-performance liquid chromatography of the saponinogens. *Sci. Food Agric*. 2008. № 37. P. 694–698.
6. Іваненко Ф. В., Сінченко В. М. Технологія зберігання та переробки сільськогосподарської продукції: Навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. К.: КНЕУ, 2005. 221 с.
7. Gilani, G. S., Cockell, K. A., Sepehr, E. Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. *Journal of AOAC international*. 2005, 88 (3). P. 967–987.
8. Бандура В.М., Поп'як О.Г. Технологічні процеси сушіння сої. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2019. № 2 (105). С. 52–58. DOI: 10.37128/2520-6168-2019-2-7.
9. Антипоживні речовини сої та способи їх нейтралізації. Сучасний технологічний погляд. *Анкорекс* : веб-сайт. URL: <https://www.ankores.com.ua/ua/publications/antipozhivni-rechovini-soyi-ta-sposobi-yih-nejtralizaciyi-suchasnij-tehnologichnij-poglyad/> (дата звертання 05.02.2024).

**15. В. М. Савченко, к.т.н., доцент, В. І. Лис, К. Р. Лісовський, А. О. Рабченюк, В. І. Весельський, О. В. Голеніцький, Поліський національний університет, м. Житомир**

### ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

За даними американських економістів, кошти, вкладені у виробництво запасних частин і організацію технічного обслуговування проданого устаткування, можуть забезпечити вдвічі більший прибуток, ніж вкладення їх у виробництво цього устаткування.

З цієї причини провідні автомобілебудівні фірми мають широку, добре організовану мережу технічного обслуговування, що складається з постійно діючих діагностичних і консультаційних пунктів, навчальних центрів, станцій технічного обслуговування та ремонтних майстерень (часто об'єднаних з діагностичними пунктами), а також складів і магазинів запасних частин і автоприладдя.

Пункти і центри технічного обслуговування забезпечуються у великих кількостях каталогами запасних частин, проспектами, прейскурантами, інструкціями з догляду та експлуатації, сервісними книжками, а також спеціальними керівництвами, в яких подано докладні відомості про всі бази і пункти технічного обслуговування автомобілів даної фірми. Як приклад можна навести діяльність німецького концерну «Фольксваген», який завдяки високому рівню організації технічного обслуговування зумів витримати конкурентну боротьбу з боку американських і європейських фірм і продає на ринку США десятки тисяч своїх автомобілів.

Вивчення досвіду роботи інших великих автомобільних концернів, таких як «Форд», «Дженерал Моторс», «Мерседес-Бенц», «Рено», показує, що їхні успіхи в експорті значною мірою зумовлені завчасно підготовленою службою з технічного обслуговування та ремонту в країнах-імпортерах.

Досвід показує, що задовільне технічне обслуговування автомобілів можна забезпечити, якщо на одне ремонтне машино-місце припадає не більше 70 автомобілів.

Для досягнення оперативності технічного обслуговування автомобілів потрібна мережа пунктів обслуговування певної густоти. Прийнято вважати, що гарне обслуговування забезпечується за середньої відстані між пунктами обслуговування, що дорівнює 100 км. На території Англії станції

технічного обслуговування (СТО) однієї фірми розташовані на відстані 40 км одна від одної, причому планується скоротити цю відстань до 20 км. У США відстань між СТО однієї фірми близько 30 км.

Мережа технічного обслуговування (ТО) може бути власністю заводу-виготовлювача, а в тих районах, де парк машин невеликий, вдаються до укладення договорів з авторемонтними майстернями, що працюють у цій місцевості самостійно, тобто належать іншим власникам.

У Німеччині під час організації ТО і ремонту легкових автомобілів беруть за основу такі норми: на кожні 100 автомобілів планують 3 ремонтні пости площею 53 м<sup>2</sup> кожен. Крім того, на кожен пост плануються приміщення для складу запчастин, побутових потреб, конторські приміщення, приміщення для рекламної літератури та прийому клієнтів – по 10 м<sup>2</sup> кожне. Таким чином, усього на одне машино-місце потрібно 93 м<sup>2</sup>.

Технічне обслуговування автомобілів включає три етапи:

- 1) передпродажне обслуговування;
- 2) технічне обслуговування в гарантійний період;
- 3) технічне обслуговування в післягарантійний період.

Передпродажне обслуговування передбачає перевірку роботи основних вузлів і агрегатів автомобіля, регулювання окремих вузлів у разі потреби, перевірку та підтяжку кріпильних деталей, змащувальні роботи, випробування та перевірку автомобіля загалом, ліквідацію ушкоджень, отриманих під час транспортування, надання автомобілю найкращого товарного вигляду (мийка, полірування тощо).

Заміна деталей під час гарантійного терміну проводиться безкоштовно за умови виконання інструкції з експлуатації.

Усі роботи в післягарантійний період проводяться за рахунок власників автомобілів.

Великою і важливою складовою частиною системи заходів з ТО і ремонту автомобілів є чітка організація постачання запасних частин у необхідних кількостях і номенклатурі, організація маркетингу запасних частин.

Усі запасні частини за рівнем їхньої витрати розділені на три групи - А. В. С: група А представляє 10% найменувань деталей, на які припадає 70% споживання, група В – відповідно 30% і 22%. група С – 60% і 8%.

Деякі фірми застосовують систему з чотирьох груп. До четвертої групи зараховують деталі, що споживаються у великих кількостях, - фільтри, свічки, прокладки тощо. контроль над замовленнями яких здійснюється щодня.

Коли автомобільний і тракторний парк концерну «Форд» у Фінляндії налічував 14000 одиниць, запасні частини для обслуговування були представлені 6125 найменуваннями. Було складено специфікацію запасних частин за принципом зменшення цифр «річна реалізація - сума виручки».

Заявки на запасні частини, що найшвидше обертаються, 350 найменувань, на які припадає приблизно 50% усього обсягу реалізації, надсилають на заводи-виробники щотижня з урахуванням забезпечення незниженого запасу протягом трьох місяців.

**16. Л. Г. Савченко, к.і.н., доцент, О. В. Літяга, С. В. Українець, Поліський національний університет**

### **СУЧАСНА КОНЦЕПЦІЯ ОСВІТЛЕННЯ В ПТАХІВНИЦТВІ**

Нині практично всі нові птахокомплекси обладнуються світлодіодними системами освітлення, а в наявних за першої можливості замінюються лампи розжарювання і люмінесцентні джерела світла на світлодіодні світильники.

Основою такої концепції наразі можна вважати вибір і використання з метою збільшення енергоефективності, надійності та терміну служби, поліпшення економічних характеристик, безпеки освітлювального обладнання та зоотехнічних показників птиці таких параметрів.

1). Корельованої колірної температури (ККТ) і довжини хвилі (ДХ) випромінювання світлодіодних джерел світла. ККТ – характеристика випромінювання широко використовуваних, зокрема в птахівництві, світлодіодних джерел білого світла, а ДХ – монохромних світлодіодів різного кольору (червоного, зеленого, синього та ін.). Слід пам'ятати, що світіння білим світлом більшість сучасних світлодіодів набуває за допомогою люмінофора, нанесеного поверх напівпровідникового кристала, випромінювання якого лежить у ділянці синього кольору.

Через особливості світлодіодів під час виробництва їх поділяють на групи за колірною температурою, звані "bin" або "rank". Як правило, ККТ світлодіодних джерел світла в птахоміксі, є

діапазоном значень у межах, наприклад 2800-3200 К для теплого білого кольору із середнім значенням 3000 К, 3800-4200 К для нейтрального білого 4000 К і відповідно 4800-5200 К для середнього значення 5000 К холодного білого і може різнитися для різних виробників.

Для монохромних світлодіодів слід пам'ятати, що їхній спектр представляє випромінювання на практично одній ДХ, що принципово відрізняє їх від кольорових люмінесцентних джерел світла, де спектр містить у собі випромінювання й інших видимих ДХ. У цьому випадку, відчуття певного кольору досягається використанням люмінофорів, що перетворюють основну енергію на відповідну ДХ випромінювання, яка переважає в загальному спектрі.

Слід враховувати особливості зору птахів - їхній діапазон ДХ видимого випромінювання ширший за людський, а в його нижній частині (синій колір) і верхній (червоний колір) чутливість зору вища.

Як показують дослідження, ККТ світлодіодних джерел світла суттєво впливає на зоотехнічні показники. У загальному випадку рекомендується використання теплого білого кольору (3000 К). Однак також слід орієнтуватися і на рекомендації виробників кросу птиці.

Наразі вивчено та підтверджено ефективність використання декількох значень КЦКТ та/або ДХ випромінювання світлодіодних джерел світла в період утримання птиці, її зміна відбувається спільно з рівнем освітленості та становить єдиний механізм впливу на зоотехнічні показники птиці в режимі переривчастого освітлення пташника.

2) . Рівень освітленості. Базове значення освітленості та місце, де вона має забезпечуватися, визначається рекомендаціями з вирощування птиці. Водночас реальне значення освітленості на початку експлуатації має враховувати деградацію (втрату світлового потоку) світлодіодів із плином часу, зниження коефіцієнта світлопропускання корпусу світильників, вплив їхньої забрудненості, а також пилу в приміщенні. Як показує практика, деградація світлодіодів за планованої експлуатації протягом 6-7 років на сучасному етапі розвитку світлодіодних технологій становитиме 10-15% від початкового значення світлового потоку. Такий самий запас буде потрібен для компенсації забрудненості світильників і пташника. Таким чином, загальне перевищення заданого значення освітленості в пташнику на початку експлуатації має становити 25-30%.

3). Рівномірність освітлення. Забезпечення однакового рівня освітленості в потрібних місцях пташника є важливим фактором створення рівних умов для всього поголів'я птиці та в загальному випадку залежить від кількості використовуваних джерел світла, їх розташування та геометричних розмірів. Важливим фактором, що впливає на рівномірність освітлення, є крива сили світла (КСС) світлодіодних світильників, що показує як розподіляється в просторі їхній світловий потік. Більшість виробників систем світлодіодного освітлення для птахівництва використовують у складі світильників світлодіоди SMD (Surface Mount Devices), які легко монтуються на поверхню алюмінієвої плати та мають КСС із кутом половинної яскравості, що дорівнює 120°-140°.

Порядок визначення кількості та розташування світильників різниться для підлогового та кліткового утримання птиці. У загальному випадку, як показує практика, для забезпечення достатньої рівномірності освітлення при підлоговому утриманні птиці за висоти підвісу від 2,5 до 3,5 метра на один світлодіодний світильник має припадати від 10 до 20 м<sup>2</sup> площі освітлюваної поверхні. При цьому необхідний рівень освітленості досягається вибором потужності світильника, а, отже значенням і його світлового потоку. На рис. 1 представлено два варіанти забезпечення необхідної освітленості різними за потужністю світильниками. Праворуч – для освітлення половини пташника використовуються 2 лінії освітлення по 28 світильників потужністю 14 Вт, ліворуч - 3 лінії освітлення по 37 світильників потужністю 7 Вт. При використанні більшої кількості менш потужних світильників і 3 ліній освітлення рівномірність освітлення значно краща. У той же час, вартість освітлювального обладнання в цьому випадку вища на 10-15%.

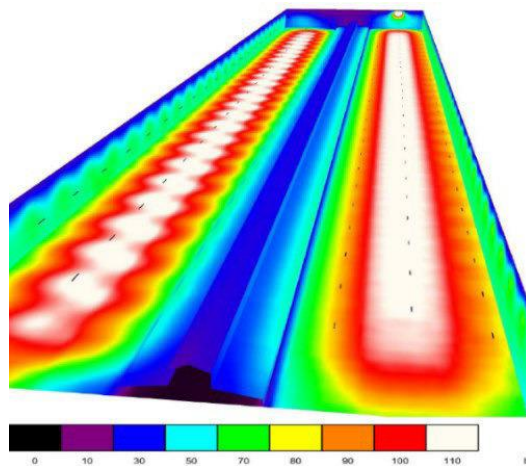


Рис. 1. Світлотехнічний розрахунок для корпусу підлогового утримання батьківського стада з необхідним рівнем освітленості 100 лк і використанням 2 ліній по 28 світильників СН575-14-24-Т потужністю 14 Вт у кожній (ліворуч) або 3 ліній освітлення по 37 світильників СН375-7-12Т потужністю 7 Вт (праворуч).

При використанні кліткового обладнання в пташнику розміщення світлодіодних джерел світла можливе трьома основними способами:

- традиційний спосіб розміщення світильників у проходах між клітинними батареями;
- локальний спосіб розташування малопотужних світлодіодних світильників, за якого в кожній клітці з птахом організується індивідуальне освітлення;
- комбінований спосіб, за якого на додаток до традиційного способу розміщення світильників у проходах між батареями, частина кліток (як правило, на нижніх ярусах клітинних батарей) обладнується індивідуальними світлодіодними світильниками.

Локальний спосіб є кращим для забезпечення однакового світлового мікроклімату в клітинах на різних ярусах, але для його реалізації, наприклад, у пташнику розмірами 18×96 метрів із чотириярусним клітковим обладнанням для вирощування курчат-бройлерів та утримання курей-несучок знадобиться відповідно понад 1700 і 5000 світильників.

Сьогодні практично кожен комплект кліткового обладнання для вирощування курчат-бройлерів встановлюється з локальним світлодіодним освітленням, а кліткове обладнання для утримання курей-несучок з ним практично не використовується.

Локальне освітлення економічно доцільне у випадках розташування годівниць і поїлок усередині клітки, а також у разі знаходження усередині клітки тільки поїлок, якщо в неї сідають курчата. При використанні локального світлодіодного освітлення істотно знижується падіж у початковий період вирощування птиці, вона швидше набирає живу масу і менше схильна до стресу.

Розташування світильників за традиційного способу розміщення світильників вище за людський зріст і на віддалі від металевих частин кліткового обладнання дає змогу забезпечувати безпеку під час використання джерел світла з потенційно небезпечною напругою промислової мережі 220 В, особливо в період миття та санітарного оброблення в пташниках.

Існуючі нормативи передбачають розташування світильників на відстані 2,5...3,5 метра один від одного. При цьому рівномірність освітлення перебуває на неприпустимо низькому рівні, а збільшення кількості світильників з метою її підвищення призводить до економічно не вигідної витрати електроенергії за використання ламп розжарювання та неможливості створення необхідних низьких рівнів освітленості через відсутність надійного керування світловим потоком компактних люмінесцентних ламп.

У разі клітинного утримання промислового стада яєчних курей нормативні рівні освітленості перебувають у межах 10 лк, що дає змогу використовувати світлодіодні джерела світла потужністю від 2 Вт у разі традиційного способу розташування світильників у проході між клітковими батареями, відстань між світильниками скорочується до 1,5 метрів для істотного поліпшення рівномірності освітлення.

Особливістю організації освітлення для ремонтного молодняка в кліткових батареях є необхідність створення заданої освітленості 4060 лк не тільки на кормовому фронті, а й усередині кожної клітки, особливо на поїлках. Для забезпечення необхідного світлового мікроклімату курчатам, як показує практика, вже починаючи з чотириярусної клітки і більше, за традиційного способу розташування світлодіодних світильників в одну лінію недостатньо. У таких випадках освітленість усередині клітки і на поїлках з четвертого ярусу зверху і нижче не відповідає нормам і веде до значного

погіршення рівномірності освітлення по ярусах. Поліпшення рівномірності освітлення в цьому випадку можна забезпечити або опусканням світильників на монтажному ланцюзі, як показано вище, до середини висоти клітинної батареї, або організацією локального освітлення на нижніх ярусах. У цьому разі спосіб організації освітлення є комбінованим - загальне освітлення організовується традиційним способом у проходах між батареями, а нижні яруси, або ті, в які спочатку садять курчат, додатково обладнуються локальним освітленням. При цьому світильники можуть розташовуватися у верхній частині клітки на краю з боку проходу між клітинними батареями.

**17. Л. Г. Савченко, к.і.н., доцент, В. В. Луцюк, Т. В. Оксюковський, Поліський національний університет, м. Житомир**

### **РОЗРОБКА ОСНОВНИХ ПРИЦИПІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ ФЕРМИ**

Застосовується технологія цілорічного холодного утримання великої рогатої худоби всіх видів і вікових груп на культурному пасовищі. Використовуються корови місцевих порід, пристосовані до утримання в умовах України. Породний склад - чорно-ряба, симентальська, холмогорська та інші помісні місцеві породи молочної худоби і м'ясного скотарства.

Цілорічне утримання з пересуванням ферм по культурних пасовищах накладає відбиток на технології годівлі, утримання, конструктивне виконання ферм, селекційну роботу, вирощування телят. Використовуються рефлекси тварин, які названі вродженими – безумовними та виробленими впродовж життя – умовними. В електророботизованих технологіях використовуються умовні та безумовні рефлекси: молоковіддачі – для роботизованого доїння; розмноження – ознаки "полювання"; годівлі – підхід до годівниць; поведінки – ієрархія стада; виховання потомства – облизування теляти під час народження та інші. Додатково використовуються інженерні методи електронної нумерації тварин різного віку, паспорти на кожну тварину, система автоматичних воріт для сортування та перегрупування тварин і технологічні роботи.

На рис. 1 представлено план модульної молочної ферми з дійним стадом 150 голів. Культурне пасовище обгороджено загальною електроогорожею й умовно розділене на дві частини. Обидві частини ферми однакові і складають повну ферму. У кожній частині утримується половина стада: лактуючі корови, нетелі та телята до 3 місяців. Корови самостійно заходять у робот 1 доїння, отримують комбікорм і видоюються. На фермі здійснюється повний виробничий цикл використання тварин від введення в стадо до вибракування.

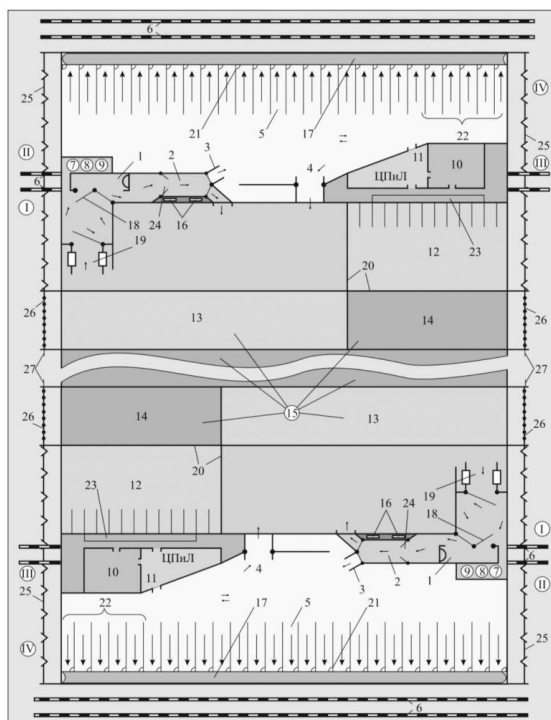


Рис. 1. Електро-роботизована молочно ферма з цілорічним утриманням на культурному пасовищі: I – Система автоматичних воріт з ідентифікацією, що регулює захід корів у робот доїння; II – Відділення ферми з кормовим столом і боксами ветеринарного обслуговування – діагностики, осіменіння, профілактичного лікування; III - Відділення годівлі та обслуговування телят, проведення лабораторних аналізів, управління фермою з використанням пульта та електротехнічного обладнання; IV – Кормовий стіл для групового раціону годівлі корів. 1 – робот доїння; 2 – установка моніторингу

фізіологічного стану тварин; 3 – автоматичні ворота поділу потоку тварин на дві гілки; 4 – автоматичні ворота для виходу корів на культурне пасовище; 5 – станки кормових столів; 6 – рейки залізниць; 7 – бункер концкорму для подачі в годівницю робота доїння; 8 – ємність надоеного молока; 9 – бак із підігрівом води для поїлок; 10 – щитова електрообладнання ферми з пантографом; 11 – центр управління фермою з центральним пультом (ЦП) і лабораторією (Л); 12 – приміщення для годівлі телят; 13 – майданчик культурного пасовища під ангаром для корів; 14 – майданчик культурного пасовища, обгороджений електроогорожею, для телят під ангаром; 15 – загальне культурне пасовище; 16 – прилади моніторингу фізіологічного стану тварин; 17 – лотки кормових столів; 18 – автоматична вхідна брама до робота доїння; 19 – автоматична брама для заборони входу тваринам, які наразі не повинні дійтися; 20 – електроогорожа, яка обгороджує майданчик для телят; 21 – поїлки корів; 22 – станки для отелення та ветеринарного обслуговування; 23 – установка для роздавання корму телятам; 24 – автоматичні ворота для регулювання входу по одному в установку моніторингу фізіологічного стану тварин; 25 – контури ангара над фермою; 26 – контури ангара над культурним пасовищем; 27 – загальний електрозагорожа, яка огорожує культурне пасовище ферми.

Корови в технологічному потоці проходять систему воріт I з ідентифікацією номерів, переддоільний майданчик і по одному заходять у 1 робот доїння. Тут кожній тварині видають концентрований корм пропорційно до поточного удою та стадії лактації. У верстаті робота корови проходять частковий зооветеринарний контроль за низкою параметрів - поточним удою, поведінкою, кількістю соматичних клітин у молоці, зовнішнім оглядом вимені. Після закінчення доїння корови заходять у станок 2 контролю фізіологічного стану. Тут за допомогою групи дистанційно діючих приладів - температури тіла, тільності, оцінки стану копит та інших, тварини діагностуються. За результатом моніторингу групи показників, що визначаються під час доїння на роботі й у верстаті 2 фізіологічного контролю, тварини за допомогою воріт 3 спрямовуються на кормовий стіл IV для групової годівлі та за потреби переводяться до верстатів ветеринарного обслуговування й піддаються глибокій ветеринарній діагностиці, профілактичному лікуванню, заплідненню, прийманню отелень та іншим зооветеринарним операціям. У літню пору тварини, які не підлягають діагностиці та зооветеринарним заходам, через ворота 4 направляються на пасовище.

Кормове приміщення ферми є багатофункціональним. У ньому розміщено кормовий стіл IV з боксами, кімнату з центральним пультом управління та лабораторіями (ЦПіЛ), кімнату 10 для приготування корму телятам, роздавальник 11 корму телятам, приміщення 12 для перебування та годівлі телят з кормовими боксами, місце відпочинку 14 телят на пасовищі.

У боксах 5 кормового столу IV тварини фіксуються спереду і ззаду. У кожному боксі встановлено поїлку. Проблемні тварини проходять контрольне доїння переносним апаратом із відбором проб молока для діагностики маститних та інфекційних захворювань. Для цього виділено 3 обладнані ветеринарні стійла. Для корів, які тільки годуються, час перебування в боксі обмежений. Відчиняються задні дверцята (засувка) і корова витісняється на пасовище. Якщо корова підлягає вибракуванню або переведенню на інші ферми, до боксу під'їжджає робот-перевізник, визначає № корови, відчиняє передні дверцята (засувку), спускає під передні ноги корови трап - закритий прохід, і корову маніпулятор повільно витісняє до вагона робота-перевозчика. Для виходу з кормового столу на пасовище передбачено 4 ворота з ідентифікацією номерів.

У кімнаті ЦПіЛ перебуває черговий оператор кібернетик-зоотехнік або кібернетик-ветеринар. У функції оператора входить підтримання заданого режиму функціонування ферми: спостереження за стадом із використанням вебкамер і візуально; забезпечення функціонування робота доїння; ведення зоотехнічного обліку та введення даних у комп'ютер про виконані ручні операції з догляду за тваринами; приймання отелення, обробка теляти й поїння молозивом; запліднення корів; діагностика захворювань тварин, виділених у бокси кормового столу верстатом 2 фізіологічного контролю; виконання розпоряджень центру керування комбінатом щодо вибракування тварин та поїння молозивом; відбирання тварин, що не вилучаються. У періоди інтенсивного графіка роботи кібернетика-зоотехніка йому виділяється помічник. Лабораторне обладнання, що розміщене в кімнаті ЦПіЛ, забезпечує проведення зооветеринарних досліджень проб молока під час визначення маститних захворювань, проб корму під час визначення плісняви та мікотоксинів, контролю гінекологічних захворювань тварин.

У кімнаті 10 розміщене електротехнічне обладнання – силове введення від пантографа, розподільчий пристрій із комутаційною апаратурою для ліній електроживлення кожного споживача, щити та пульти управління й автоматики. Майданчик 14 огорожено електроогорожею для телят і на нього не можуть зайти дорослі тварини.

Блоки ферм змонтовані на платформі вагона, що стоїть на рейках одноколіїної ЕЖД. Ширина платформи вагона 3 метри. До платформи вагона на рівні її підлоги прибудовано кормовий стіл шириною 4 метри. З іншого боку прибудований трап (пандус) - похила плита, шириною 6 метрів із кутом нахилу 120. По ній тварини заходять у робот доїння, на кормовий стіл і повертаються на пасовище. Довжина вагона 24 метри. Загальна площа блоку 1 ферми 300 м<sup>2</sup>. На цій площі розташовані робот доїння, діагностичний пункт, сортувальні ворота, кормовий стіл, службові приміщення та інші технологічні установки.

Площа 300 м<sup>2</sup> зверху має дах ангарного типу. На даху над приміщенням 10 встановлено пантограф. Над кормовим столом простір ангара закритий шторкою зі смуг гнучкого пластику для захисту тварин і корму в лотку від дощу і сонця. З іншого боку даху ферми встановлено ангар з легкого матеріалу, наприклад, брезенту. Ангар використовується в негоду і в зимовий час, утворюючи додатково 200-250 м<sup>2</sup> закритої площі для відпочинку тварин на полі з підстилкою із соломи. У зимовий час в ангар подається тепле повітря, підтримуючи плюсову температуру.

Пандус ферми являє собою похилу площину шириною 6 метрів і довжиною 24 м. Площина шириною 2 м, де розташовані стійла, горизонтальна. На всій площі 138 м<sup>2</sup> розміщується кормовий стіл, у якому загальний лоток для корму групового раціону і 38 стійл. Кормовий стіл розрахований на годівлю та утримання до 72 тварин, тобто 1,9 тварин на одне кормове стійло. У кожному боксі встановлено поїлку. Тварини, які ввійшли в стійло, не можуть перебувати в ньому понад 45 хвилин. Після закінчення 45 хв. вмикається витіснявач і тварину видаляють зі стійла, звільняючи місце іншим тваринам. Стійла вузькі й не дають змоги тваринам лежати.

До кормового столу тварини підходять через ворота з розпізнаванням номера. Комп'ютер пускає в кормовий стіл не більше 38 тварин. Тому черга на годівлю в кормовому столі відсутня. Похила частина площі ферми, щоб уникнути ковзання тварин, покрита м'якою гумою з глибоким протектором.

До кормового столу тварини підходять через ворота з розпізнаванням номера. Комп'ютер пускає в кормовий стіл не більше 38 тварин. Тому черга на годівлю в кормовому столі відсутня. Похила частина площі ферми, щоб уникнути ковзання тварин, покрита м'якою гумою з глибоким протектором.

**18. Б. І. Боднарук, С. М. Грушецький, к.т.н., доцент, Подільський державний університет**

### **ЗНАРЯДДЯ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ЗІ СФЕРИЧНИМИ ДИСКОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ**

Знаряддя для обробітку ґрунту зі сферичними дисковими робочими органами (СДРО) виявляються дуже ефективними в різних аспектах, особливо в умовах підготовки ґрунту для сівби зернових культур. Ось кілька ключових переваг цих знарядь:

1. Висока технологічна надійність. Це важливий аспект, оскільки робочі органи повинні ефективно функціонувати протягом тривалого періоду, забезпечуючи якісну обробку ґрунту.

2. Ефективність на полях з пожнивними рештками. Знаряддя з СДРО демонструють високу ефективність при роботі на полях, де є залишки пожнивних решток зернових, сої, ріпаку та інших культур. Вони здатні ефективно обробити ґрунт навіть у таких умовах.

3. Універсальність застосування. Знаряддя з СДРО широко застосовуються на всіх видах обробітку ґрунту, починаючи від м'якого обробітку на лушненні стерні після збирання врожаю до основного обробітку в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України.

4. Економія енергії. Знаряддя з СДРО дозволяють скоротити витрати енергії до 20%, що є значною економією в умовах підготовки ґрунту для сівби.

5. Підвищення продуктивності праці. Знаряддя з СДРО можуть підвищити продуктивність праці на 20-25% при якісному обробітку ґрунту, що є значною перевагою для сільськогосподарських підприємств.

6. Адаптивність глибини обробітку. Знаряддя зі СДРО можуть обробляти ґрунт на глибину до 16-18 см, що відповідає вимогам для підготовки ґрунту перед сівбою.

Загалом, знаряддя зі сферичними дисковими робочими органами виявляються важливими і ефективними інструментами для сільськогосподарського виробництва, забезпечуючи ефективну обробку ґрунту з економією ресурсів і підвищенням продуктивності.

В конструкціях дискових ґрунтообробних знарядь застосовуються робочі органи з різною формою та розмірами (рис. 1) [1]. Дискові борони з батарейним розміщенням робочих органів за конструкційним вирішенням дозволяють встановлювати і регулювати тільки величину кута атаки розташування дисків до напрямку руху.



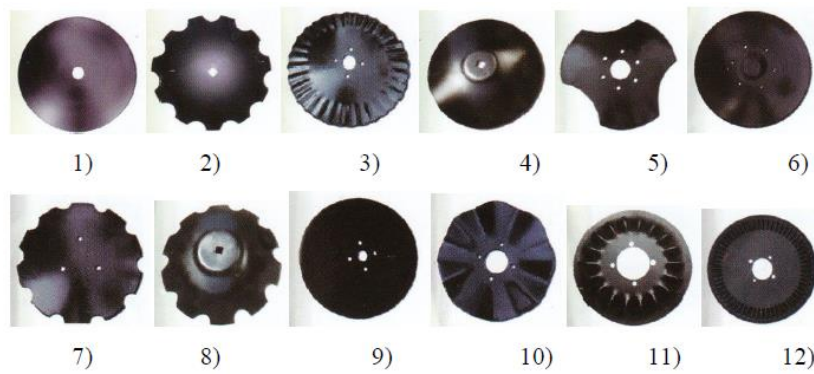


Рис. 1. Варіанти конструкційного виконання дискових робочих органів: 1 – плоский суцільний; 2 – вирізний сферичний; 3 – рифлений плоский; 4 – сферичний суцільний; 5 – конічний; 6 – купольний; 7 – безцентровий вирізний; 8 – вирізний з задньою випуклістю; 9 – плоский суцільний; 10 – плоский хвилястий; 11 – плоский з випукlostями; 12 – плоский гофрований

СДРО можуть бути класифіковані (рис. 2) за формою сферичності, загостренню леза, способу встановлення дисків в горизонтальній та вертикальній площинах.

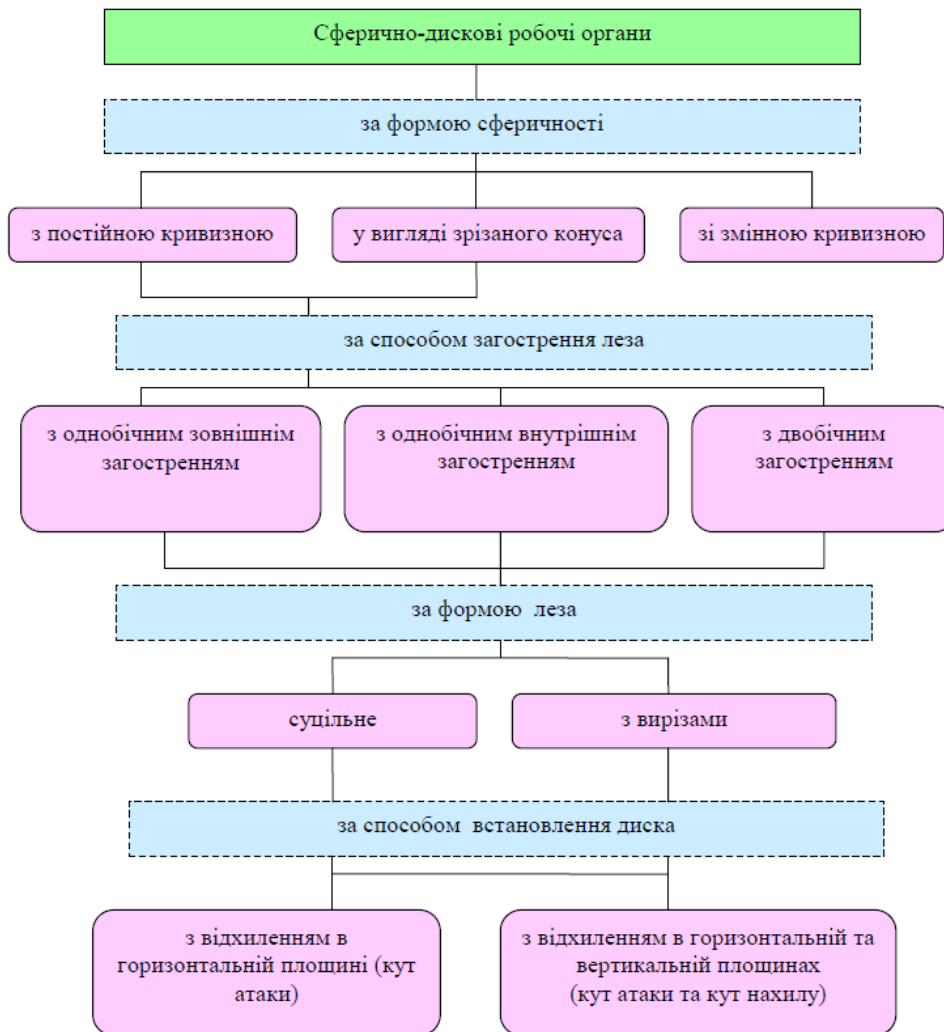


Рис. 2. Класифікація СДРО

За формою сферичності використовують дискові робочі органи з постійною кривизною, тобто сферичні, а також у вигляді зрізаного конуса. Можливі також диски зі змінною кривизною, еліптичні, параболічні та інші.

У виробництві найбільшого застосування знайшли сферичні диски з постійною кривизною сфери.

За формою загострення леза використовують диски з однібічним зовнішнім загостренням відносно до кривизни сферичності дисків, з внутрішнім або двобічним загостренням. У виробництві найбільше застосування знайшли диски з зовнішнім загостренням.

За формою леза сферичні диски поділяються на диски з суцільним лезом та, так звані, вирізні. При цьому вирізи можуть бути трикутні, трапецієвидні, овальні та іншої форми.

За способом встановлення диски можуть бути з відхиленням в горизонтальній площині до напрямку їх руху, так званого кута атаки, для забезпечення найбільш ефективного розпушення ґрунту в залежності від його фізико – механічних характеристик. Більш універсальним встановленням дисків на вісі обертання є комбінований спосіб, коли встановлюється кут атаки і кут нахилу до вертикалі, за рахунок чого зменшується кут різання ґрунту і зменшуються витрати енергії на обробіток ґрунту [3-5].

Слід відзначити, що СДРО застосовуються для лушення стерні, суцільного або смугового, поверхневого або глибокого обробітках ґрунту, а також в сошниках сівалок для міжрядного обробітку ґрунту при сівбі просапних культур, міжстовбурного обробітку ґрунту в садах, в якості маркерів при виконанні посівних робіт, внесенні мінеральних добрив та отрутохімікатів.

Широке застосування СДРО свідчить про їх універсальність. Проте найбільш широкого застосування вони знайшли в конструкціях дискових борін.

Дискові борони з батарейним розміщенням дисків за конструкційним вирішенням дозволяють встановлювати і регулювати тільки величину кута атаки розташування дисків до напрямку руху агрегату, чого не завжди достатньо для якісної роботи борони і зменшення сили опору ґрунту в залежності від фізико-механічних властивостей різних типів ґрунтів.

**Висновки.** Отже, підвищення якості роботи дискових борін передбачає застосування в їх конструкції можливості зміни кута між віссю обертання та горизонтальною площиною. Однак в літературі відсутні кількісні показники впливу параметрів СДРО з кутом нахилу дисків до вертикалі на енергоємність та якість обробітку. Не відзначено залежності та закономірності зміни основних параметрів цих СДРО. Це, в свою чергу, значно ускладнює процес удосконалення таких борін. Звідси випливає необхідність дослідження таких залежностей та встановлення закономірностей їх зміни в типових умовах експлуатації.

#### Список використаних джерел

1. <http://bcmaz.com.ua>.
2. <http://velesagro.com>.
3. Грушецький С.М., Назар С.М. Дослідження дискових ґрунтообробних знарядь для поверхневого обробітку ґрунту: *матеріали VII всеукр. наук.-прак. конф., «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* : зб. наук. праць / за заг. ред. С.С. Добранський. Житомир : АТК, 2021. С. 44-46.
4. Hrushetsky S. M., Yaropud V. M., Duganets V. I., Duganets V. I., Pryshliak V. M., Kurylo V.L. Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. *Journal title : «INMATEH-Agricultural Engineering»* Bucharest, 6 Ion Ionescu de la Brad Blvd, Sector 1, ROMANIA, Vol 59, № 3 / December / 2019. S 101-110.
5. Hrushetskyi S., Yaropud V., Kupchuk I., Semenushena R. The heap parts movement on the share-board surface of the potato. *Harvesting machine bulletin of the Transilvania university of Braşov series II : forestry wood Industry agricultural food engineering*. Transilvania, 2021. S. 127-140. Vol. 14(63) №. 1.

#### 19. В. І. Кокітко, С. М. Грушецький, к.т.н., доцент, Подільський державний університет

##### РОБОЧІ ОРГАНИ ПРОСАПНИХ КУЛЬТИВАТОРІВ

Робочі органи просапних культиваторів можна класифікувати за кількома основними характеристиками:

1. Форма та тип робочої поверхні:
  - лапи. Вони мають загострену форму і використовуються для розрізання та рухання ґрунту;
  - диски. Це круглі металеві диски, які використовуються для розривання ґрунту і розмелювання поживних залишків;
  - зубці. Використовуються для розгортання ґрунту та розрізання кореневої системи бур'янів;
  - комбіновані робочі органи: Комбінують у собі різні типи робочих поверхонь для більш ефективного обробітку.
2. Конструкція та розміщення:
  - паралельно розташовані. Робочі органи розміщені паралельно один одному і працюють одночасно;
  - хвильово розташовані. Робочі органи розташовані зміщено відносно один одного, що дозволяє покращити якість обробітку ґрунту;
  - комбіновані. Використовують різні типи робочих органів, розміщені у відповідний спосіб для оптимального обробітку.

### 3. Функціональність:

– поверхневі. Призначені для обробітку верхнього шару ґрунту без його значного переміщення;

– глибокорихлювальні: Використовуються для обробітку ґрунту на значну глибину з метою розрізання та розвороту плодоносних шарів.

### 4. Матеріал виготовлення:

– металеві. Зазвичай виготовлені зі сталі або сплавів, що забезпечують їм високу міцність та стійкість до зношування;

– полімерні: Виготовлені з полімерних матеріалів, що можуть бути легшими та менш агресивними до ґрунту, але вони менш міцні порівняно з металевими.

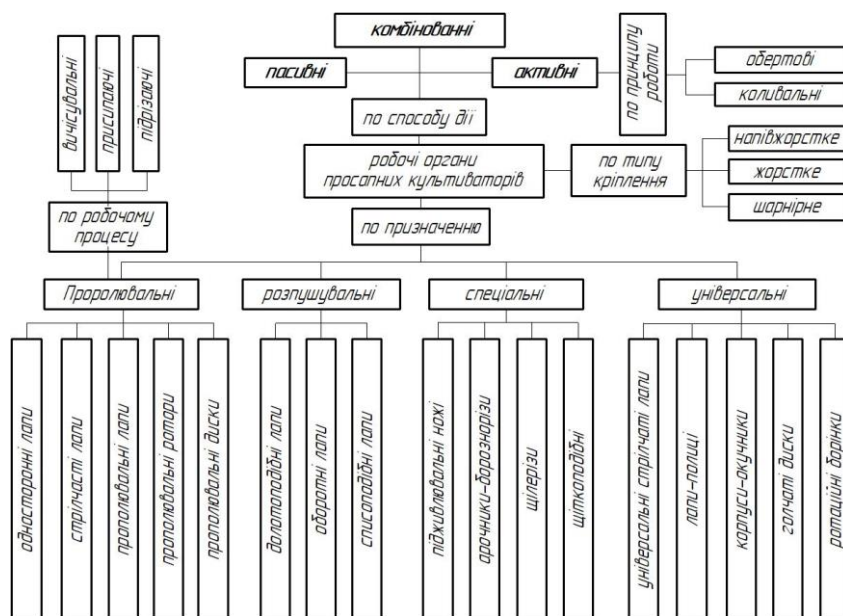
Ця класифікація надає загальну уяву про різноманітність робочих органів просапних культиваторів і дозволяє вибирати оптимальні моделі в залежності від конкретних умов використання та завдань обробітку ґрунту.

Класифікація робочих органів просапних культиваторів представлена на рисунку 1.

Для обробітку міжрядь на культиваторах зазвичай встановлюють лапи різного типу, рідше - універсальні або спеціальні робочі органи. Для обробітку захисних зон культурних рослин застосовують лапи-полиці, диски голчасті, ротаційні або проплювальні борінки, проплювальні диски [1].

Проведений нами аналіз показав, що серійно виготовлені промисловістю робочі органи просапних культиваторів виконують обмежене число технологічних операцій і мають низьку придатність при обробітках різних видів. Тільки стрілчаста лапа може бути застосована на трьох видах обробітку ґрунту, інші ж - лише за одним або двох видах.

Тому при всіх видах міжрядного обробітку, крім підгортання, для обробітку міжрядь і захисних зон на секції культиватора встановлюють від 5 до 7 різних робочих органів.



**Рис. 1. Класифікація робочих органів просапних культиваторів**

Наприклад, при першому міжрядному обробітку на секції культиватора необхідно встановити сім робочих органів: стрілчасту лапу + 2 лапи-бритви + 2 пари голчастих дисків. Крім того додаткові робочі органи мають ряд недоліків:

- залежність їх застосування від висоти культурних рослин (лапи- полиці, ротаційні борінки та ін.);

- неповний обробіток захисної зони (голчасті диски, проплювальні і ротаційні борінки);

- пошкодження культурних рослин (завалювання ґрунтом, пошкодження коренів і вегетативних органів);

- обмежене застосування при непрямолінійності посіву.

Практика показує, що існує необхідність створення робочого органу, позбавленого зазначених вище недоліків, здатного виконувати за один прохід кілька операцій: розпушування ґрунту і знищення бур'янів до захисних зон, руйнування ґрунтової кірки і знищення бур'янів у захисній зоні. Крім того, такий робочий орган повинен знайти застосування як на передпосівній культивації, так і при наступних міжрядних обробітках.

Висновок щодо робочих органів просапних культиваторів може бути таким:

Робочі органи просапних культиваторів є ключовою складовою частиною сільськогосподарської техніки, яка використовується для обробки ґрунту перед посівом рослин. Вони дозволяють ефективно розрізати, розмелювати та рухати ґрунт, а також змішувати його з поживними залишками та добривами. Робочі органи можуть мати різні конструкції та функціональні можливості, включаючи лапи, диски, зубці та комбіновані робочі елементи.

Важливі характеристики робочих органів просапних культиваторів включають їхню міцність, високу ефективність обробки ґрунту, універсальність застосування та можливість налаштування глибини обробки. Вибір конкретного типу робочих органів залежить від умов ґрунту, виду культур та інших факторів.

Загалом, робочі органи просапних культиваторів є важливим елементом для досягнення високої продуктивності та якості обробки ґрунту в сільському господарстві.

#### **Список використаних джерел**

1. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку. Навч. посібник / Д. Г. Войтюк та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. – Суми: Університетська книга, 2008. – 543 с.
2. Hrushetsky S. M., Yaropud V. M., Duganets V. I., Duganets V. I., Pryshliak V. M., Kurylo V.L. Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. *Journal title : «INMATEH-Agricultural Engineering»* Bucharest, 6 Ion Ionescu de la Brad Blvd, Sector 1, ROMANIA, Vol 59, № 3 / December / 2019. S 101-110.
3. Hrushetskyi S., Yaropud V., Kupchuk I., Semenysheva R. The heap parts movement on the share-board surface of the potato. *Harvesting machine bulletin of the Transilvania university of Braşov series II : forestry wood Industry agricultural food engineering*. Transilvania, 2021. S. 127-140. Vol. 14(63) №. 1.

**20. В. А. Процюк, С. М. Грушецький, к.т.н., доцент, Подільський державний університет**

#### **КОНСТРУКТИВНА СХЕМА КОПАЧА ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ**

Цикорій, насправді, є надзвичайно цінною культурою з багатьма корисними властивостями та широким спектром використання. Ось деякі з його корисних характеристик і використання:

1. Харчове використання. Корені цикорію використовуються для виробництва цикорієвого порошку, який може бути використаний як альтернатива каві або як добавка до неї. Цей порошок має приємний смак та аромат, а також має корисні властивості для організму.

2. Медичне використання. Екстракти цикорію використовуються в фармацевтичній промисловості для виробництва ліків і лікувальних препаратів. Вони можуть мати протизапальні, жовчогінні та імуномодулюючі властивості.

3. Споживче використання. Корені цикорію можуть також використовуватися у кондитерській промисловості для виробництва солодких добавок, які додаються до продуктів, таких як шоколад, кондитерські вироби та інші.

4. Біологічне використання. Інулін, один з головних компонентів цикорієвого кореня, є пребіотиком, який сприяє розвитку корисної мікрофлори в кишечнику та покращує травлення.

5. Вміст корисних речовин\*\*: Коренеплоди цикорію багаті на вітаміни (зокрема вітамін С), мінерали та антиоксиданти, що робить їх корисними для загального здоров'я.

Загалом, цикорій має великий потенціал як цінна технічна, харчова та медична культура, і його використання може бути дуже різноманітним і корисним для людського організму.

Зона вирощування цикорію на Україні зазвичай охоплює південні та центральні регіони країни. Основні області, де вирощують цикорій, включають:

1. Південний регіон. Включає області такі як Одеська, Херсонська, Миколаївська та Запорізька. Клімат та ґрунтові умови цих областей дуже сприятливі для вирощування цикорію.

2. Центральний регіон. Области, такі як Київська, Черкаська, Вінницька та Житомирська також можуть бути зонами вирощування цикорію.

Важливою частиною вирощування цикорію є вибір підходящих ґрунтів і врахування агрокліматичних умов. Зазвичай це землі, добре дреновані та з високим вмістом органічних речовин. Такі умови сприяють розвитку кореневої системи цикорію та накопиченню корисних речовин у коренеплодах.

Зокрема, південні регіони України мають теплий клімат з достатньою кількістю опадів, що створює сприятливі умови для вирощування цикорію. Тут також є можливість використання річкових

долин, які забезпечують додаткові водні ресурси для рослин. Середня врожайність цикорію становить 150-350 центнерів з гектара.

Низький рівень механізації технологічних процесів при вирощуванні цикорію, зокрема викопування коренеплодів, може справді стати однією з причин зменшення посівних площ під цією культурою, незважаючи на високий попит на неї.

Основні фактори, які можуть обмежувати механізацію процесів вирощування цикорію, включають:

1. Фізико-механічні характеристики коренеплодів. Як виправдано зауважується, крихкість коренів цикорію ускладнює їхнє відокремлення від ґрунту та транспортування, що може призводити до травмування та втрат урожаю.

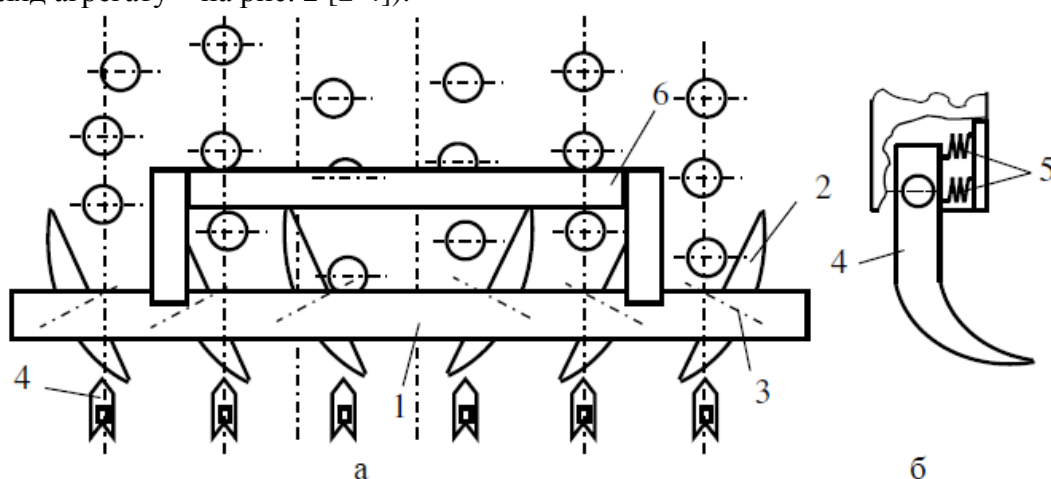
2. Відсутність спеціалізованої техніки. Наразі існуюча механізація для викопування коренеплодів цикорію може бути обмеженою або неефективною, що ускладнює вирощування цієї культури.

3. Високі витрати на вирощування. Недостатня механізація може призводити до великих витрат часу, праці та ресурсів, що робить вирощування цикорію менш привабливим з економічної точки зору.

4. Технологічні складнощі. Вирощування цикорію може вимагати особливого підходу до механізації через його специфічні вимоги щодо обробки та збору коренеплодів.

Для подолання цих проблем можуть бути розроблені нові технології та вдосконалені існуючі механізми для вирощування цикорію. Це може включати в себе розробку спеціалізованої техніки для викопування коренеплодів, а також вдосконалення методів обробки ґрунту та технологій збирання урожаю з мінімальним пошкодженням коренів. В зв'язку з цим, назріло питання розробки робочих органів коренезбиральних машин які звели б до мінімуму травмування крихких коренеплодів, типу цикорію і відповідно зменшили їх втрати під час збирання врожаю. [1]

Конструктивну схему копача для викопування коренеплодів цикорію наведено на рис. 1, а загальний вигляд агрегату – на рис. 2 [2-4]).

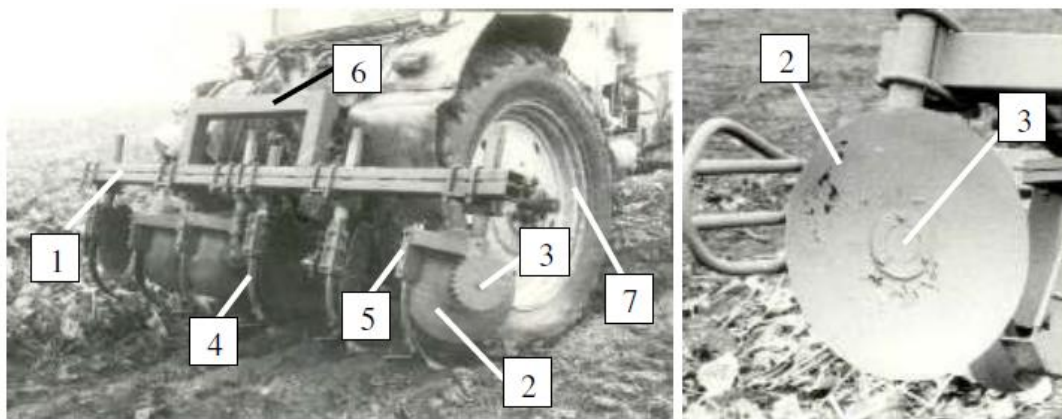


**Рис. 1. Конструктивна схема а – копача для викопування коренеплодів цикорію: 1 – рама; 2 – сферичний диск; 3 – вісь диска; 4 – розрихлювач; 5 – пружина; 6 – сниця; б – схема кріплення лапи**

Аналіз показників якості викопування та підбирання коренеплодів цикорію показує, що модернізована машина дозволяє значно покращити показники втрат і пошкодження коренеплодів порівняно з показниками базової машини.

При цьому загальні втрати коренеплодів, які викопуються комбінованим копачем знижуються в 2,4 рази відносно показника базового копача – 2,2 % у модернізованій коренезбиральній машини проти 5,3 % у базової, що логічно пояснюється застосуванням лапи розрихлювача, а також адекватно регламентує зниження у 3,2 рази кількості невикопаних (залишених у ґрунті) підземних частин коренеплодів цикорію – 4,5 % у базового копача проти 1,4 % у комбінованого копача.

Показники втрачених коренеплодів, які обумовлюються кількістю невикопаних цілих коренеплодів, залишених на поверхні ґрунту та присипаних ґрунтом у порівнювальних машин однакові та становлять, відповідно, 0,1 %; 0,5 % і 0,2 %.



**Рис. 2.** Загальний вигляд агрегату для викопування коренеплодів цикорію: 1 – рама; 2 – сферичний диск; 3 – вісь диска; 4 – розрихлювач; 5 – пружина; 6 – сниця; 7 – трактор

Значне зниження загальної кількості пошкоджень коренеплодів цикорію (приблизно у 2 рази – 20,7 % у базового копача проти 10,1 % у комбінованого копача) комбінованим копачем також підтверджує технологічну доцільність його застосування та є суттєвим у плані подальшого удосконалення технологічного процесу збирання крихких коренеплодів, які залягають у ґрунті на доволі значних глибинах, при цьому кількість коренеплодів із зламанною хвостовою частиною зменшується приблизно у 4,5 рази.

Показники якості за складом зібраного вроху коренеплодів цикорію під час їх збирання модернізованою та базовою коренезбиральними машинами суттєво не відрізняються та приблизно однакові.

Незначне збільшення загальних домішок (на 2,0 %) у зібраному вроші коренеплодів цикорію та складових компонентів домішок (вільного та налиплого ґрунту на коренеплодах, залишків гички на головках коренеплодів – на 0,4 %, рослинних решток – на 1,2 %, вільної гички та бур'янів – на 0,8 %) у базового копача відносно комбінованого копача є наслідком меншої загальної маси зібраних коренеплодів кожної окремої проби, або більшими порівняно з комбінованим копачем загальними втратами коренеплодів цикорію.

**Висновки.** Таким чином, можна констатувати, що застосування удосконаленого комбінованого копача у технологічній схемі базової коренезбиральної машини дозволяє значно зменшити загальні втрати та пошкодження коренеплодів цикорію за рахунок застосування лапи розрихлювача, яку встановлено на вібраційній пружній підвісці.

На основі проведеного аналізу порівняльних польових досліджень удосконаленої та базової коренезбиральної машини можна стверджувати, що використання розробленої конструкції комбінованого копача з обґрунтованими його конструктивно-кінематичними параметрами забезпечує значне підвищення ефективності процесу збирання коренеплодів цикорію і є перспективним напрямком для подальшого удосконалення технологічного процесу збирання крихких коренеплодів, яке досягнуто за рахунок встановлення розрихлювача.

#### Список використаних джерел

1. Грушецький С. М., Лейбюк Д. О. Аналіз сучасних техніко-технологічних рішень збирання коренеплодів цикорію. *Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі : зимові диспути : тези доп. II міжнар. наук.-практ. інтер.-конф. журналу «WayScience» (4-5 лютого 2021 р)*. Дніпро, 2021. Т.1. С. 290-292.
2. Грушецький С. М., Лейбюк Д. О. Показники якості виконання технологічного процесу збирання коренеплодів цикорію під час проведення порівняльних досліджень : *матеріали VII всеукр. наук.-практ. конф., «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*: зб. наук. праць / за заг. ред. С.С. Добранський. Житомир : АТК, 2021. С. 34-36.
3. Грушецький С. М., Лейбюк Д. О. Обґрунтування робочого органу викопування коренеплодів цикорію. *Перші наукові кроки – 2021 : збірник наукових праць II міжнар. наук.-практ. конф. студ. та молод. наук. 15 квітн. 2021 р. (ПДАТУ, м. Кам'янець-Подільський)*. Кам'янець-Подільський, 2021. С. 41.
4. Лейбюк Д. О., Грушецький С. М. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів комбінованого копача коренеплодів цикорію : студ. наук. роб. із спец. «Агроінженерія», Київ : НУБІП України, 2021. 86 с.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ В ДВОПАЛИВНИЙ РЕЖИМ**

В умовах збільшення частки паливних витрат багато операторів комерційних перевезень замислюються про можливість компенсувати зростання цін за рахунок переходу на газ. Проте такі радикальні методи, як конвертація дизельних двигунів у газові, мають свої недоліки. У пошуках оптимального рішення ми звернули увагу на такий альтернативний варіант як газодизель, що поєднує переваги традиційного дизеля та ГБО –газобалонного обладнання. Існуючі дані наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців [1-3] дозволяють заявити про перспективність розвитку використання газодизельних двигунів, однак на сьогодні відсутній систематизований підхід щодо використання даного типу паливного обладнання в сільському господарстві.

Метою роботи було оцінка перспективності використання газодизельної системи двигуна в сільському господарстві. Для цього було проведено аналіз сучасних наукових даних щодо використання автотракторних дизельних двигунів із залученням зрідженого нафтового газу (ЗНГ). Проведено пошук наукових джерел в базах даних Google Scholar, Scopus, Web of Science публікацій за період 2000-2023 роки згідно поставленій меті. Із подальшого аналізу проводилось виключення публікацій що не мали статистичного обґрунтування, які дублювали результати або містили дані, які не піддавались подальшій верифікації.

Привертає увагу використання в світовій науковій літературі терміну щодо двигуна, який використовує як звичайне дизельне паливо, так і зріджений газ – «зрідженим газом і дизельним двопаливним двигуном» [3]. В публікаціях 2010-2020 років [4,5] подвійні паливні двигуни на зрідженому газі – це модифіковані дизельні двигуни, які використовують зріджений газ як основне паливо, а дизельне – як вторинне. Подвійні паливні двигуни на зрідженому газі мають добру термічну ефективність при високій потужності, але продуктивність нижча в умовах часткового навантаження через погане використання енергетичних можливостей комбінованого палива. Цю проблему можна подолати за допомогою різноманітних факторів, таких як кількість запальної дози палива, час впорскування, склад газоподібного палива та умови впускного заряду, для покращення продуктивності, згоряння та викидів двопаливних двигунів [3]. Крім рідкого палива - дизеля, використовують в комбінації газове паливо, такі як водень, compressed natural gas (CNG), метиловий ефір дизельного палива (DME), біогаз і LPG [6, 7]. Зріджений нафтовий газ (LPG) і CNG виявились в 2010-2020 роках найбільш популярними серед газових палив завдяки доступності і простоті агрегатів для їх використання.

В сучасних агрегатах робота газобалонного обладнання (ГБО) на дизельному двигуні виконується за принципом 4 покоління ГБО бензинових двигунів з невеликою різницею в системі подачі палива. Якщо в бензиновому аналогу двигун починає роботу на бензині, а далі використовує лише газ, то ГБО на дизельному двигуні використовує одночасно обидва види палива, подаючи його в циліндри по черзі на різних тактах. Однак в 2010 роки найбільшого поширення набуло використання природного газу в стисненому вигляді на автомобілях з двигунами із зовнішнім сумішоутворенням і примусовим (іскровим) запалюванням [8]. Складність застосування газового палива у дизельних двигунах пов'язана з їх поганою займістістю, низьким цетановим числом і високою температурою займання. Тому для організації роботи дизеля на природному газі використовується газодизельний процес, що полягає в подачі в циліндри дози запального дизельного палива, яка забезпечує займання газоповітряної суміші [9].

Головною проблемою у практичному застосуванні газодизельного двигуна в сільському господарстві є вибір принципу перебудови системи живлення для переобладнання серійних тракторних двигунів [10]. Принциповою в даному випадку є різниця у двох концепціях конвертації дизельних двигунів на газодизельну модель живлення. Найбільш радикальним є метод з повним заміщенням палива, що супроводжується іскровим запалюванням газоповітряної суміші [11]. Даний метод передбачає повний демонтаж дизельного паливного устаткування із наступним перепрограмуванням показників стиснення, із зменшенням його до – 11-14 одиниць, наприкінці система комплектується газовим обладнанням (система запалення, балон, газопровід). Технічні параметри при даному способі конвертації відповідають параметрам двигуна до перебудови, а екологічні показники є суттєво покращеними, оскільки в цілому даний двигун працює на газовому паливі [12]. Після виконання конвертації двигун вже не може більше працювати на дизельному паливі, зворотна операція є економічно недоцільною.

Наступним варіантом є двопаливний режим перебудови дизельного двигуна. В цілому, це є варіант стандартного газодизельного двигуна із переважним використанням газу в якості базового

палива, а дизеля — для запалювання газової суміші [13]. Однак, використання конкретного співвідношення дизелю та газу в даній схемі є досить варіабельним показником, що в першу чергу залежить від типу газового палива, окремими конструктивними особливостями як дизельного двигуна, так і газової установки. Важливим фактором в даному варіанті газодизельного двигуна є можливість використання повноцінного суто дизельного режиму, що здійснюється самим оператором.

Враховуючи вище наведене, результати наукових досліджень та ситуації з паливом в Україні на даний час, на наш погляд є більш перспективним та економічно обґрунтованим використанням дизельного двигуна з системою LPG в сільському господарстві. Однак привертає увагу збільшення кількості зарубіжних та вітчизняних публікацій за останні роки в проблемі переведення дизельного двигунів у двопаливний режим, зокрема із використанням біогазу або LPG [1-3.10-13], що свідчить про зростання інтересу до вирішення даної проблеми. В результаті даного огляду можемо зробити висновок про існування проблеми розробки енергоефективних та екологічно безпечних систем газодизелю зокрема для використання в сільському господарстві України.

#### Список літератури

1. Review of dual-fuel combustion in the compression-ignition engine: Spray, combustion, and emission / Q. Pham et al. *Energy*. 2022. Vol. 250. P. 123778. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123778> (date of access: 27.03.2024).
2. Kudrynetskyi R., Dnes V., Krupych S. A methodical Approach to Substantiating the Performance Indicators of the Machine-Tractor Unit Using Energy-saving Technologies. *National Interagency Scientific and Technical Collection of Works. Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines*. 2022. No. 52. P. 48–55. URL: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2022.52.48-55> (date of access: 27.03.2024).
3. Ashok B., Denis Ashok S., Ramesh Kumar C. LPG diesel dual fuel engine – A critical review. *Alexandria Engineering Journal*. 2015. Vol. 54, no. 2. P. 105–126. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.03.002> (date of access: 27.03.2024).
4. Пилипенко О.М Шльончак. І.А. Розробка системи живлення перспективного дизеля для роботи на біогазі.. *Вістник ХНАДУ*. 2016. вып. 74. С. 88-93.
5. Murthy K., Srinivas V. G., Kumar S. Modeling and prediction of NO<sub>x</sub> emission in an LPG–diesel dual-fuel CI engine. *Heat Transfer*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1002/htj.22206> (date of access: 27.03.2024).
6. Canelada M. M., Tischer F. DualFuel System, diesel and natural gas - Optimizing the concept. *SAE Brasil 2007 Congress and Exhibit*. 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA, United States, 2007. URL: <https://doi.org/10.4271/2007-01-2616> (date of access: 27.03.2024).
7. Staalhammar, Per, Erlandsson, Lennart, Willner, Kristina, & Johannesson, Staffan. Demonstration and evaluation of dual-fuel technology; Demonstration och utvaerdering av dual-fuel-tekniken. Sweden.
8. Ковбасенко С., Назаренко М., Петренко В., Голик А. (Перспективи використання природного газу дизелями транспортних засобів в Україні. *Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia*. 2016. (С. 159-164). Pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy Monographia nr 7., Seria: Transport, Politechnika Rzeszyowska im. Ignacego Łukasiewicza. Rzeszów.
9. Al-Dawody M. F., Idan Al-Chlaihawi K. K., Al-Farhany K. A. Numerical simulation of the effect of LPG blending on the characteristics of a diesel engine. *Heat Transfer*. 2021. Vol. 51, no. 2. P. 1918–1938. URL: <https://doi.org/10.1002/htj.22381> (date of access: 27.03.2024).
10. D'Agosto M. D. A., Oliveira C. M., Assumpção F. D. C. Alternativas energéticas para o transporte público urbano no Rio de Janeiro: uma análise utilizando Inventário de Ciclo de Vida (ICV). *TRANSPORTES*. 2014. Vol. 22, no. 1. P. 76. URL: <https://doi.org/10.14295/transportes.v22i1.736> (date of access: 27.03.2024).
11. . Evaluation of Using Biogas to Supply the Dual Fuel Diesel Engine of an Agricultural Tractor / M. Owczuk et al. *Energies*. 2019. Vol. 12, no. 6. P. 1071. URL: <https://doi.org/10.3390/en12061071> (date of access: 27.03.2024).
12. Mattarelli E., Rinaldini C. A., Savioli T. Dual Fuel (Natural Gas Diesel) for Light-Duty Industrial Engines: A Numerical and Experimental Investigation. *Energy, Environment, and Sustainability*. Singapore, 2018. P. 297–328. URL: [https://doi.org/10.1007/978-981-13-3307-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3307-1_11) (date of access: 27.03.2024).\
13. Performance, emission and combustion characteristics of a IDI engine running on waste plastic oil / C. A. Rinaldini et al. *Fuel*. 2016. Vol. 183. P. 292–303. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.06.015> (date of access: 27.03.2024).



## ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕНOSTІ ПРАЦЮЮЧОГО МОТОРНОГО МАСТИЛА

Під час експлуатації двигунів внутрішнього згоряння під впливом багатьох чинників змінюються фізико-хімічні властивості моторного мастила – вона старіє. Основними напрямками старіння мастила, які тісно пов'язані між собою, є окислення вуглеводневої основи, спрацьовування присадок, забруднення.

Окислення вуглеводневої основи моторного мастила спричиняється його високим нагріванням у присутності кисню повітря.

Присадки в мастилі витрачаються на нейтралізацію кислих продуктів, що накопичуються за рахунок окислення мастила і згоряння палива, а також на диспергування продуктів забруднення шляхом сорбції на їхній поверхні, на гальмування окислювальних процесів. Спрацьовування присадок супроводжується утворенням нерозчинних оксидів і солей металів, а також органічних продуктів, здатних вступати у взаємодію з продуктами окислення вуглеводневої основи мастила [1, с. 210-211].

Забруднення мастила відбувається через накопичення в ньому розчинних і нерозчинних речовин, що утворюються внаслідок окислювання, спрацьовування присадок, термоокисної деструкції мастила, а також речовин, що потрапляють ззовні: палива, продуктів неповного його згоряння, води, пилу повітря і продуктів зносу деталей двигуна. Забруднюючі домішки викликають підвищений знос і задир деталей, забруднюють масляні канали і фільтри, відкладаючись на поверхнях деталей, погіршують надходження мастила до пар тертя, що призводить до зниження надійності роботи двигуна [2, с. 56-58].

Кожне з умовно виділених напрямків старіння мастила прямо або опосередковано контролюють або характеризують за допомогою одного або декількох фізико-хімічних показників, що визначаються шляхом аналізу проб працюючого мастила, відібраних з системи змащення двигуна. Досвід дослідження моторних мастил показує, що ступінь окисленості їх базової основи, накопичення в них нерозчинного осаду і спрацьованості основних функціональних присадок можуть бути в достатній мірі об'єктивно оцінені за такими показниками: в'язкості, лужному числу, забрудненості, диспергуючої здатності, температурі спалаху, присутності води [3, с. 139-142].

Найбільш простим методом оцінки забрудненості є метод крапельної проби мастила на лабораторному фільтрувальному папері. Однак його роздільна здатність не перевищує 1,5%. Застосування цього методу можливе також для оцінки диспергуючих властивостей мастила. Значення показника диспергуючих властивостей, розрахованого за величиною характерних зон крапельної проби, не повинно бути нижче 0,3-0,35 ум.од.

Для кількісної оцінки забруднення мастила застосовують різні способи визначення нерозчинних в бензині домішок: методи визначення вмісту механічних домішок, нерозчинних осадів, фотометричний метод оцінки забрудненості працюючих мастил.

Метод визначення вмісту механічних домішок за ДСТУ 6370:2021 полягає у фільтрації бензинового розчину працюючого мастила через паперовий фільтр. Впровадження в експлуатацію мастил з підвищеними диспергуючими властивостями зробило непридатним цей метод. У зв'язку з цим для працюючих мастил був застосований метод визначення вмісту нерозчинних осадів центрифугуванням [3, с. 34]. Однак повне осадження найбільш дрібних частинок при цьому не забезпечується. У мастилах груп Г і Д неосаджувані і, отже, неоціненні частинки складають до 80% забруднень, тобто результатом аналізу є відносний вміст грубодисперсних частинок.

Фотометричний метод базується на нефелометричному ефекті, що полягає в ослабленні світлового променю, що проходить крізь розчин мастила в бензині за рахунок розсіювання світла нерозчинними частинками. Ослаблення інтенсивності падаючого променю пропорційне концентрації дисперсних частинок, що робить можливим використання цього методу для оцінки забруднення працюючих мастил. На ряду з точністю визначення істотною перевагою методу є швидкість аналізу: час визначення становить 15-20 хв. У комплексах бракувальних параметрів зазвичай не вказують граничне значення фотометричного коефіцієнта забрудненості працюючих мастил. Тому існує необхідність встановлення залежності між ним і вмістом нерозчинних осадів, граничними значеннями яких зазвичай вказують 2,5-4%.

Встановлено, що поява в моторному мастилі нерозчинних частинок, розмір яких перевищує 3 мкм, супроводжується втратою диспергувально-стабілізуючої здатності мастила, при цьому дрібні частинки (менше 0,5 мкм), як правило, в мастилі відсутні. Навпаки, якщо в мастилі переважають дрібні частинки (0,1-0,5 мкм), мийна присадка продовжує ефективно діяти. Таким чином, чим вище будуть

диспергуючі властивості мастила, то більший вміст нерозчинних забруднень може бути допущено без ризику випадання їх в осад або скорочення ресурсу двигуна через підвищені зноси і нагаровідкладення.

Для прискореної оцінки забрудненості працюючих моторних мастил продуктами, що утворюються при експлуатації двигунів, застосовують фотометричні методи, сутність яких полягає в розчиненні проби випробуваного мастила в бензині, визначенні оптичної щільності розчину на колориметрі і обчисленні фотометричного коефіцієнта забрудненості. Вважається, що фотометричний коефіцієнт забрудненості пропорційний концентрації нерозчинного в якому-небудь розчиннику осаду, виділеного на стандартних фільтрах або лабораторних центрифугах при заданих умовах. Для встановлення залежності коефіцієнта забрудненості від масової частки нерозчинних осадів в працюючих мастилах зазвичай будують для кожної марки дизеля і мастила графік кореляційної залежності.

Працююче мастило в загальному вигляді можна уявити як двокомпонентну систему, що включає оптично прозоре середовище (вихідне мастило) і непрозорі, що поглинають світло частинки (нерозчинні домішки різного походження).

Радіуси частинок дорівнюють  $r_i$ , причому виконується умова  $r_i \gg \lambda$ , де  $\lambda$  – довжина хвилі, на якій виконується вимірювання оптичної щільності мастила. Нафтові мастила, що містять тверді забруднення, є малокоцентрованими суспензіями, а якщо врахувати, що для визначення коефіцієнта забрудненості використовується розчин мастила в бензині, можна допустити, що окремі частинки при руху не стикаються. В цьому випадку на кожну частинку окрім сили тяжіння  $G$ , направленої вертикально донизу, діє підйомна сила  $A$ , направлена вертикально догори, і сила спротиву середовища  $R$ , направлена протилежно руху, тобто також вертикально догори. В розрахунках прийняті допущення: забруднюючі домішки складаються з сферичних частинок одного еквівалентного діаметра і однакової щільності. На основі другого закону механіки для випадку осадження частинки в рідині при ламінарному режимі обтікання рівнодіюча трьох сил (тяжіння, підйомної, спротиву середовища) дорівнює добутку маси на прискорення, в диференціальне рівняння руху частинки має вигляд

$$m \frac{d\omega}{dt} = G - A - R, \quad (1)$$

де  $m$  – маса частинки,  $\omega$  – швидкість руху частинки.

Після відповідних перетворень, був визначений час, необхідний для повного осадження нерозчинних частинок в розчині мастила, і з'ясовано, що в основному на його величину впливають в'язкість, розміри і щільність частинок, а також щільність розчину мастила в бензині.

Фотометричний коефіцієнт забрудненості розраховується за формулою

$$\tau = \ln 10 \cdot \frac{i}{\sigma} \cdot D, \quad (2)$$

де  $i$  – ступінь розчинення мастила розчинником,  $\sigma$  – товщина шару розчину мастила,  $D$  – оптична щільність мастила, яка визначається по фотоелектроколориметру.

Вважаючи, що концентрація домішок невелика і вимірювання проводяться в одиничному об'ємі розчину мастила, після перетворень отримуємо залежність фотометричного коефіцієнту забрудненості від концентрації домішок  $\tau(K)$  у вигляді дробово-лінійної функції

$$\tau = \frac{a+gK}{1-K}, \quad (3)$$

де  $a \approx 31,42 r$ ,  $g \approx 15 \frac{\rho_M}{r \cdot \rho_r} - 31,42 r$ ,  $K$  – концентрація домішок,  $r$  – радіус частинки,  $\rho_M$  – щільність розчину мастила,  $\rho_r$  – щільність частинки.

Графік цього рівняння є рівнобічною гіперболою, робоча ділянка якого розташована в I чверті (позитивні значення  $\tau$  і  $K$ ). При змінненні концентрації нерозчинних домішок від 0 до 1 коефіцієнт забрудненості буде монотонно збільшуватись. Встановлена залежність фотометричного коефіцієнту забрудненості від концентрації домішок може бути використана для визначення гранично-допустимого значення фотометричного коефіцієнта забрудненості при контролі мастила в експлуатації.

### Список літератури

1. Дашивець Г. І., В'юнник О. В. Закономірності змінення лужності моторних мастил в процесі експлуатації двигунів. Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»: Зб. наук. праць. Переяслав, 2024. Вип. 102. С. 210-212.
2. Масюк А. М., Дашивець Г. І., Бондар А. М. Встановлення часових залежностей накопичення забруднень в мастилах тракторних двигунів // Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали міжнародного науково-практичного форуму ТДАТУ. Мелітополь: ФОП Однорог Т. В. 2019. Частина 1. С. 56-59.

23. В. Л. Куликівський, Поліський національний університет

### ОСНОВНІ АСПЕКТИ УТВОРЕННЯ КРАПЕЛЬ АЕРОЗОЛЮ ПНЕВМАТИЧНИМИ РОЗПИЛЮВАЧАМИ КАМЕРНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Пневматичні розпилювачі широко застосовуються у сільському господарстві при хімічному захисті рослин [1, с. 121] та під час передпосівної обробки насінневого матеріалу, в різних конструкціях камерних технічних засобів [2, с. 135]. Пневматичний розпилювач складається з відцентрового вентилятора (компресора) та насадок. Рідкий препарат подається насосом, через жиклери в насадку, під невеликим надлишковим тиском у швидкісний потік повітря, створюваний вентилятором, де подрібнюється на дрібні краплі (рис. 1). З насадки в робочу камеру випускається турбулентний повітряно-крапельний струмінь грубодисперсного аерозолю, який обробляє насінний матеріал. Повітряний потік, створюваний вентилятором, у технологічному процесі передпосівної підготовки виконує завдання подрібнення робочого розчину на краплі дисперсної системи і переміщення невеликих об'ємів рідини до насінневого матеріалу, що обробляється. Повітряний потік також повинен мати високу проникаючу здатність, щоб переміщати краплинки аерозолю всередину оброблюваного шару насіння.

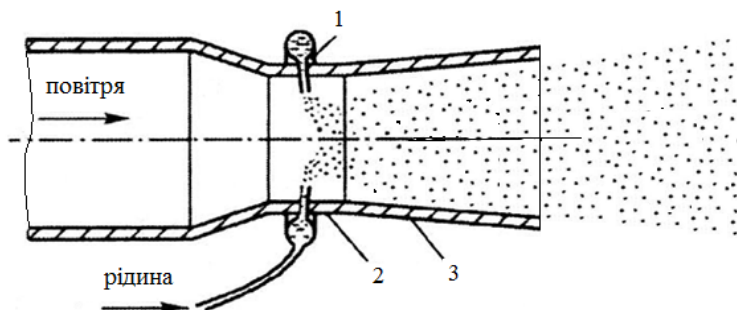
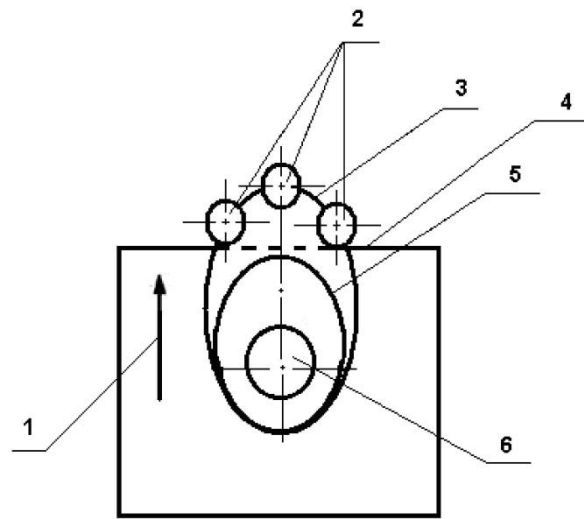


Рис. 1. Схема роботи пневматичного розпилювача:  
1 – жиклер; 2 – насадка; 3 – сопло

У пневматичних системах технічних засобів важливе значення має правильний підбір вентилятора, що забезпечує необхідну продуктивність та швидкість аерозольного потоку. Якщо продуктивність вентилятора буде недостатня, повітряний потік втратить частину крапель робочої рідини аерозолю, внаслідок чого якість обробки насінневого матеріалу погіршиться. Коли продуктивність буде висока, то швидкісний повітряний потік здуватиме посівний матеріал з робочої зони, притискаючи його із краплями робочої рідини до стінок оброблюваної камери, не забезпечуючи рівномірності та площі покриття насіння. Для забезпечення працездатності вентилятора у всіх режимах, необхідно знати необхідну максимальну та мінімальну продуктивність. Тоді у проміжних режимах можемо отримати необхідну продуктивність вентилятора, наприклад, за рахунок зміни частоти обертання робочого органа.

Досягти мінімального розміру окремих частинок рідини (до 40...45 мкм), що відповідає вимогам монодисперсного дрібного аерозолю, можливо шляхом подрібнення краплі (первинної), отриманої різними типами розпилювачів, об нерухому перешкоду – розсікач. Імовірно, у цьому випадку діаметр крапель (вторинних), які утворилися після подрібнення початкових, буде одного розміру з краплинами, що рухаються і аерозоль з полідисперсного перетвориться на монодисперсний. Не виключається також припущення, що у деяких випадках великі початкові краплі можуть осідати на перешкоді, і в даному разі розсікач відсікатиме їх від основної маси аерозольного потоку. Розглянемо механізм утворення вторинних крапель, для зручності розіб'ємо його на кілька етапів (рис. 2). На початковому (першому) етапі за імпульсної, короткотривалої взаємодії, або так званого – удару первинної краплі об розсікач, контакт насамперед складається з однієї точки. Надалі, під час розвитку процесу зіткнення, крапля деформується (сплющується), а площа контакту зростає і на межі контакту рідини з твердим тілом (перешкодою) утворюється в'язкий граничний шар. У цей час утворюється ударна хвиля, приєднана до периметру поверхні контакту. Кругла плівка, що утворилася після зіткнення (удару), у місці контакту, спочатку збільшується в діаметрі, потім починає набувати овальної форми у напрямку краю розсікача, під дією тиску потоку повітря і ударної хвилі. Водночас зона контакту розширюється, у радіальному напрямку, зі швидкістю більшою за стрімкість поширення ударної хвилі.



**Рис. 2. Схема утворення вторинних краплин під час зіткнення з розділювальним елементом:**

1 – напрямок руху плівки після зіткнення; 2 – вторинні краплини; 3 – капілярні зв'язки; 4 – розсікач; 5 – проміжна межа руху плівки; 6 – початкова (первинна) крапля перед зіткненням

Другий етап характеризується тим, що ударна хвиля поширюється від точки зіткнення вглиб краплі. Від місця контакту починають поширюватися хвилі розрідження, в яких частинки рідини прискорюються в осьовому та радіальному напрямках. У результаті збільшується тиск поблизу межі контактної поверхні.

Збільшення тиску, на останньому (третьому) етапі, змушує плівку рідини прямувати, з високою швидкістю, вздовж поверхні зіткнення. У плівці рідини, через різний напрямок дії сил, розвивається капілярна нестійкість. Під впливом якої насамперед однорідна плівка, у момент відривання від краю розсікача, розпадається на вторинні краплини. Капілярні зв'язки між ними руйнуються і зливаються із краплинами другого ступеня.

Отже, отримати розмір основної маси крапель, що задовольняє вимогам монодисперсного дрібного аерозолі, можливо в технічних засобах для передпосівної підготовки насіння у кілька етапів:

- отримання первинної краплі діаметром 90...360 мкм (гідравлічними, механічними або пневматичними розпилювачами);
- утворення вторинної краплі (діаметром до 40...45 мкм) шляхом подрібнення попередньої краплі об нерухому перешкоду (розсікач).

Об'ємна концентрація вторинних краплин у даному випадку зменшується, тому їх вплив на повітряний потік відсутній.

#### Список літератури

1. Станкевич С. В., Положенець В. М., Немерицька Л. В. Жиглатий О. А., Баришніков М. А. Фунгіциди і технічні засоби їх застосування : навч. посіб. Житомир : Вид-во Рута, 2022. 216 с.
2. Погорілий В., Войновський В., Войновська А., Філатова Л. Протруювачі насіння. Результати тестувань. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2016. Вип. 20. С. 134–138.

**24. О. В. Медведський, к.т.н., доцент, Д. М. Бендюг, О. В. Білоцький, М. П. Пархомчук, А. О. Прокопенко, Д. О. Шагов, Поліський національний університет, м. Житомир**

#### **АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ МОЛОЧНО-ТОВАРНИХ ФЕРМ**

Інноваційні технології – це технології, пов'язані із застосуванням високих наукових знань у виробничій діяльності з метою створення нового чи вдосконалення існуючого технологічного процесу, що забезпечує отримання конкурентоспроможного на світовому ринку нового чи покращеного продукту. Нові технології є величезним ресурсом, що дозволяє забезпечити технологічну та продовольчу незалежність країни та створити сприятливі передумови для її успішного економічного розвитку.

Пріоритетні напрями інноваційного розвитку у тваринництві такі:

- Підвищення біологічного потенціалу продуктивності худоби;
- Впровадження екологічних та безпечних технологій;
- Застосування нових систем інтенсивного кормовиробництва;

- Впровадження систем з механізації, електрифікації, автоматизації та комп'ютеризації виробничих процесів на тваринницьких фермах.

Сільськогосподарське виробництво не відрізняється швидкою адаптацією до нових технологій, оскільки це пов'язано з додатковим фінансуванням на всіх стадіях технологічного процесу виробництва продукції. Багато технологічних операцій досить довго залишалися ручними, проте активна механізація й автоматизація призвели до того, що з'явилася сучасна енергонасичена техніка, для управління якою використовують системи GPS-навігації. Інформаційні технології, інноваційні технології є невід'ємною складовою ефективності розвитку не тільки галузей рослинництва, а й галузей тваринництва, в тому числі роботизації молочного тваринництва. Роботизація молочно-товарних ферм активно підтримується та стимулюється чинними федеральними та регіональними програмами розвитку сільського господарства та переробних галузей.

Доїльні роботи - це більш високотехнологічне рішення з найсучаснішими інноваціями. Робота з роботом і його обслуговування потребують дотримання певної рутини, підготовки поголів'я, вчасного технічного обслуговування, і це також принципово новий підхід до тваринницької молочно-товарної ферми, як порівняти з традиційними доїльними залами та молоко-проводами.

Роботизоване обладнання зазвичай являє собою міцну стійку з нержавіючої сталі, яка трохи ширша і довша за тварину, і має ворота на обох кінцях. Корова входить у порожнє стійло, заманована годівницею, встановленою на закритих воротах головного кінця, тоді як фотофіксатор виявляє присутність тварини, після чого задні ворота закриваються.

Крім збору молока, вбудовані прилади робота можуть проводити серію перевірок його кількості та якості, включно з вмістом жиру, білків і вуглеводів. Оптичне сканування виявляє будь-які відхилення, які можуть призвести до пересортиці молока або вибракування тварини.

Дані за всіма аспектами кожного доїння для кожної тварини збираються роботом і передаються в єдину інформаційну базу молочно-товарної ферми. Аналіз цих даних дає змогу ухвалювати оперативні рішення щодо виявлених відхилень та їхніх причин. Процес приготування кормів, годівля, процес доїння і догляд за тваринами - все знаходиться під ретельним контролем.

Контролювання перелічених технологічних операцій дає змогу тримати під чітким контролем продуктивність тварин. Це є важливим, оскільки автоматизація та роботизація молочно-товарних ферм практично завжди пов'язана зі зміною породи та поголів'я, до тварин висуваються підвищені вимоги, але й продуктивність їх набагато вища.

Аналіз молока може вказувати на певні недоліки харчування в деяких тварин, і це можна своєчасно виправити, скоригувавши раціон годівлі конкретної тварини, продуктивність якої падає. Робот може навіть діяти за власною ініціативою, якщо йому будуть дані відповідні інструкції. Робот також може обирати шлях, яким буде йти корова, коли вона залишає доїльну скриню. За відповідної технології стробування кожна корова може повернутися до сараю чи поля або бути автоматично перенаправлена на ручку для конкретної мети, наприклад, такої, як ветеринарний огляд.

Автоматизація допомагає уникнути важкої, монотонної роботи і збільшує продуктивність праці в молочному тваринництві, що дає змогу задовольнити дедалі більший попит населення на молоко і молочні продукти.

Незважаючи на доволі високу початкову вартість, впровадження роботизації у світі йшло досить швидкими темпами. Загальні світові тенденції впровадження показано на рис. 1. Станом на 2018-2019 рр. у Німеччині понад 50% проданих доїльних установок – це роботи, у Данії та Швеції ця частка становить близько 60%, у Фінляндії – 80%. Дещо пасли задніх США: до початку 2018-го доїльними роботами було оснащено не менше 5% молочних ферм, але вже протягом року кількість роботизованих ферм перевищила 20%, а в період 2019-2021 рр. сумарні продажі доїльних роботів сягнули 28300 штук.

І ця тенденція тільки наростає: за прогнозами аналітиків, ринок систем роботизації молочних ферм у 2026 р. досягне \$12 млрд.

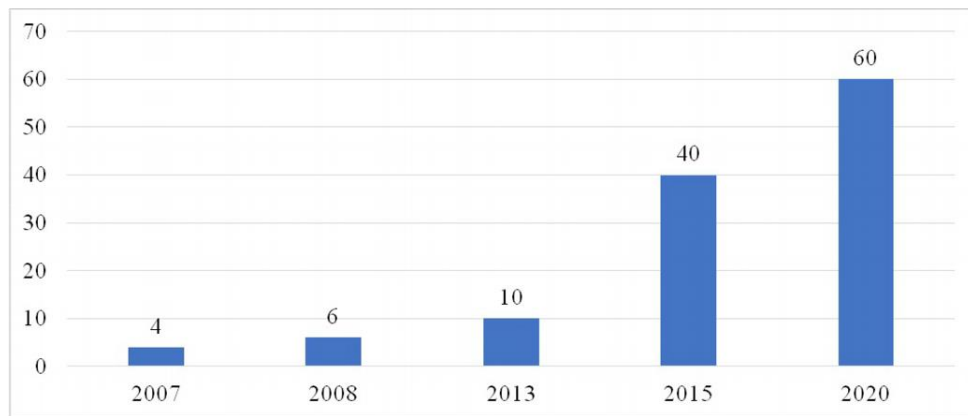


Рис. 1. Світове зростання використання доїльних роботів, тис.

Автоматизація, перебравши на себе рутинні цілодобові операції (наприклад, догляд за тваринами, годівлю, доїння та прибирання), дає змогу оптимізувати роботу персоналу і створити комфортніші та привабливіші умови праці, а також забезпечує максимальну свободу для тварин. А сільгосптоваровиробнику дає час і можливість зосередитися на вирішенні глобальних завдань – задоволенні зростаючого попиту на молоко, молочні продукти та отриманні прибутку. Дефіцит у молочному виробництві - це не пусті слова. У 2023 р. дефіцит сирого молока в Україні становив 15%, а при виробництві товарного молока дефіцит, за оцінками, доходив і до 20%.

Середньостатистичний українець сьогодні споживає близько 250 кг молока і молочних продуктів на рік, що приблизно на 100 кг менше науково обґрунтованих норм споживання. Основною причиною є, як правило, недостатній обсяг виробництва молочної продукції, а також її дорожнеча для певних верств населення.

Модернізація порівняно зі створенням нових машин є і більш економічним заходом. Особливо необхідно й доцільно проводити модернізацію техніки, що вирізняється високою металоємністю корпусних елементів конструкції: дробарки, мобільні роздавальники кормів, доїльні установки, ємності для зберігання та охолодження молока. Заміна морально застарілих вузлів і агрегатів дає змогу підвищити їхній технічний рівень із мінімальними інвестиціями.

Ефективність автоматизації та роботизації доїння полягає в ліквідації монотонності праці, підвищенні її продуктивності (до 4 разів порівняно з доїнням у молокопровід), а головне – у забезпеченні повноти видоювання та збільшенні продуктивності корів за умови виключення перетримки доїльних стаканів на сосках вимені корів ("сухе доїння"), що спричиняє травмування вакуумом внутрішніх тканин сосків, що є однією з причин захворювань на мастит і забезпечує високу якість молока.

**25. С. В. Міненко, к.т.н., доцент, О. О. Курський, В. В. Тимошук, М. М. Дармограй, М. С. Кошман, Поліський національний університет, м. Житомир**

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

Ефективне використання технічних засобів у сільському господарстві в умовах ринкових відносин є базовою основою ресурсозбереження та конкурентоспроможності виробленої продукції.

Технічна база галузі під час аграрних перетворень зазнала докорінних змін. Парк машин і обладнання в сільськогосподарських підприємствах різко скоротився, став фізично і морально застарілим. Це призвело до різкого зниження обсягів виробництва продукції та рівня її конкурентоспроможності.

Таким чином, у ситуації, що склалася, необхідно максимально підвищити ефективність використання сільськогосподарської техніки за рахунок оптимізації структури машинно-тракторного парку. З цією метою необхідно використовувати агрегати більшої продуктивності, здатні виконувати кілька операцій тощо.

Правильна експлуатація ґрунтообробних і посівних машин багато в чому впливає на врожайність сільськогосподарських культур. До початку польових робіт необхідно провести стаціонарні регулювання сільськогосподарських машин на обладнаних для цього оглядових майданчиках, а також під час роботи необхідно витримувати встановлені параметри. Дефіцит техніки в господарствах є важливим, але не єдиним чинником спаду виробництва. Підприємства виявилися не готовими працювати в умовах ринкових відносин, у зв'язку з чим повсюдно існують проблеми не тільки технічного, а й організаційного характеру під час експлуатації наявних засобів механізації та

підтримання їх у працездатному стані. Крім цього, гостроту сучасних економічних проблем підкреслює недостатній рівень державної підтримки галузі сільського господарства.

За роки реформ відбулося істотне скорочення площ використовуваних сільськогосподарських угідь, тому навантаження на техніку зростало менш високими темпами, ніж її вибуття. У зв'язку з цим спостерігається навіть надлишок певних видів сільськогосподарських машин, але застарілих і малопродуктивних.

У найближчі роки можливість відновлення технічного потенціалу аграрного сектору за рахунок бюджетних коштів видається малоімовірною, тому найприйнятнішими способами розв'язання цієї проблеми є забезпечення повного та ефективного використання наявної в сільському господарстві техніки та реалізації системи нових організаційних форм її експлуатації. На основі аналізу сучасного рівня технічної оснащеності аграрного сектору, узагальнення вітчизняного та зарубіжного досвіду використання засобів механізації, а також прогнозування тенденцій придбання господарствами нової техніки можна сформулювати основні концептуальні положення підвищення ефективності застосування наявних у господарствах обмежених технічних засобів.

У зв'язку з тим, що відтворювальний процес у сільськогосподарських підприємствах здійснюється диференційовано, тобто виробництво в них ведеться на основі простого, розширеного, або звуженого типу відтворення, можна провести таку класифікацію моделей машинокористування.

Першу модель становлять господарства, які мають у своєму розпорядженні техніку п'ятого покоління, як правило, провідних зарубіжних фірм (обладнана комп'ютерним управлінням, має багатофункціональне призначення) і застосовують конкурентоспроможні технології обробітку сільськогосподарських культур. У стратегії розвитку машинно-тракторного парку ці господарства роблять ставку на придбання здебільшого техніки нових моделей зарубіжних і вітчизняних виробників, бо за економічною ефективністю співвідношення ціна/якість виправдовує себе. Такі підприємства є лідерами в галузі - "точками зростання".

Другу модель складають господарства, які повністю забезпечені конкурентоспроможною вітчизняною технікою. За обсягами виробництва вони набагато поступаються першій моделі, проте за віддачею від вкладених коштів перебувають приблизно на однаковому рівні.

Головною метою в стратегії розвитку цієї групи господарств є слідування за лідером, і тому вона спрямована на придбання перевіреної часом, досвідом передових господарств зарубіжної та вітчизняної техніки середньої потужності.

Третю модель складають господарства, які проводять заміну засобів механізації шляхом придбання техніки, що була в експлуатації довгі роки. У зв'язку з неплатоспроможністю та незадовільним станом балансу доступ до лізингових фондів для них обмежений.

Треба зауважити, що таких господарств, машинно-тракторний парк яких оновлювався за 5-8 років не більше ніж на 10%, налічується приблизно 1/3 від загальної кількості. Стратегією розвитку машинно-тракторного парку цієї моделі підприємств є подовження терміну служби техніки та спільне її використання з прилеглими господарствами, а також оренда дорогих машин. Тому більшості господарств цієї групи загрожує втрата технічного потенціалу за збереження такого становища в майбутньому.

Четверту модель становлять господарства, які за останні 7 років нову техніку майже не купували, а зношеність використовуваної техніки становить близько 80%. Таких господарств налічується понад 50% від загальної кількості сільськогосподарських підприємств. Їхній технічний потенціал практично втрачено. Як правило, зберігається техніка на особистому об'їсті механізаторів, а ремонтні майстерні занедбані або перебувають в аварійному стані.

Приблизно в 50% цих господарств рослинництво не є товарною галуззю, а використовується екстенсивно лише для отримання кормів для тваринництва.

Стратегія розвитку машинно-тракторного парку підприємств цієї моделі, як правило, відсутня. За умови реструктуризації заборгованості, реалізації заходів антикризового управління є шанси відновити технічний потенціал для обмеженого обсягу виробництва. Для цього потрібно забезпечити їм фінансову допомогу, доступ до федеральних і обласних лізингових фондів, включити в регіональні цільові програми розвитку.

Таким чином, необхідно забезпечити диференційований підхід за допомогою грамотної політики, залежно від рівня технічної оснащеності господарств.

Тому, на основі розроблення та реалізації в кожному регіоні цільової комплексної програми з технічної і технологічної перебудови сільського господарства та ресурсозбереження, необхідно

стихійному процесу адаптації господарств до умов технічного потенціалу надати керованого і цілеспрямованого характеру.

Треба зауважити, що нестачу техніки можна компенсувати за рахунок її колективного використання, зокрема на основі машинно-технологічних станцій. Залежно від джерела формування парку машин можливі два варіанти організації машинно-технологічних станцій: -на основі кооперації підприємств, коли техніка об'єднується для спільного використання; шляхом організації самостійного підприємства, яке купує машини за лізингом, за рахунок кредитів та інших коштів.

Необхідне створення системи базових господарств, що розглядаються як "точки зростання", і головних підприємств виробничих систем, до яких входять більшість господарств. Базові господарства, що формуються на основі наявного машинно-тракторного парку зазначених підприємств, їхніх машинних дворів і ремонтних майстерень, можуть виконувати функції машинно-технологічних станцій. Машинно-тракторний парк цих підприємств зміцнюватиметься технікою, що надходить за лізингом.

Він зможе надавати послуги фермерам і населенню.

На базі ремонтних майстерень і машинних дворів, великих сільгоспідприємств може бути створено систему прокатних пунктів. Доцільним є створення на базі ремонтних підприємств спеціальних пунктів, які купують зношену техніку, відновлюють її і продають за ціною на 20-70% нижчою, ніж на нові машини та обладнання.

Треба сказати, що залежно від конкретних організаційно-економічних умов функціонування господарства (розмірів виробництва, парку та його структури, доступності послуг МТС, форми власності тощо) можливі такі варіанти управління ефективністю використання техніки:

1. Виконання робіт власними силами на власній базі:

- повна децентралізація наявної в господарстві техніки, тобто її закріплення за бригадами і ланками;

- часткова децентралізація техніки з її централізованим використанням у період напружених польових робіт;

- централізоване використання технічних засобів шляхом організації в господарстві госпрозрахункового механізованого загону на базі машинного двору.

2. Виконання робіт власними силами на власній технічній базі з частковим залученням засобів механізації збоку:

- повна децентралізація наявної в господарстві техніки, тобто її закріплення за бригадами і ланками;

- часткова децентралізація техніки з її централізованим використанням у період напружених польових робіт;

-централізоване використання технічних засобів шляхом організації в господарстві механізованого загону на базі машинного двору;

-оренда технічних засобів;

-прокат техніки.

3. Використання техніки для послуг сторонніх організацій:

- оренда та прокат технічних засобів;

- використання послуг сільськогосподарського підприємства. Цей варіант характерний для селянських (фермерських) господарств і господарств населення.

Організаціям необхідно визначити економічну доцільність придбання нових машин і залучення сторонніх виконавців, виявити наявність або відсутність можливості виконання роботи власними силами за обов'язкової організації госпрозрахункових відносин між підрозділами для стимулювання економії витрат при застосуванні технічних засобів.

Викладені концептуальні підходи можуть слугувати підґрунтям для перегляду напрямів технічної та технологічної політики в сільськогосподарських підприємствах і регіональних АПК.

**26. В. Л. Куликівський, к.т.н., доцент, В. Р. Савчук, Поліський національний університет, м. Житомир**

### **ПОБУДОВА 3D МОДЕЛІ ШНЕКА ЕКСТРУДЕРА НА ОСНОВІ РІВНЯНЬ НАВ'Є-СТОКСА**

Отримання рослинних олій у харчовій промисловості ґрунтується на безперервному процесі гідравлічного віджимання в каналах витків шнека з подальшим відведенням рослинної олії. Поліпшення



цього процесу і конструкції агрегатів дасть змогу підвищити якість харчових рослинних олій, знизивши витрати на його подальшу рафінацію.

Механічне віджимання рідини з двофазної твердої/рідкої системи відбувається завдяки зменшенню об'єму за допомогою стиснення. Енергія, що витрачається для видалення рідини з твердих і рідких сумішей, у разі менша, порівняно з енергією екстракційних методів, що вимагають подальшої теплової обробки для видалення розчинника.

З урахуванням використання моделей пластичної течії матеріалів у робочій зоні різних апаратів харчової промисловості розробка інженерних моделей з урахуванням гідродинаміки гвинтових потоків - важливе й актуальне завдання теоретичного плану. Нові методи слід у найкоротші терміни впроваджувати у виробництво для підвищення якості елементів машинобудування, що випускаються і створення конкурентної переваги в галузі переробки олійних матеріалів на міжнародному рівні.

Мета дослідження: побудова 3D моделей шнеків екструдера для порівняння масогабаритних характеристик, з використанням алгоритму розрахунку розподілу функції струму в середовищі PTC MathCAD Prime 4.0. на основі закону Нав'є-Стокса.

Матеріали та методи. При побудові 3D моделі шнеків використовується алгоритм розрахунку розподілу функції струму в середовищі PTC MathCAD Prime 4.0. на основі закону Нав'є-Стокса. Під час побудови враховувалося, що олійний матеріал у каналі шнека має структуру в'язкої нестисливої рідини, накриту твердою пластиною. Пластина переміщується горизонтально з постійною швидкістю. Матеріал заповнює двовимірну прямокутну нерухому і непроникну порожнину.

Модель імітує рух шнека пресового обладнання щодо стінок. З'являється можливість визначати застійні зони за різних граничних умов. У результаті вдалося отримати зображення розподілу функції струму у витку шнека маслопреса. Отриманий малюнок демонструє зміщення потоків олійного матеріалу в бік напрямку руху кришки та застійні зони. Впливу на потік матеріалу з боку бічних стінок активної зони немає. Це говорить про те, що велика відстань між витками створює застійні зони, що збільшує металоємність шнека.

Представлений алгоритм допомагає в інженерному підході до вивчення реологічних процесів і апаратів екструзійного типу, що дало змогу виконати моделювання спрощеної геометрії шнека в програмі КОМПАС 3D.

Як початкові параметри використовували частину даних із попередньої роботи: висота пера шнека,  $h = 60$  мм, міжвиткова відстань,  $l = 80$  мм.

Внутрішній діаметр вала  $d$  прийmemo за 100 мм. Тоді підсумковий діаметр шнека  $D$  складе 220 мм. Товщину витка  $t$  прийmemo 2 мм, а довжину шнека  $L$  візьmemo у співвідношенні  $L=5D$ , тобто рівну 1100 мм.

За вказаними параметрами в програмі КОМПАС 3D було змодельовано шнек екструдера, представлений на рис. 1. Кількість витків побудованої моделі – 14.

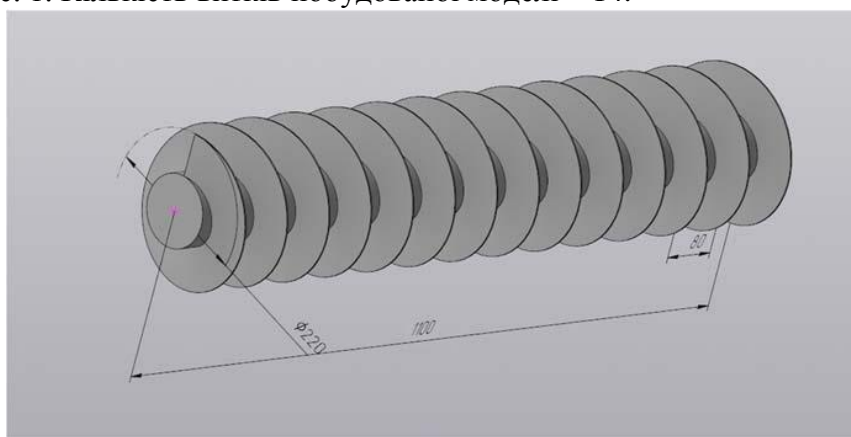


Рис. 1. 3D модель шнека.

Скоригувавши граничні умови, вдалося змодельовати розподіл струму всередині каналу шнека зі зменшеною площею застійних зон (рис. 2).

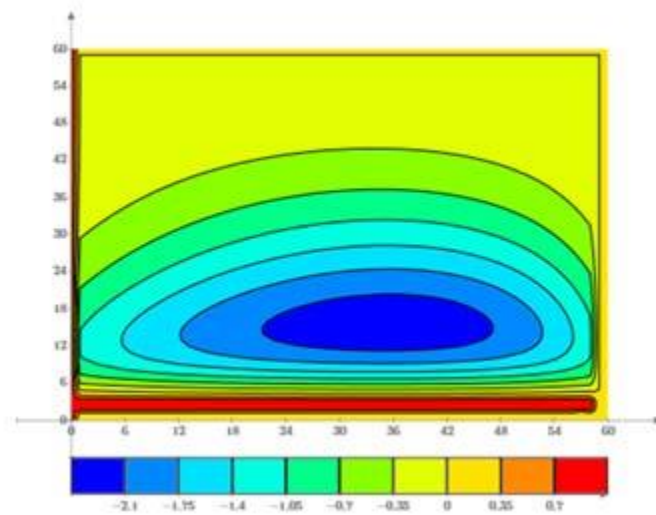


Рис. 2. Скоригована математична модель розподілу вихрових течій усередині каналу шнека.

Виокремимо нову геометрію каналу шнека (рис. 3) і на підставі неї побудуємо вдосконалену 3D модель шнека.

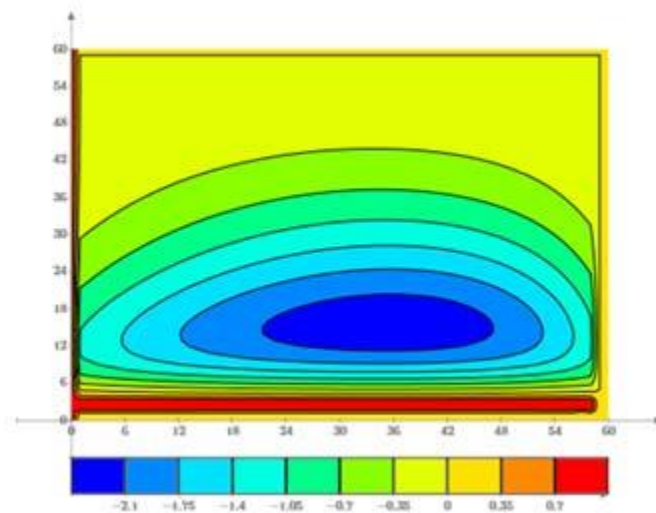


Рис. 3. Нова геометрія каналу шнека.

Висота шнека  $h = 45$  мм. Внутрішній діаметр  $d$  залишимо без зміни. У результаті загальний діаметр  $D$  шнека знизився до 190 мм. Міжвиткова відстань  $l$  зменшилася до 60 мм. Товщина витків  $t = 2$  мм.

За вказаними параметрами в програмі КОМПАС 3D було змодельовано вдосконалений шнек екструдера, представлений на рис. 4. Кількість витків побудованої моделі – 16.

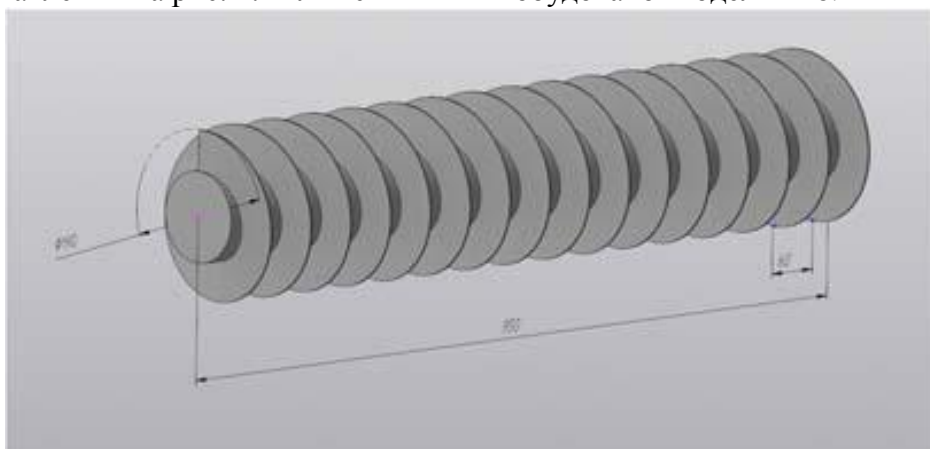


Рис. 4. Скоригована 3D модель шнека.

Використовуючи методи математичного моделювання для побудови алгоритму розрахунку розподілу функції струму в каналі шнека на основі закону Нав'є-Стокса вдалося не тільки визначити застійні зони всередині каналу шнека, а й побудувати вдосконалену модель шнека.

У результаті порівняльної оцінки встановлено, що розроблений алгоритм розрахунку розподілу функції струму в середовищі PTC MathCAD Prime 4.0. дає змогу знизити металоємність шнекового

устаткування й уникнути застійних зон у пресовому обладнанні. Математична модель може бути використана під час проектування та розробки удосконалень конструкції олійновіджимних агрегатів з метою зниження залишкової олійності макухи.

*27. Д. А. Дерев'янку, д.т.н., професор, Д. В. Харченко, студент, Поліський національний університет, м. Житомир*

#### **РОЗРАХУНОК ПРУТКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН**

Пруткові елеватори знайшли широке застосування через простоту конструкції та можливість підймання і транспортування пласта під кутом  $20^\circ$  і більше.

Зважаючи на зміну фізико-механічних властивостей ґрунту зі зміною його вологості оптимальні значення швидкості елеватора різні: під час сепарації ґрунту у твердому стані близько 2 м/с, а під час сепарації пластичного ґрунту 3...4 м/с. Для унеможливлення нагромадження підкопаного пласта і зменшення товщини шару швидкість елеватора повинна бути у **1,3...1,6** рази більшою швидкості машини.

Віддаль між осями привідного вала та ведених роликів становить, тобто довжина робочої вітки елеватора становить[1,2]:

$$A = \frac{Q}{q \cdot B_e}, \quad (1)$$

де  $Q$  - подача ґрунту на елеватор (80-120 кг/(с·м));

$q$  - допустиме навантаження на одиницю площі,  $q = 50...60$  кг/м<sup>2</sup>;

$B_e$  - ширина полотна елеватора, яка визначається конструкцією підкопуючи органів, м.

Висота підймання маси елеватором  $H_e$  та довжина робочої вітки пов'язані залежністю[1,2]:

$$A = \frac{H_e}{\sin \alpha}. \quad (2)$$

Здатність елеватора сепарувати залежить не тільки від кінематичних параметрів, але й від зазору між прутками, тобто від живого перерізу елеватора, який можна визначити за формулою:

$$\eta = \frac{B_e \cdot m \cdot t_n - B_e \cdot m \cdot d}{B_e \cdot m \cdot t_n} \times 100\% = \frac{t_n - d}{t_n} \times 100\%, \quad (3)$$

де  $m$  - кількість ланок пруткового елеватора;

$t_n$  - крок пруткового елеватора, м;

$d$  - діаметр прутків елеватора, м.

Для інтенсифікації процесу сепарації картопляного вороху здійснюють струшування елеватора еліптичними зірочками. У момент струшування прутки елеватора рухаються по колу, що описується великою віссю еліпса (рис.1.). У наслідок цього на компоненти вороху діє відцентрова сила[3]:

$$P = \frac{G}{g} \cdot \omega^2 \cdot r, \quad (4)$$

де  $G$  - сила ваги частинок, Н;

$\omega$  - кутова швидкість обертання вала зірочки, с<sup>-1</sup>;

$r$  - радіус кола, що описує велика вісь зірочки, м.

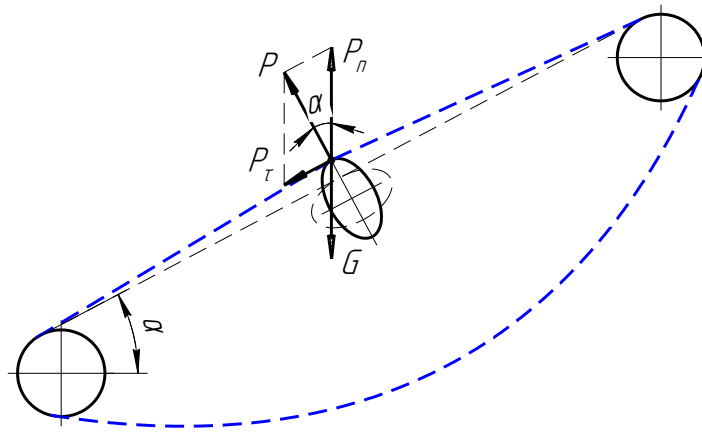


Рис. 1. Схема дії еліптичного струшувача на транспортер картоплекопача

Вертикальна складова цієї сили становить:

$$P_n = \frac{P}{\cos \alpha} = \frac{G \cdot \omega^2 \cdot r}{g \cdot \cos \alpha} \quad (5)$$

Відрив частинки від поверхні елеватора відбудеться коли  $P_n > G$ .

Тому

$$\frac{G \cdot \omega^2 \cdot r}{g \cdot \cos \alpha} > G$$

або

$$\left( \frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 \frac{r}{g} > \cos \alpha.$$

Звідки

$$n > 30 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \cos \alpha}{\pi^2 \cdot r}}$$

або

$$n > 30 \cdot \sqrt{\frac{\cos \alpha}{r}} \quad (6)$$

Нами встановлено теоретичні залежності, які дозволяють визначити кінематичні та конструкційні параметри системи сепарації картопляного вороху, що в свою чергу, дозволить зменшити енергетичні затрати на даний процес та поліпшить якісні показники збирання коренебульбоплодів.

Література

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. 217 с.
5. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. –К.: Урожай, 2001. – 384 с.
6. Хайліс Г.А. Коновалюк Д.М. Розрахунок робочих органів збиральних машин: Навч. посібник. – К.: НМК ВО, 1991. – 199 с.

28. М. Л. Засць, к. т. н., доцент, Д. В. Сілецький, студент, Поліський національний університет, м. Житомир

#### ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РІДИННО- ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Робочий процес утворення робочої суміші повітря та рідини у досліджуванім пристрої подібний до принципу роботи карбюратора бензинових двигунів [1] (рис. 1).

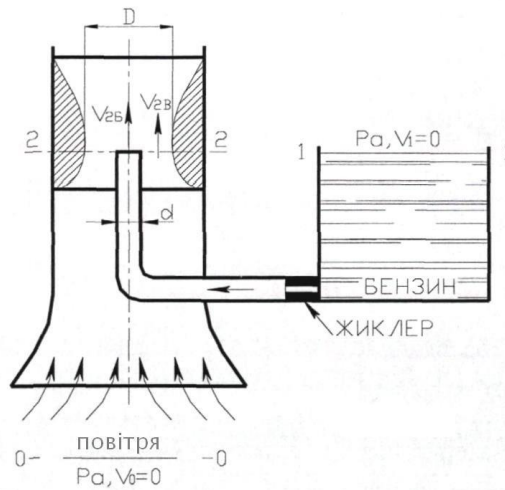


Рис. 1. Принцип сумішоутворення в карбюраторі

Потік повітря, що надходить в карбюратор, звужується в місці установки розпилювача бензину (жиклера). Швидкість повітря в звуженому місці зростає, а тиск падає, внаслідок чого виникає розрідження і рідина під дією вакууму поступає через жиклер, змішуючись з повітрям.

Рівняння Бернуллі для потоку повітря запишеться наступним чином[1]:

$$\frac{P_a}{\gamma_n} + \frac{V_a^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma_n} + \frac{V_{2в}^2}{2} (1 + \xi_n), \quad (1)$$

де  $p_a$  - атмосферний тиск, рівний 0,1 МПа;

$\gamma_n$  - питома вага повітря, Н/м<sup>3</sup>;

$V_a$  - швидкість повітря на вході в карбюратор,  $V_a=0$ , м/с;

$V_{2в}$  - швидкість повітря в місці установки жиклера, м/с;

$p_2$  - тиск змішаного двофазного потоку, МПа;

$\xi_n$  - коефіцієнт опору повітря, що переміщується по каналу.

Для рідини рівняння Бернуллі матиме вигляд:

$$\frac{P_a}{\gamma_p} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma_p} + \frac{V_{2б}^2}{2} (1 + \xi_p), \quad (2)$$

$p$  - питома вага рідини, Н/м<sup>3</sup>;

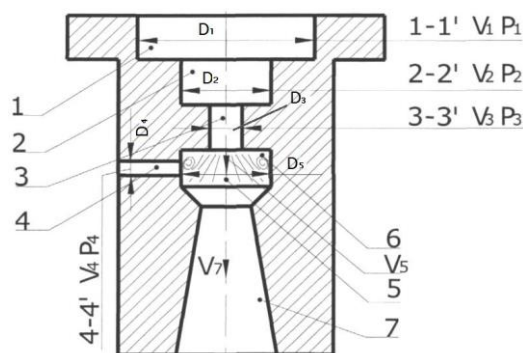
$v_1$  - швидкість рідини,  $v_1=0$ , м/с;

$v_{2б}$  - швидкість рідини в місці установки розпилювача, м/с;

$\xi_p$  - коефіцієнт опору рідини, що переміщується по жиклеру.

**Виклад основного матеріалу.** Відмінною особливістю інжекторного розпилювача є камера 5 змішування робочої рідини і повітря і зв'язок камери змішування з атмосферою через інжектор 4 (рис. 2.).

Рис. 2. Схема інжекторного розпилювача:



1 і 2 – камери нагнітання робочої рідини; 3 – канал; 4 – повітряний отвір; 5 – камера змішування; 6 – турбулентна зона; 7 – розширювач Вентурі.

Конструкція працює наступним чином: рідина під тиском  $p_1$  і швидкість  $v_1$  для входу в циліндричну камеру через діаметр 1  $D_1$  (секція 1-1'). Камера 2 (секція 2-2') з меншим діаметром каналу  $D_2$  швидкість рідини зростає до  $v_2$ , тиск падає до  $p_2$ , а потім по черзі Рідина надходить в канал діаметром 3  $D_3$  має швидкість  $v_3$  під тиском  $p_3$ , в Камера змішування 5 діаметром  $D_5$  де він набирає швидкість  $v_5$ . Камера 5 з'єднана з атмосферою через інжекційний отвір 4 діаметром  $D_4$  (переріз 4-4'). В камері 5 утворюється турбулентна зона у вигляді повітря кільцевого об'єму [1]. Тиск в зоні турбулентного потоку нижчий за атмосферний, тому виникає розрідження в отворах 4 (рис. 3).  $D_5 > D_3$  тому струмінь робочої рідини на відповідній довжині  $L$  розширюється, і потік заповнює об'єм камери 5. Бульбашки повітря, які потрапили в потік рідини поглинають частину енергії потоку і утворюють суміш повітря і рідини, струмінь якої рухається по дифузори 7 з прискоренням  $v_7$  вилітає назовні через щільний розпилювач.

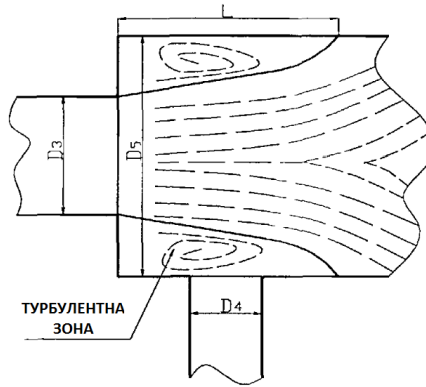


Рис. 3. Розширення рідинно-повітряного потоку

Для визначення параметрів інжекторного розпилювача застосуємо рівняння Бернуллі. Рух струмення суміші в перетинах 1-1 і 2-2 описується залежністю (3) [1]:

$$\frac{P_1}{\gamma_p} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma_p} + \frac{V_{2в}^2}{2}(1 + \xi_k), \quad (3)$$

де  $\gamma_p$  - питома вага рідини;

$k$  - коефіцієнт опору проходженню рідини в камерах 1, 2 і в канал 3,

$k=0,04 \dots 0,07$  [1].

При русі рідини в перерізах 2-2, 3-3 і повітря в перерізі 4-4 рівняння Бернуллі мають вигляд:

$$\frac{P_2}{\gamma_p} + \frac{V_2^2}{2g} = \frac{P_3}{\gamma_p} + \frac{V_3^2}{2g}(1 + \xi_k), \quad (4)$$

$$\frac{P_2}{\gamma_p} + \frac{V_a^2}{2g} = \frac{P_4}{\gamma_p} + \frac{V_4^2}{2g}(1 + \xi_{60}), \quad (5)$$

де  $P_a$  - атмосферний тиск, рівний 0,1 МПа;

$P_4$  - тиск повітря в перерізі 4-4', МПа;

$\gamma_p$  - питома вага повітря, Н/м<sup>3</sup>;

$V_4, V_a$  - швидкість повітря, відповідно, в перерізі 4-4' і перед перерізом 4-4',

( $V_a = 0$ ), м/с;

$\xi_n$  - коефіцієнт опору повітря, що надходить через отвір 4,

$\xi_{60} = 0,07 \dots 0,1$  [3].

Об'єм повітря, що надходить через інжектор, залежить від швидкості робочої рідини в камері 5 [1]:

$$q_n = F_4 V_5, \quad (6)$$

де  $F_4$  - площа перерізу 4-4, м<sup>2</sup>.  $F_4 = \frac{\pi D_4^2}{4}$

$q_n$  - кількість повітря, що надходить в розпилювач, м<sup>3</sup>/с;

$V_5$  - швидкість рідини в камері змішування, м/с.

З рівняння (6) маємо:

$$D_4 = \sqrt{\frac{4q_n}{\pi V_5}}, \text{ м} \quad (7)$$

Виконавши аналіз балансу напору, встановимо  $V_5$  при всмоктуванні повітря через отвір 4 в камері змішування 5, що буде мати вигляд:

$$\frac{P_3}{\gamma_p} + \frac{P_4}{\gamma_n} = \frac{P_5}{\gamma_p} + \frac{V_5^2}{2g} (1 + \xi_{kc}) - \frac{P_5}{\gamma_p} - \frac{V_7^2}{2g} (1 + \xi_{pB}), \quad (8)$$

де  $V_7$  - швидкість робочої рідини на початку витратоміра Вентурі, м/с;

$\xi_{kc}$  - коефіцієнт опору проходженню робочої рідини через камеру 5,

$\xi_{kc} = 0,04 \dots 0,06$  [1];

$\xi_{pB}$  - коефіцієнт опору витратоміра Вентурі при русі по ньому рідинно-повітряної суміші,  $\xi_{pB} = 0,01 \dots 0,02$  [1].

Для характеристики інжектора відомий безрозмірний показник  $a$ , що визначає відносну швидкість на початку камери змішування [1]:

$$a = \frac{V_7}{V_5} = U - \sqrt{U^2 - \frac{1 - \xi_{kc}}{1 + \xi_{kc}}}, \quad (9)$$

де

$$U = \frac{1}{2q} \left[ \frac{1 - \xi_{kc}}{1 + \xi_{kc}} \left( (1 + q^2)(1 + \xi_{pb})(1 + \xi_{kc} + \xi_{pb}) - q^2 \right) - 1 \right], \quad (10)$$

$q = \frac{q_n}{q_p}$  - співвідношення витрати повітря та рідини, які протікають через розпилювач, м<sup>3</sup>/с.

Рівняння (8) з урахуванням залежності (9) отримаємо:

$$V_5 = \sqrt{\frac{2g(p_3\gamma_n - p_\Delta\gamma_p)}{\gamma_n\gamma_p \left[ 1 - \xi_{kc} - a^2(1 + \xi_{pB}) \right]}}, \quad (11)$$

Значення  $V_5$

підставимо в рівняння (7) і отримаємо:

$$D_4 = \left( \frac{4q_n}{\pi} \right)^{0,5} \left( \frac{\gamma_n\gamma_p \left[ 1 + \xi_{kc} - a^2(1 + \xi_{pB}) \right]}{2g(p_3\gamma_n - p_\Delta\gamma_p)} \right)^{0,25}$$

Параметри  $V_1, V_2, V_3, P_2, P_3, P_4$  шляхом розв'язку системи рівнянь (3 - 5) враховуючи наступні залежності:

$$V_1 = \frac{4g_p}{\pi D_1^2}, \text{ м/с} \quad (12)$$

$$V_1 D_1^2 = V_2 D_2^2 \quad (13)$$

$$V_2 D_2^2 = V_3 D_3^2$$

Швидкість руху повітря знайдемо з виразу [1]:

$$V_4 = \sqrt{2g(p_1 + A + B)} \quad (14)$$

де

$$A = \frac{0,08q_p^2(D_2^4 - D_1^4(1 + \xi_k))}{D_1^4 D_2^4}$$

$$B = \frac{0,08q_p^2(D_3^4 - D_2^4(1 + \xi_k))}{D_2^4 D_3^4}$$

Графічну залежність  $Vf(p_1)$  представлено на рис. 4.

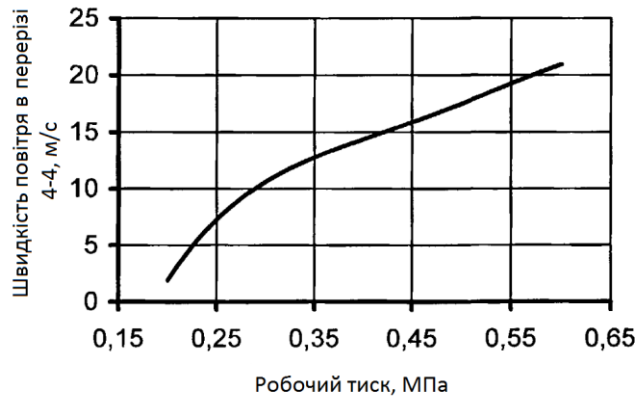


Рис. 4. Графічна залежність  $V_4 = f(p_1)$  для інжекторного розпилювача суміші

**Висновок.** Аналіз наведеного графіка показує, що зі збільшенням тиску робочої рідини  $p_1$  збільшується її швидкість проходження через камеру змішування. В результаті збільшується розрідження в порожнинах камер, тому витрачається більше повітря. При цьому максимальний к.к.д. розпилювача зберігається при зменшенні діаметра повітряного отвору  $D_4$ . При збільшенні  $p_1$  в межах 0,2...0,6 МПа величина  $D_4$  зменшується від 1,97 до 1,45 мм.

#### Література

1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика / Т.М. Башта. – М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.
2. Обладнання для захисту рослин: обприскувачі. ч.1. Методи випробування насадок для розприскування (ISO 5682-1: 1996, IDT) ДСТУ ISO 5682-1: 2005

### 29. М. Л. Заєць, к.т.н., доцент, В. Я. Коцераба, студент, Поліський національний університет ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН ТЕХНОЛОГІЇ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

**Постановка проблеми.** Вертикальний обробіток ґрунту подається як спосіб обробки з низьким рівнем впливу на ґрунт, який допомагає фермерам швидше розробляти тверді залишки великостеблових культур, з метою створення відповідного посівного ложа для послідувочої сівби. Але в кращому випадку думки різняться, коли мова заходить про те, що таке вертикальний обробіток ґрунту, чи то продукція, доступна сьогодні на ринку, чи ступінь обробітку ґрунту, який вважається прийнятним. Серед виробників знаряддя для обробітку ґрунту немає консенсусу щодо того, що являє собою знаряддя для вертикального обробітку ґрунту та чого він має досягати, було б не сказати нічого.

Чому існує така розбіжність у думках щодо цієї популярної практики обробітку ґрунту. За поширення даного способу, ми, частково, повинні дякувати виробникам сільськогосподарського обладнання за розмитість визначення, оскільки, багато хто представив нові знаряддя під виглядом вертикального обробітку ґрунту, які не могли б кваліфікуватися як такі за початковим визначенням.

**Аналіз останніх досліджень.** Початкове визначення вертикального обробітку ґрунту, було вперше введено в середині 1990-х років, передбачало обробіток ґрунту перед сівбою, яке не створювало стратифікації — або горизонтального шару щільності — під сошником сівалки, який би перешкоджав росту рослин [1]. Стратифікаційний шар можна описати як «очищений» шар ґрунту під сівалкою, який містить частинки ґрунту високої щільності, які перешкоджають ранньому росту коренів. Щільні шари ґрунту утворюються, коли ґрунтообробне знаряддя протягує через ґрунт в горизонтальній площині. Створений шар щільності ґрунту дорівнює площі контакту в нижній частині знаряддя. Для ведення сільського господарства у «вертикальному форматі», у якому волога та поживні речовини рухаються вгору та вниз у профілі ґрунту, важливо спочатку видалити всі горизонтальні шари стратифікації з минулого та не створювати нових змін у щільності ґрунту. Плющилка McFarlane SPR1000 була першим інструментом, використаним для виконання цієї роботи, і, можливо, вважалася першим інструментом для вертикального обробітку ґрунту[2].

Вагомий внесок у розвиток машин для вертикального обробітку ґрунту зроблено працями вчених Адамчука В. В., Шевченка І. А., Войтюка Д.Г., Гукова Я.С., та іншими, по розробці конструкційно-технічних схем та основних показників ґрунтообробних знарядь, в яких розглядається



синтез між основними параметрами робочих органів машин для вертикального обробітку і якістю обробітку, та вплив їх на ефективність роботи агрегату[3-6].

Передпосівний культиватор для вертикального обробітку ґрунту McFarlane SPR1000 був, мабуть, першим знаряддям для вертикального обробітку ґрунту (рис.1.а). Він розроблений для легкого обробітку ґрунту без створення розпушеного шару ґрунту. Проте деяким виробникам потрібна була машина, здатна переміщати на більшу глибину ґрунту та створювати більш розпушене посівне ложе. Це призвело до винаходу Reel Disk у 2007 році (рис.1.б).



а)

б)

Рис. 1. Агрегат для вертикального обробітку ґрунту McFarlane SPR1000 (зліва) та Reel Disk (справа)

Ця машина додала одну групу ножів із низькою увігнутістю та малим кутом атаки диска, щоб дало можливість досягнення вертикального обробітку ґрунту під нижніми кутами диска  $5^{\circ}$  та  $7,5^{\circ}$ , водночас пропонуючи регулювання кута до  $13$  градусів для умов, коли потрібно забезпечити вирівнювання поверхні (тобто глибокі комбайнові чи тракторні колії, тощо).

Ці розбіжності виникають через те, що багато виробників ніколи не розуміли концепції вертикального обробітку ґрунту до розробки своєї машини. Ранні машини для вертикального обробітку ґрунту мали прямі диски або взагалі не мали лез, що створювали невеликі шари щільності ґрунту або взагалі не створювало їх, а тому не відбувалось перемішування ґрунту та не відбувалось заробки бажаної кількості решток. По мірі розробки проектів багато виробників машин використовували гофрований сошник або мало увігнуте лезо, що покращувало роботу з рештками, зберігаючи при цьому обмежену площу контакту з ґрунтом. Для багатьох виробників це стає компромісом між впливом на заробку поживних решток та вертикальним обробітком ґрунту. Багато статей, написаних про вертикальний обробіток ґрунту, насправді стосуються даного процесу. За останні роки на ринок з'явилося багато нових продуктів, і деякі з них є звичайними ґрунтообробними машинами, які були переобладнані для кращої ефективності заробки поживних залишків. На жаль, ці агрегати були позиціоновані як знаряддя для вертикального обробітку ґрунту, а не як машини для заробки поживних решток. Термін «вертикальна обробка ґрунту» став дуже вживаним. Стандартний кутовий сферичний диск не є робочим органом для вертикального обробітку ґрунту, як би це не намагалися замаскувати. У цьому випадку «Якщо це виглядає як диск, це диск».

**Постановка завдання.** Метою дослідження є аналіз якісних показників роботи різних типів робочих органів машин для вертикального обробітку ґрунту, що дає можливість забезпечити високий рівень підвищення продуктивності виробництва сільськогосподарських культур, шляхом раціонального підходу до вибору машини.

**Виклад основного матеріалу.** Система вертикального обробітку ґрунту забезпечує винятково високу якість розрізання поживних решток, перемішування їх з ґрунтом та підготовки посівного ложа за один прохід, реалізуючи ексклюзивний 4-кроковий процес обробітку. Справжній вертикальний обробіток гарантує подрібнення решток і перемішування з ґрунтом без руйнування його структури в зоні, критично важливій для висіяного насіння і розвитку коренів рослин. Завдяки унікальним нолям роторам (вертикальний обробіток), розробленим для подрібнення навіть найміцніших поживних решток, можна бути впевненим у тому, що в результаті зябового обробітку за зиму буде досягнуто їх максимальне розкладання. Крім того, під час весняного обробітку ви досягнете своїх цілей у підготовці посівного ложа навіть за значної кількості решток.

Вертикальний обробіток ґрунту — нова сфера для сільськогосподарського виробництва. Знаряддя для вертикальної обробки ґрунту були розроблені для задоволення потреб цього зростаючого ринку. Як видно, консерваційний обробіток ґрунту та мінімальний обробіток ґрунту розширюються, а робочі органи для вертикального обробітку ґрунту допомагають у цих операціях.

Коли ми розглядаємо різні функції vertical till (VT), важливо зазначити, що не всі інструменти для вертикального обробітку ґрунту створені однаково. Вертикальний обробіток — це агресивний

дисковий інструмент для обробки ґрунту. Це ключові відмінності між конкурентами дискового типу та рихлячих лап. Ці фактори також впливатимуть на продуктивність машини. Груповий кут – це інструмент для малих чи більш агресивних конфігурацій леза дискових чи клиноподібних лап. Яке призначення лез на цих робочих органах для вертикальної обробки ґрунту і як вони допоможуть нам задовольнити вимоги до роботи машини. Навісне обладнання для фінішної обробки, що встановлено в задній частині машини, застосовується для створення рівного структурованого профілю ґрунту.

Створюючи машини VT, наприклад John Deere (рис.2.) прислухався до побажань клієнтів, і розробив досить агресивну машину, щоб відповідати високим вимогам споживачів. Рама, побудована на основі диска серії 2600, разом із 2-дюймовим болтом забезпечують міцність і надійність, необхідні для вимогливих операцій з вертикальним обробитком ґрунту. Виробники продукції намагаються застосовувати машини високої продуктивності. Серія 2623VT пропонує рішення, яке може розвивати швидкість до 16 км/год. Відсутнє змащення опорних підшипників, котків. Щоб максимізувати продуктивність у полі, модель машини 2623VT пропонує унікальну конфігурацію леза з агресивним кутом атаки. встановлено активний гідравлічний прикочучий коток, який забезпечує поверхню гладкою і рівною, завдяки постійному тиску на ґрунт. 2623VT включає гідравлічне вирівнювання машини, щоб полегшити налаштування, не виходячи з кабіни трактора.



Рис. 2. John Deere серії 2623VT

John Deere 2623VT пропонує встановлювати передні леза гладенькою форми а задні секції з хвилястим профілем. Дані диски були розроблені, щоб доповнювати один одного при вертикальному обробитку ґрунту. До 70% подрібнення виконуться передніми лезами, суцільними сферичними дисками, які подрібнюють рештки та знищують бур'яни (рис.3.). Завдяки хвилястому профілю лез дисків забезпечується вертикальний обробиток, зокрема вертикальне переміщення ґрунту, Що добре перемішують ґрунт і заробляють поживні рештки.



Рис. 3. Конфігурація лез дисків різних секцій машини

За рахунок цього, посівне ложе, а це дуже важливо під час підготовки до сівби чи садіння, є підготовлене. З рис. 4., видно, що з неглибоким кутом атаки леза дисків зміщені та рухаються паралельно одне одному, ніколи не перекриваючи все посівне ложе.

Shallow Gang Angle

Aggressive Gang Angle

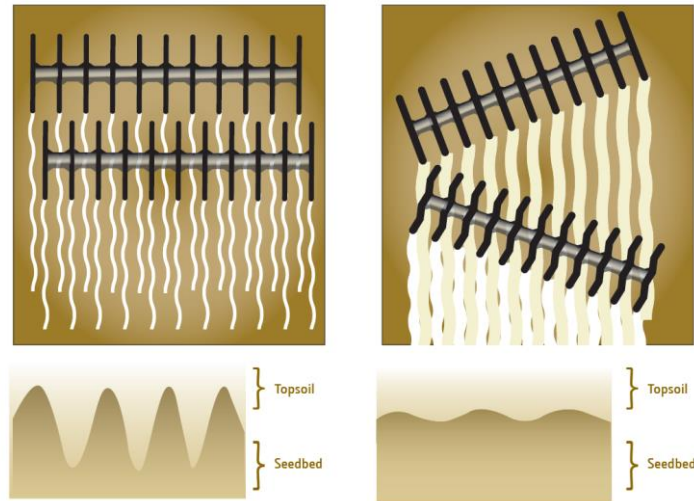


Рис.4. Профіль посівного горизонту

З більш агресивним кутом атаки диски, такі як 2623VT, ви матимете кращу ефективність обробітку по всій ширині захвату машини. Більш агресивне значення кута нахилу створює рівний профіль ґрунту, забезпечуючи точну глибину сівби насіння, що призводить до рівномірного сходу та кращого врожаю. (2623VT John Deere має передній кут 21 градус і задній 19 градусів.)

Оновлена рама з більшими, товщишими трубами забезпечує підтримку рухомих секцій дисків та котків (рис. 5).

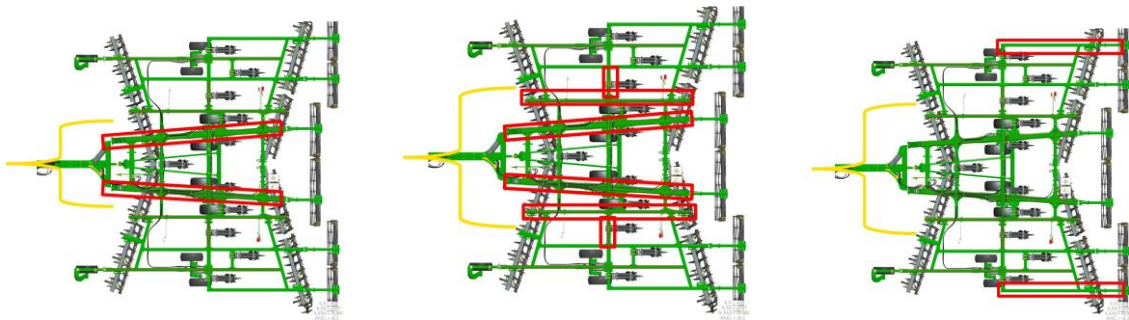


Рис. 5. Рама машини John Deere 2623VT

Отже, аналізуючи отримані дані, бачимо, що червона лінія без механічного керування секціями, а нижня зелена лінія – з механічним керуванням крилами.

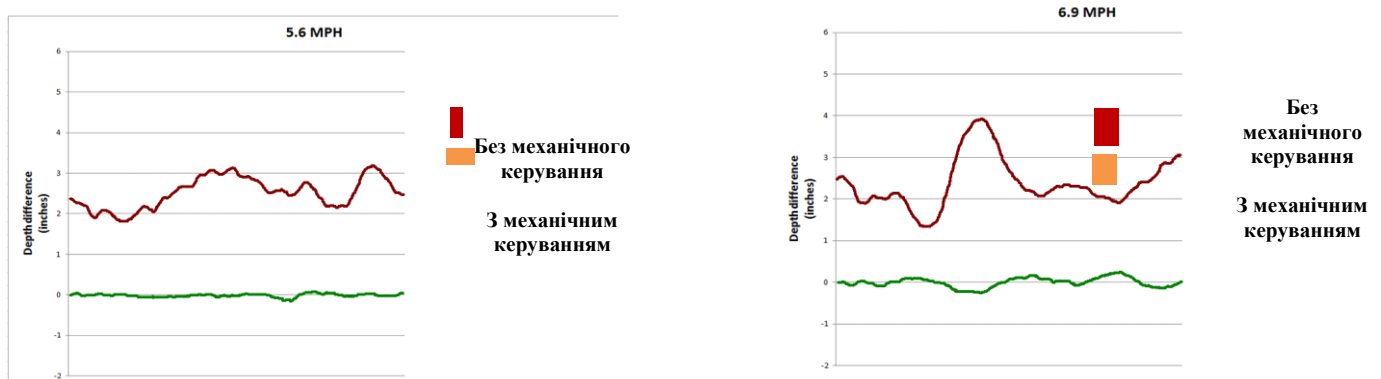


Рис. 6 Залежність глибини обробітку від способу керування машини

На цьому графіку (рис. 6.) ми бачимо різницю глибин у по всіх дисках. Без механічного керування секціями різниця в глибині становить до 8 см. Це означає, якщо ми намагаємося заглибитися на 15 см, ми насправді заглибимося на 8 см. Наскільки ефективно зароблятимуться рештки залишки на глибині 8 см, малоймовірно.

**Висновки.** Вертикальний обробіток ґрунту може стати дієвим інструментом для підготовки полів з великою кількістю поживних решток. Ця передова технологія дозволяє розпушити ґрунт для безперешкодного розвитку кореневої системи вирощуваних культур, а також забезпечує вільний доступ до них води і поживних речовин протягом всього сезону вегетації, дозволяючи повністю розкрити потенціал їх врожайності. Агрегати для вертикального обробітку ґрунту, на даний час, є єдиними у

своєму роді знаряддями, які здатні ефективно подрібнити поживні залишки, перемішувати їх з ґрунтом і рівномірно вирівнювати поверхню поля, формуючи рівне і однорідне насінневе ложе.

Список використаної літератури

1. Dave Kanicki, Tom Evans Disc Chisels vs. Hybrid Disc Chisels: There is a Difference, Farm Equipment, 2017. Posted in Best Practices.
2. Гуков, Я. С. Обробіток ґрунту / Я. С. Гуков // Технологія та техніка. Київ, 148 Нора-Прінт. - 1999. - 275 с.
3. Гусаров К. В. Переваги технології вертикального обробітку ґрунту / К.В Гусаров, М. Л. Заєць // *Матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2021»*. 20 травня 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 52-55.
4. Заєць М. Л. Обґрунтування параметрів робочих органів для вертикального обробітку ґрунту / М. Л. Заєць, К. В Гусаров // *Матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2021»*. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 34-39.

**30. В. Р. Білецький к.т.н., доцент, Д. П. Дворський студент, Поліський національний університет, м. Житомир**

### МОДЕЛЬ РОТОРНОГО ОЧИСНИКА КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Дослідження функціонування моделі роторного очисника коренеплодів коренезбиральних машин зводиться до встановлення принципів взаємодії вхідних значущих факторів між собою і їх впливу на об'єкт дослідження, тобто до встановлення аналітичних залежностей агротехнічних показників якості роботи роторного очисника коренеплодів від зміни конструкційних, кінематичних параметрів і технологічних факторів.

Розрахунки розробленого роторного очисника коренеплодів проведені з використанням і серії імпульсних навантажень коренеплодів при їх взаємодії з поверхнею утвореною циліндричними прутками при різних висотах.

З позиції системного аналізу, роторну очисну систему бурякозбиральних машин, можна представити у вигляді багаторівневої системи “вхід-вихід”. Вихідними параметрами якої є АТВ якості відокремлення ґрунту і рослинних залишків від коренеплодів та їх пошкодження, структурна модель якої представлена на рис. 1.

Вхідний потік моделі роторного очисника цукрових буряків включає три групи змінних факторів, до яких відноситься три наступних:

1. кінематичні:  $V_{mp}$ - швидкість подачі коренеплодів транспортером в зону очищення, м/с;  $V_p$  – швидкість обертання ротора, м/с; 2. конструктивні:  $\alpha$  - кут нахилу роторного очисника до напрямку руху машини, град;  $\beta$  - кут нахилу роторного очисника до горизонту, град;  $\gamma$  - кут встановлення доочисної сітки, град;  $n$ - кількість очисних пальців ротора;

3. технологічні:  $m_{кор}$  - маса коренеплодів, що подається в зону роторного очищення транспортером, кг;  $m_{гр}$  – маса ґрунту у вороху, кг;  $m_p$  – маса рослинних залишків, кг.



Рис. 1. Модель роторного очисника коренезбиральної машини.

Причому в масу ґрунту у вороху входить маса ґрунту, яка видаляється від коренеплодів біля роторного очисника (рис.2.) та маса ґрунту біля очисної сітки.

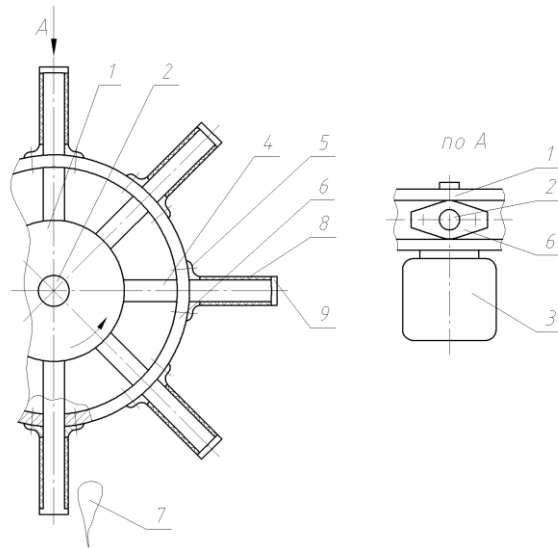


Рис. 2. Загальний вигляд роторного очисника навісної трьохрядної коренезбиральної машини: 1 – маточина; 2 – отвір привідного валу; 3 – редуктор; 4 – маточини; 5 – кронштейни; 6 – диск жорсткості; 7 – коренеплоди; 8 – еластичні трубки; 9 – упори еластичних трубок.

Вихідними параметрами структурної моделі є:

$H$  – чистота коренеплодів після сепарації і доочистки;

$\Pi$  – пошкодження коренеплодів.

Масу технологічного вороху, який поступає в зону роторного очисника визначають за формулою:

$$M_{mv} = \frac{g \cdot S}{V_T}, \quad (1)$$

де  $g$  – секундне завантаження зони роторного очисника, кг/с;

$S$  – довжина завантажувального транспортера, м.

Для визначення секундного завантаження роторного очисника, яка була встановлена з аналізу теоретичних досліджень, може бути визначена з залежності

$$q = q_o \prod_{i=1}^n (1 - \eta_i), \quad (2)$$

де  $q_o$  – загальне завантаження коренезбиральної машини технологічною масою, кг/с;

$\eta_i$  – коефіцієнт сепарації роторного очисника.

Загальне завантаження коренезбиральної машини можна визначити з залежності

$$q_o = i S V_M \gamma_p \quad (3)$$

де  $i$  – кількість рядків, з яких викопують коренеплоди;

$S$  – поперечне січення пласта ґрунту, що підкопується одним лемішом, мм<sup>2</sup>;

$V_M$  – робоча швидкість коренезбиральної машини, м/с;

$\gamma_p$  – об'ємна маса ґрунту, що поступає на роторний очисник, кг/м<sup>3</sup>.

Загальна маса технологічного вороху, який необхідно змоделювати на завантажувальному транспортері, який поступає в зону очистки ротора, визначають з залежності:

$$m_o = m_{кор} + m_{зр} + m_{пр}. \quad (4)$$

Чистота коренеплодів визначається за формулою

$$H = \frac{k m_{кор}}{m_{кор} + m_{зр} + m_{пр}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що характеризує очисну систему;

Пошкодження коренеплодів після сепарації визначають експериментальним шляхом.

#### Список використаних джерел

1. Шабельник Б.П. Теорія і практика обґрунтування параметрів робочих органів бурякозбиральних машин.- Харків, 2001.- 314с.

2. Gerlach K. Technik der Futterrubenernte: Die Arbeitskette geschlossen halten // Lohnunternehmen Land-und Forstwirtschaft. 1985.- Uol. 40.- № 10.-S. 540-541.
3. Thomson J. Sugar Beet harvesting mashine // British Sugar Beet Review.- 1987.- № 4/- p. 59.
4. Розробка конструкції комплексу малогабаритних машин для збирання коренеплодів // В. І. Солтисюк, А. Ю. Ліннік, М. Л. Заєць, Н. І. Юрчишин // Наукові читання – 2013 : наук.-теорет. зб. / ЖНАЕУ. – Житомир : ЖНАЕУ, 2013. – Т. 1. – С. 288–292.

*31. Д. А. Древянко, д.т.н., професор, І. В. Васянович, студент, Поліський національний університет, м. Житомир*

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СЕПАРУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ**

**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 одиначної пропускної здатності комбайна через невисоку інтенсивність і стабільність робочого процесу, перш за все, кваліфікаційного 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<sup>2</sup>.

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.

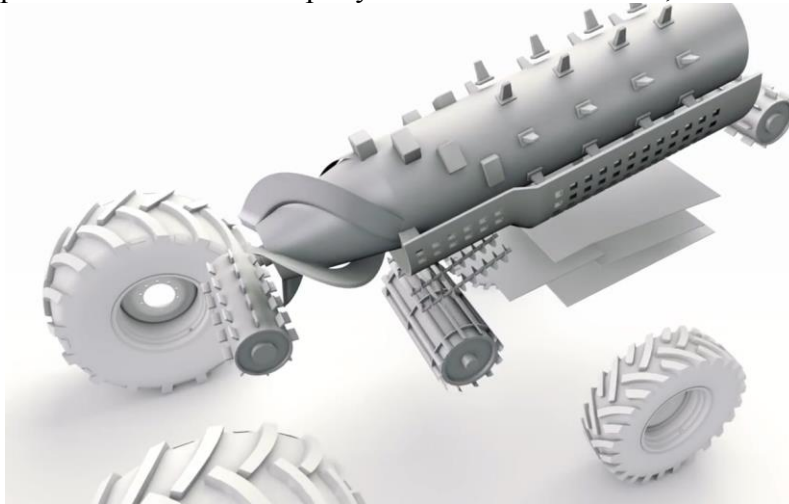


Рис.1 Класична компоновка аксіально-роторної МСС

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:

- 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.



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 ремонтпридатність комбайна та сервісного обслуговування МСС.

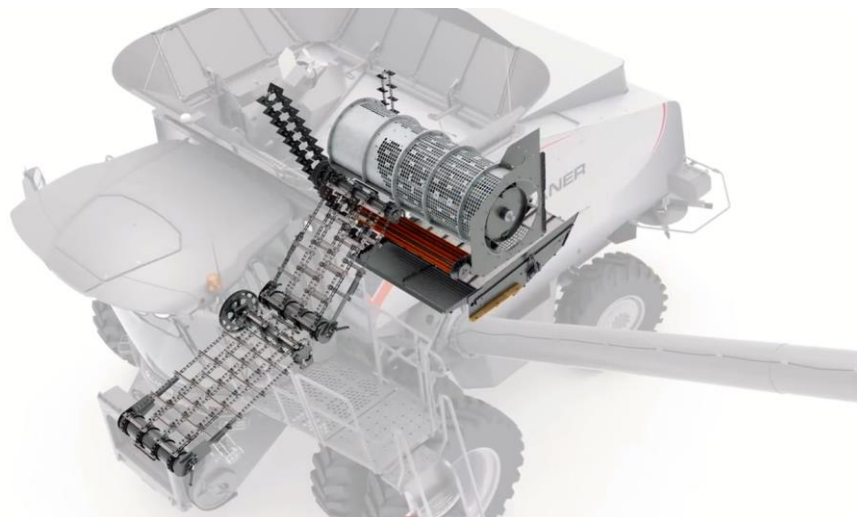
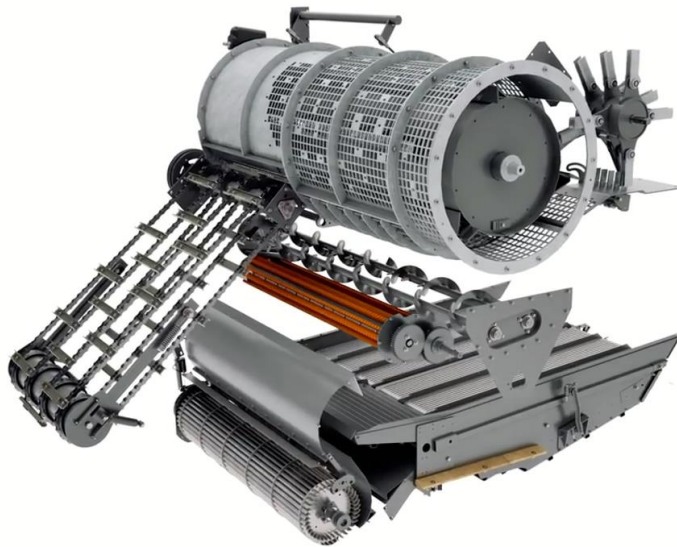


Рис. 3. Модернізована молотильно-сепарувальна система

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. Ткаченко І. Г. Типи і параметри сепаруючих поверхонь аксіально-роторних молотильно-сепаруючих систем: – В кн.: Вісник аграрного університету. Том 3. Механізація сільськогосподарського виробництва. – К., 1997, с. 18-22.
2. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник Д.Г. Войтюк, В.В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.
3. Погорілий Л., Коваль С. Прогноз розвитку техніки на початку 21 століття. Техніка АПК. №3, 1996. С. 8-10.
3. Масло І., Грицишин М., Босий М. Обґрунтування технологій збирання зернових і структури парку зернозбиральних комбайнів// Техніка АПК. - № 4, 1999. С. 8 – 9.

**32. М. Л. Засць, к.т.н., доцент, П. В. Дола, студент, Поліський національний університет, м. Житомир**

**АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПОСІВНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА УМОВ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Однією з основних технологічних операцій при вирощуванні будь-якої сільськогосподарської культури є сівба або садіння. Посівна кампанія проводиться в стислі агротехнічні терміни. При цьому до посівних машин висуваються особливі вимоги: повне забезпечення якості посіву, висока надійність, ремонтпридатність у польових умовах, як можна більш тривала перерва між технічними обслуговуваннями техніки тощо. Основним завданням сівби сільськогосподарських культур є рівномірне розподілення насіння по площі поля і рівномірна глибина його загортання в ґрунт, з урахуванням фізіологічних особливостей культури. У зв'язку з цим, посівні машини мають забезпечувати наступні агротехнічні вимоги [1]: 1. Відхилення фактичної норми висіву насіння від заданої не повинно перевищувати  $\pm 3\%$ , а мінеральних добрив –  $\pm 10\%$ . Нерівномірність сівби окремими висівними апаратами допускається для зернових культур до  $6\%$ , зернобобових –  $10\%$  і трав –  $2\%$ . 2. Пошкодження насіння робочими органами посівних машин не повинно перевищувати  $0,2\%$  зернових культур і  $0,7\%$  зернобобових.

3. Насіння має вкладатися на однакову глибину, оптимальну для даної культури, і загортатися шаром вологого ґрунту. Відхилення глибини загортання насіння від заданої повинно бути не більше  $\pm 15\%$ , що при глибині сівби  $3...4$  см становить  $\pm 0,5$  см, при  $4...5$  см –  $\pm 0,7$  см, а при  $6...8$  см –  $\pm 1$  см. 4. Ширина стикового міжряддя не повинна відхилитися від ширини основного більш ніж на  $\pm 5$  см. 5. Огріхи не допускаються. Результати аналізу сільськогосподарських підприємств за розмірами посівних площ в Україні станом на 2017 рік [2], спрощена структура їх групування та відсотковий вклад в загальну площу наведено в табл. 1.

Таблиця 1.

Групування сільськогосподарських підприємств за розмірами посівних площ у 2023 році

Площа, га	Кількість підприємств, одиниць	У % до загальної кількості	Посівна площа, тис. га	У % до загальної площі
Всього з них:	45613	100	19811,2	100
до 50,0	24596	53,9	548,3	2,8
50,1... 100,0	4606	10,1	338,2	1,7
100,1... 250,0	4713	10,3	774,1	3,9
250,1... 500,0	3232	7Д	1171,5	5,9



500,1... 1000,0	2925	6,4	2103,6	10,6
1000,1... 2000,0	2822	6,2	4045,7	20,4
2000,1... 3000,0	1277	2,8	3096,9	15,6
більше 3000,0	1442	3,2	7732,9	39,1

Спираючись на отримані дані, можна стверджувати, що основними сільськогосподарськими підприємствами в Україні є господарства з площею більше 3000 га. Займаючи 39,1% від загальних посівних площ, їх кількість при цьому становить всього 3,2% від загальної кількості всіх господарств. Більшість таких підприємств використовують широкозахватну, високопродуктивну та надійну сільськогосподарську техніку, здатну в стислі агротехнічні строки виконати всі необхідні технологічні операції на значній площі. В Україні розповсюджена широкозахватна посівна техніка як вітчизняних, так і зарубіжних виробників. За даними Міністерства аграрної політики і продовольства України, в 2022 році вітчизняні підприємства збільшили обсяг виробництва сівалок на 35,8 % – до 358,7 мільйона гривень. Цехи заводів у 2022 році виготовили 3096 одиниць посівної техніки, в той час як у 2022 році – 2726, тобто приріст склав 13,5 %. У цьому напрямі лідируючі позиції зберігає ПАТ «Ельворті». Завод збільшив обсяг виробництва сівалок на 30,8 % – до 202,1 мільйона гривень, випускаючи зернові сівалки серій «Астра» і «Астра Нова», просапні сівалки «Вега» та «Веста Профі», посівний комплекс «Оріон». На 40,3 % ТОВ «Союз-Спецтехніка», м. Дніпро, у 2022 році збільшило свій обсяг – до 111,58 мільйона гривень. Підприємством у цьому році випущено 77 агрегатів, в той час у 2022 році – 56 агрегатів. Серед асортименту продукції – зернова універсальна сівалка «Агро-Союз FM 3090», монодискова сівалка для технології No-till «Агро-Союз MD 19» та широкозахватні посівні комплекси «Агро-Союз АТД», «Агро-Союз Turbosem» і «Агро-Союз Turbosem II». Третю позицію в Україні займає Одеський «Велес-Агро ЛТД». Підприємство у 2021 році збільшило виробництво машин для сівби майже в два з половиною рази – до 44,72 мільйона гривень і відвантажено 281 машину для посіву, у 2023 році – 100 машин. Продукцією підприємства є механічні сівалки серії «Ніка» і посівний комплекс «Вектор-4». Один із видів класифікації посівних машин представлений на рис. 1.

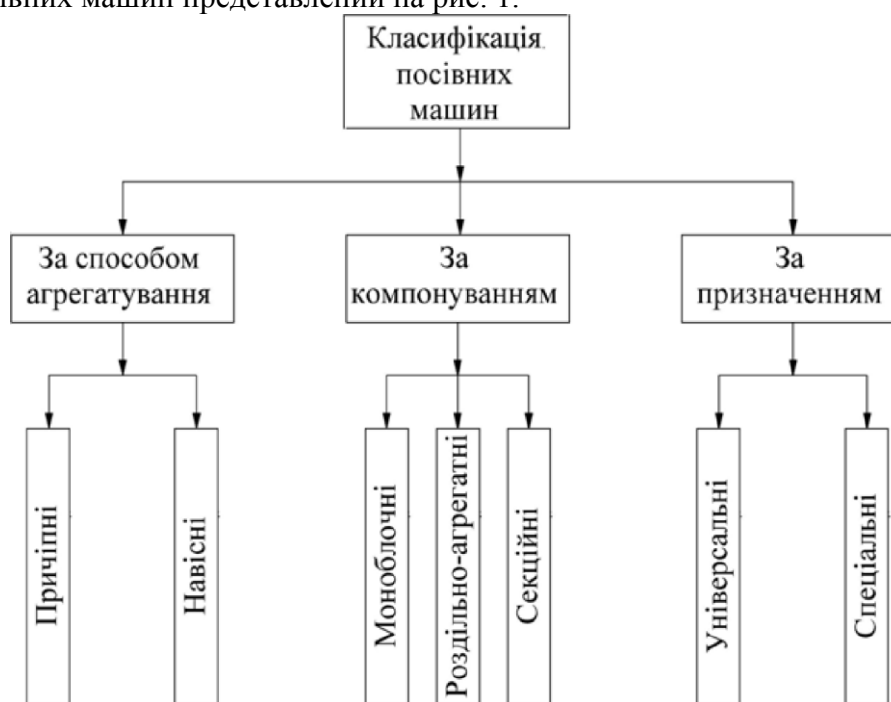


Рис. 1. Класифікація посівних машин

За способом агрегування посівні машини поділяються на причіпні і навісні. Навісні посівні машини зазвичай мають малу ширину захвату, до 3 м, тому їх використовують тільки в малих фермерських господарствах. За компонуванням посівні машини поділяються на моноблочні, роздільно-агрегатні і секційні. Моноблочні сівалки, обладнані загальною рамою, на якій змонтовані всі робочі органи (рис. 2.). Це передусім сівалки: Агро-Союз MD 19-40 [3], ASTRA-5,4 [4], Great Plains 2000 [5], Amazone D9– 40 (60) [6], Gaspardo MOD M [7], та ін. Недоліками сівалок цієї групи машин є значна матеріалоемність на 1 м ширини захвату, порядку 550...1300 кг/м, та підвищений тяговий опір. Роздільно-агрегатні сівалки складаються з окремих блоків, сполучених у єдиний агрегат (рис. 3.). До

них відносяться: Gaspardo PE 300 [7], Amazone Cirrus [6], Newholland FlexiCoil, Great Plains CTA-400 [5], Агро-Союз АТD, Агро-Союз Turbosem II 19-60 (32; 48) [3] та ін.



а



б



в



г

Рис. 2. Загальний вигляд моноблочних сівалок: а) Агро-Союз MD 19-40; б) ASTRA 5,4; в) Great Plains 2000; г) Amazone D9-40



а



б



в



г

Рис. 3. Загальний вигляд роздільно-агрегатних посівних машин:

а) Gaspardo PE 300; б) Amazone Cirrus; в) Great Plains CTA-400; г) Агро-Союз Turbosem II 19-32.

Секційні сівалки складаються з окремих посівних секцій, приєднаних до рами: John Deere DB [8], John Deere 1780 [8], Kinze 3700 [9], Gaspardo Maestra (Metro, SP) [7], Amazone ED [6]. В таких сівалках кожна секція забезпечена бункером, висівним апаратом, механізмом приводу, сошником, опорними колесами, котками і загортачами (рис. 4.). Переміщенням секцій по рамі можна змінювати ширину міжрядь. Таке компонування характерне для спеціальних сівалок.



Рис. 4. Загальний вигляд секційних посівних машин:

а) John Deere 1780; б) Kinze 3700; в) Gaspardo Maestra; г) Amazone ED

Основними напрямками розвитку посівних машин є: збільшення ширини захвату; інтеграція посівних машин з комбінованими машинами для обробітку ґрунту; універсальність посівних агрегатів, здатних працювати за традиційними, мінімальними та нульовими технологіями обробітку ґрунту. При цьому для споживача виробники пропонують широкий спектр технічних рішень та комбінації знарядь для досягнення в умовах конкретних господарств максимального ефекту, що забезпечують одержання якісних сходів за максимальної продуктивності та мінімальних витратах ресурсів.

Список використаної літератури

1. Д.Г. Войтюк, Сільськогосподарські машини / Войтюк Д.Г., Гаврилук Г.Р. та ін. – Київ: Каравела, 2004. – 580с.
2. Статистичний щорічник України за 2017 рік. Державний комітет статистики України. – К.: «Консультант», 2017. – 534 с.
3. Зернові сівалки ПАТ «Elvorti». URL: <http://www.elvorti.com/index.php?part=production&lang=ru#tab3> (дата звернення 25.10.2023).
4. Інструкції з експлуатації посівної техніки Great Plains. URL: <https://www.greatplainsmfg.com.ua/ru/node/2599> (дата звернення 25.10.2023).
5. Каталог продукції Amazone. GO for Innovation 2018. Agritechnica 2017. URL: <http://info.amazone.de/DisplayInfo.aspx?id=45644> (дата звернення 25.10.2018).
6. Maschio Gaspardo product range. URL: <http://www.maschio.com/assets/Download-sito-2014/W00227326GammaProdottiEN-LR.pdf> (дата звернення 25.10.2023)
7. Каталог техніки. Сеялки точного высева John Deere. URL: [http://origin-www.deere.ua/uk\\_UA/docs/product/equipment/seeding/db\\_series/specs/1014608\\_Planters\\_RUS.pdf](http://origin-www.deere.ua/uk_UA/docs/product/equipment/seeding/db_series/specs/1014608_Planters_RUS.pdf). (дата звернення 25.10.2023).
8. Пропашные сеялки KINZE. URL: [https://ag-tng.com.ua/pdf/KINZE\\_PlanterBookUkraine.pdf](https://ag-tng.com.ua/pdf/KINZE_PlanterBookUkraine.pdf). (дата звернення 25.10.2023).

**33. М. Л. Заєць, к.т.н., доцент, Я. М. Стецюк, студент, Поліський національний університет, м. Житомир**

### СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СПОСОБИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Обробіток ґрунту - основний критерій сучасного рільництва, метою якого є створення оптимальних умов для схожості і розвитку рослин, що забезпечить отримання максимального врожаю з високими показниками якості. З огляду на природно-кліматичні умови, ґрунтові різноманітності на полях, фінансові спроможності власника для впровадження нових технологій в сучасному землеробстві надають перевагу декільком основним системам обробітку ґрунту: традиційна з обертанням пласта, мінімальна (Mini-till), стрічкова (Strip till), нульова (No-till)[1].

Традиційна система обробітку ґрунту передбачає проведення оранки з обертанням поверхневого шару, створює чисту поверхню ріллі, заробку рослинних решток на глибину від 20-35 см.

Перевагами є створення комфортних умов передпосівного поверхневого обробітку для дружньої схожості насіння. Забезпечує оптимальний дренаж і розподіл мінеральних речовин в орному шарі. Відносно невисокий питомий тиск на ґрунт агрегатами, можливість внесення високих норм органічних і мінеральних добрив, оптимізація хімічного захисту рослин.

Недоліком є створення щільної «плужної підшви», що перешкоджає проникненню в нижні шари вологи і ускладнений розвиток кореневої системи рослин за глибиною.

Традиційна система обробітку не рекомендується на ґрунтах, схильною до пересихання, вітрової та водної ерозії. Обов'язковою є періодичне глибоке розпушування (1 раз в 3-5 роки).

Мінімальна (MINI-TILL) передбачає поверхневий обробіток переважно дисковими або комбінованими знаряддями і рівномірне мікшування рослинних решток із шаром ґрунту в 12-20 см.

Перевагами такого виду обробітку є висока структурність верхнього шару ґрунту, накопичення органічної складової і гумусу, висока водо- і аеропроникність, сприяє швидкій мінералізації органічних залишків. Можливе застосування високих норм мінеральних і органічних добрив і механічних обробок протягом вегетації. Передбачає меншу витрату енергетичних і фінансових ресурсів.

Недоліком є ущільнення ґрунтів після проходження важкої техніки, обмежене використання традиційних сівалок з малим тиском на сошник і кілевидним типом робочого органу. Передбачає передпосівне вирівнювання ґрунту і прикочування після сівби. Вертикальна обробка - як і при традиційній технології.

Стрічкова (STRIP TILL) система передбачає вертикальну обробку смугами на глибину 12-18 см після збирання попередника. Сівба проводиться восени або навесні в оброблені попередньо смуги.

Сутьовою перевагою даного способу обробітку є деформація ущільнених шарів ґрунту, однакові умови для всіх рослин в смугі, можливість сівби в перезволожені ґрунти і на полях з великою кількістю рослинних залишків, збереження вологи в міжряддях, можливість внесення смугово мінеральних добрив, в тому числі безводного аміаку. Особливо актуальна на малородючих ґрунтах і з обмеженою глибиною орного горизонту. Це «північний» варіант системи No-till.

Недоліками є стислі оптимальні строки внесення добрив восени, ускладнено використання традиційних сівалок, видалення рослинних решток із зони обробки на міжряддя, обмежене внесення меліорантів (вапна і гіпсу) за один прохід. Вимагає більше витрати коштів на придбання спеціалізованої потужної техніки та обладнання, високі енерговитрати. Необхідна передумова впровадження системи Strip-till - вирівняти площі по мікрорельєфу і кислотності. Необхідно стежити за ущільненням ґрунту по шляхах трактора, особливо на вологих важких ґрунтах.

Нульова технологія (NO-TILL) передбачає посів в необроблену ґрунт спеціальними сівалками і відсутність інших механічних робіт на полі.

Перевагами нульової системи є мінімальна кількість проходів важких агрегатів по полю - менші енерго-фінансові витрати на одиницю роботи при вирощуванні. Під шаром рослинних залишків довго зберігається зимовий запас вологи і обмежене випаровування при засухах. Запобігає всіх видів ерозії ґрунту і надмірний перегрів верхнього шару в періоди підвищених температур.

Недоліками No-till можна вважати обмеження в контролі шкідників без механічного втручання, підвищений ризик грибкових хвороб (особливо грибів-сапрофітів) і шкідників, які зимують в рослинних рештках. Проведення ранньої сівби з весни обмежена, оскільки прогрів і висихання верхнього шару ґрунту повільне через наявність шару рослинних залишків, тому оптимальні терміни дуже короткі. Внесення високих норм мінеральних добрив обмежена - необхідно використовувати додатково спеціальну техніку. Вміст фосфору, калію і кислотність необхідно вирівняти до впровадження технології.

Вимагає використання спеціальної посівної техніки з високим тиском сошника на ґрунт, що передбачає додаткові фінансові витрати. Використання вертикального обробітку (глибокого розпушування) необхідно через 5-6 років, оскільки проходить істотне ущільнення по слідах важкої техніки. У посушливих степових районах сухих рослинних залишків на поверхні ґрунту можуть бути матеріалом для виникнення пожежі як до сівби, так і після неї. Вибір конкретної технології залежить від конкретних умов земельної ділянки і вимагає використання відповідної техніки. До послуг аграріїв - сучасні модернізовані сільськогосподарські агрегати.

При наявності орної землі в 1500-2000 га необхідними будуть 3-4 трактора. Два - для підготовки ґрунту, потужністю 340-360 к.с., третій потужністю 210-270 к.с. для сівби, і 1-2 для логістичних потреб.

Для обробітку стерні і її перемішування з ґрунтом дисковий лушчильник створює рівномірно пророблений шар на глибині 2-12 см, що підходить для посіву зернових, соняшнику та ріпаку. Оптимальними моделями вважаються лушчильники з V- або U-подібною формою котка.

Для українських чорноземів, глинистих і суглинних ґрунтів буде оптимально вибирати моделі плугів з напівгвитовими робочими поверхнями. Для легких ґрунтів класична поверхня буде оптимальною [1,2,3]. Звертайте увагу на захист робочих органів плуга від пошкоджень, наприклад, різні болти, гідроакумулятори або пружини. Для площі більше 1500 га для тракторів середньої

потужності оптимально вибрати навісний плуг з 5-6 корпусами, а для потужних тракторів (360+ к.с.) краще 9-12 корпусів.

Глибокородпушувачі, робочі органи яких здатні обробити на глибину 55-65 см углиб ґрунту. Його оптимально використовувати для руйнування плужної підшви (раз в 3-5 років), і на піщано-структурованих ґрунтах. Його використання є відповіддю на питання, як підготувати ґрунт для таких культур як ріпак і цукрові буряки. За допомогою глибокородпушувача, такого як Great Plains Flatliner 500 (рис. 1.)[4], може здійснюватися кілька операцій за 1 прохід: розбиття грудок землі, закриття вологи в ґрунті, вирівнювання поля і подрібнення залишків рослин.



Рис.1. Глибокородпушувач Great Plains Flatliner 500

Дискування як один з основних способів проведення поверхневого обробітку на глибину 2-15 см, використовується дискова борона (така як дискатори Kverneland Qualidisc з шириною від 3 до 7 метрів(рис. 2.)[5]. Борона використовується для поліпшення аерації ґрунту, усунення кірки на ґрунті, схильних до висихання, і для збереження великої кількості закритої вологи при одночасному змішуванні залишків рослин із ґрунтом. Ширина захвату у дискової борони може бути від 3 до 7 метрів і, відповідно, підходить для тракторів потужністю від 90 до 360+ к.с. 4-5-метрові варіації оптимально використовувати в господарствах з площами 500-1000 га, тому що їх денна продуктивність становить від 40 до 80 гектар.



Рис. 2. Дискатор Kverneland Qualidisc

Культиватор (рис.3.) [6] використовуються для передпосівної підготовки ґрунту, виконуючи до 6 операцій за прохід. Серед них: розпушування, вирівнювання рельєфу, коткування важким котком, створення дрібнозернистої структури ґрунту.



Рис. 3. Комбінований культиватор GASPARDO DRACULA 6000

#### Список використаних джерел

1. Шевченко І.А. Улучшение агротехнических и энергетических показателей глубокорыхлителей в условиях юга Украины // "Комплексная механизация с. х. производства".- М.: ВСХИЗО, 1989. - С. 72-79.
2. Дубровін В.О., Шевченко І.А., Єлагін О.В. Технологічна доцільність застосування комбінованих ґрунтообробних агрегатів в зоні степу України// Праці ТДАТА. - Вип.2. -Т.16.- Мелітополь: ТДАТА,2001. - С.47 - 57.
3. Войтюк Д.Г, Крижачківський М.Л., Шевченко І.А, Дубровін В.О. Системний аналіз при вирішенні технологічної задачі виробництва сільськогосподарської продукції // Механізація с.-г. виробництва/ Сб. наукових праць НАУ.-К.: Вид. НАУ, 2001. - Т.ХІ. - С.84-89.
4. <http://www.eridon-tech.com.ua>
5. <https://sng.kverneland.com/Obrabotka-pochvy/Diskovye-borony/Kverneland-Qualidisc-Pro#>
6. <https://www.maschio.com/catalog/product/dracula>

**34. М. Л. Засць, к.т.н., доцент, М. О. Поліщук, студент, Поліський національний університет, м. Житомир**

#### **АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВИТИРАННЯ ВОРОХУ ЛЮЦЕРНИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОБОЧОГО ОРГАНУ**

Процес видалення насіння люцерни залежить від багатьох факторів, в тому числі і від типу теркового пристрою та його конструктивних параметрів. Для кожного конкретного типу пристрою існує своя методика розрахунку конструктивних та кінематичних параметрів, тому що процес, який відбувається в терковому пристрої, визначається методом дії робочих органів на матеріал, що обробляється.

Складність процесу витирання обумовлюється відсутністю його єдиного математичного опису, а існуючі залежності виведені тільки для окремих випадків. Вивченню процесу витирання насіння присвячені роботи таких авторів, як М. М. Анеляк, В. Г. Антипін, Ю. Д. Ахламов, В. М. Барановський, М. В. Богиня, І. В. Горбачов, І. Н. Гринчук, Є. В. Жалнін, В. К. Журкін, А. Я. Маліс, М. В. Мурзін, П. Г. Мухін, А. В. Нікулочкін, В. Є. Панасенко, А. В. Панченко, А. П. Тарасенко, В. Ф. Федоренко, Б. Ф. Федосєєв, А. І. Філіпов, В. М. Халанський, С. П. Хренов, Ф. Н. Ерк та інші. Серед пристроїв для витирання насінників трав найбільше розповсюдження отримали пристрої аксіально-роторного типу, в яких перетираючи дія домінує над більною. Вони забезпечують якісне витирання насіння при високій продуктивності та прості конструкції. В даних пристроях найчастіше в якості робочих органів використовуються біла зернозбиральних комбайнів. Встановлено, що при використанні комбінованих бил досягаються кращі результати, при цьому транспортування вороху здійснюється тільки ребристими білами, кількість яких з прямими ребрами має домінувати над кількістю бил зі зворотними ребрами. Гладкі біла не мають транспортної здатності, а лише розподіляють матеріал по деці. Кількість транспортуючих бил може бути визначена за формулою [1]:

$$m_T = m_n - m_o, \quad (1)$$

де  $m_n$  – кількість бил з прямими ребрами;

$m_o$  – кількість бил зі зворотними ребрами.

Осьова швидкість переміщення вороху в терковому пристрої прямо пропорційна числу транспортуючих бил, ширині біла, тангенсу кута нахилу ребер біла та частоті обертання барабану [2]

$$v_{oc} = \frac{\psi \cdot n \cdot m_T \cdot b \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2,6}, \quad (2)$$

де  $\psi$  – поправочний коефіцієнт;  
 $n$  – частота обертання барабана, с-1;  
 $b$  – ширина била, м;  
 $\alpha$  – кут нахилу ребер бил, град.

Поправочний коефіцієнт  $\psi$  залежить від коефіцієнту тертя частинок по билу, від конструктивного виготовлення бил, фізико-механічних особливостей вороху та інших факторів. Коефіцієнт визначається експериментально та коливається в широкому діапазоні значень, при цьому для кожного конструктивного виконання теркового пристрою він різний. Отриманий вираз не враховує переміщення матеріалу, що рухається по інерції в просторі між билами, при відсутності взаємодії з билами. Тому розрахунок осьової швидкості за даною формулою є недостатньо точним. Для визначення продуктивності теркового пристрою, в якому транспортування матеріалу в осьовому напрямку здійснюється ребристими билами, запропонований вираз [86]

$$Q = k \cdot \gamma \cdot \pi \cdot \delta \cdot (D - \delta) \cdot \left(1 - \frac{m_c \cdot L \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\pi \cdot D \cdot p}\right) \cdot \frac{m_c \cdot n \cdot L}{p}, \quad (3)$$

де  $k$  – ступінь стискання;  
 $\gamma$  – щільність вороху, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\delta$  – робочий зазор, м;  
 $p$  – кількість дій;  
 $L$  – довжина теркового пристрою, м;  
 $D$  – діаметр обичайки, м;  
 $m_c$  – загальна кількість бил.

З даного виразу виходить, що продуктивність теркового пристрою прямо пропорційна діаметру барабану, робочому зазору, кількості бил, кількості обертів барабану та зворотно пропорційна кількості дій. Використання даної формули для визначення продуктивності теркового пристрою з осьовою подачею не забезпечує великої точності розрахунку, тому що не враховується об'єм матеріалу, що переміщується між ребрами била. Мурзіним М. В. було запропоновано при описі процесу руху частинок вороху в домолочувальному пристрої розглядати рух двох видів: по площині між билами, та по билу молотильного барабану [2]. Причому рівняння руху частинки вороху по билу молотильного барабану аналогічне рівнянню руху в площині між билами та відрізняється лише тим, що замість коефіцієнта тертя частинки по площині барабану вводиться коефіцієнт зчеплення вороху з ребрами била:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = (f_c - f_M) \cdot \frac{N_{\max}}{h} \cdot X - f_M \cdot m_{\text{ч}} \omega_M^2 R_D; \quad (4)$$

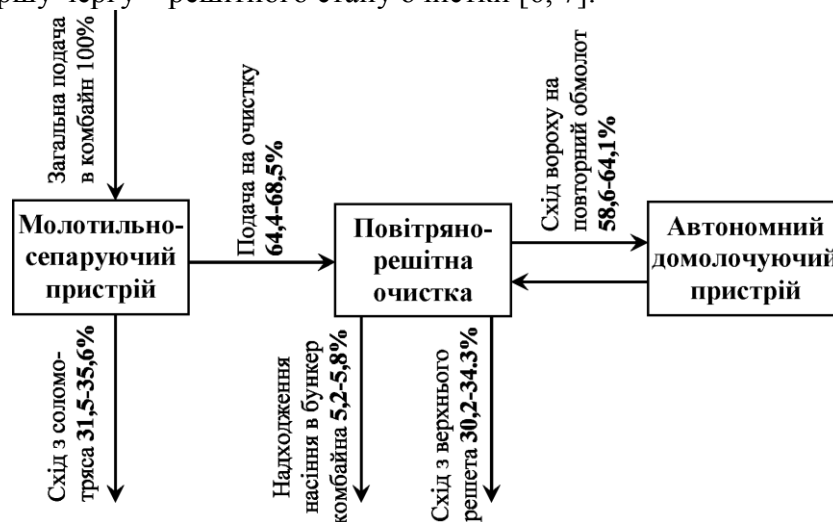
$$\frac{d^2 x}{dt^2} = (f_c - f_M) \cdot \frac{N_{\max}}{h} \cdot X - f_{\text{зч}} \cdot m_{\text{ч}} \omega_M^2 R_D, \quad (5)$$

де  $f_c$ ,  $f_M$  – відповідно, коефіцієнт тертя частинки об шар матеріалу та по площині барабана;  
 $f_{\text{зч}}$  – коефіцієнт щеплення вороху з ребрами била;  
 $N_{\max}$  – максимальний питомий тиск на барабан, Н;  
 $X$  – поточне значення координати по вісі, м;  
 $h$  – висота била, м;  $\omega_M$  – кутова частота обертання молотильного барабану, с-1;  
 $m_{\text{ч}}$  – маса частинки вороху, кг;  
 $R_D$  – радіус барабана, м.

Данні рівняння дозволяють визначити швидкість руху частинок вороху в площині між билами та билу молотильного барабану. Однак дані залежності є наближеними, тому що не враховують вплив робочої поверхні деки на процес руху вороху в домолочувальному пристрої. Також використання даних формул може бути застосовано тільки для розрахунку барабанних пристроїв з тангенціальною подачею. Найбільш наближені до реальних умов математичні моделі робочого процесу в теркових пристроях аксіально-роторного типу з горизонтальною та вертикальною віссю обертання ротору,

розроблені в ТСХА [3, 4]. Тут використовується підхід, що виражається в розгляді руху частинок в робочому просторі теркового пристрою з допущенням, що у процесі руху вони зберігають свою форму та масу. В результаті проведеного аналізу теоретичних досліджень роботи теркових пристроїв можна зробити висновок, що всі вони підходять тільки для конкретних конструкцій пристроїв та пов'язані з використанням емпіричних коефіцієнтів. Це обумовлює обмеження в їх застосуванні та проектуванні нових та удосконалені існуючих теркових пристроїв. Таким чином, найбільш розповсюджені технології збирання насіння бобових трав передбачають пряме комбайнування, роздільне збирання і збирання з подвійним комбайнуванням. Але всі комбайнові технології не забезпечують збирання насіння без втрат. Найбільш простим і дешевим способом збирання є пряме комбайнування. Таким чином збирають насінники з невеликим не полеглим травостоєм при їх незначній вологості (до 22...24 %). При більшій вологості проводити збирання не рекомендується через різке збільшення втрат насіння, недомолот, а також існування можливості його пошкодження при обмолоті. Агробіологічні особливості насінників, строки їх збирання вимагають застосування дробки обмолоченої комбайном маси [5].

Обґрунтування технології збирання насіння трав з врахуванням природно-кліматичних умов і особливостей дозрівання врожаю є важливим резервом нарощування як обсягів їх виробництва, так і зменшення втрат. Оскільки спеціальні машини для збирання насіння багаторічних бобових трав відсутні, то усі відомі технології орієнтовано на використання зернозбиральних комбайнів із використанням спеціальних теркових пристроїв (адаптерів), які більш придатні для роботи із ворохом насінників трав (рис. 1.). Дослідження показників якості роботи існуючих теркових пристроїв ПСТ-10, ПСТ-8 та ПСТ-54-108А показали, що використання цих пристроїв на зернозбиральних комбайнах для витирання насіння багаторічних бобових трав дає змогу збільшити відсоток витертого насіння в бункері лише на 10...15%, але вирішити проблему повноти витирання насіння молотаркою зернозбирального комбайна не вдається. Це призводить лише до збільшення циркуляційного навантаження на робочі органи молотарки, і в першу чергу – решітного стану очистки [6, 7].



**Рис. 1. Схема технологічних потоків в молотарках зернозбирального комбайну при збиранні насіння багаторічних бобових трав**

Дослідження показників якості роботи існуючих теркових пристроїв ПСТ-10, ПСТ-8 та ПСТ-54-108А показали, що використання цих пристроїв на зернозбиральних комбайнах для витирання насіння багаторічних бобових трав дає змогу збільшити відсоток витертого насіння в бункері лише на 10...15%, але вирішити проблему повноти витирання насіння молотаркою зернозбирального комбайна не вдається. Це призводить лише до збільшення циркуляційного навантаження на робочі органи молотарки, і в першу чергу – решітного стану очистки [6, 7]. Практично єдиним способом здійснити збирання з мінімальними втратами, особливо при несприятливих умовах, є збирання всієї біологічної маси (або її насінневої частини) і обробка її на стаціонарі. Нами запропоновано новий технологічний процес отримання насіння багаторічних трав, яким передбачено довитирання насіння багаторічних бобових трав на стаціонарних комплексах замість існуючої практики здійснення цього процесу автономними терковими пристроями зернозбиральних комбайнів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гарькавий А. Д., Петриненко В. Ф., Спірін А. В., Конкуренентоспроможність технологій і машин: Навчальний посібник. Вінниця: ВДАУ.: Тірас 2003. 68 с.
2. Гарькавий А. Д., Серета Л. П., Спірін А. В., Вільховий М. І., Обґрунтування рішень при модернізації технологій і оновленні парку машин. Вінниця. 2000.



3. Зінченко Б. С. Довідник по виробництву насіння багаторічних трав. К. Урожай 1990 р. 232 с.
4. Ільченко В. І., Нагірний Ю. П., Джолос П. А. та ін. Машиновикористання в землеробстві. К.: Урожай 1996. 157 с.
5. Ільченко В. Ю., Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві. К.: Урожай 1993 р. 284 с.
6. Заєць М. Л. Методичні вказівки по виконанню курсового проекту "Сільськогосподарські машини". Поліський національний університет. Житомир. 2022 р. 45 с.
7. Спірін А.В. Перспективна технологія збирання насінників трав / А.В. Спірін, І.В. Твердохліб // Техніка, енергетика, транспорт АПК. Вінниця : ВНАУ, 2016. № 1 (93). С. 25-27.
8. Твердохліб І.В. Зменшення втрат насіння багаторічних бобових трав при його збиранні / І.В. Твердохліб, А.Я. Кузьмич, М.М. Анеляк // Сучасні проблеми землеробської механіки : мат. XIII міжн.-наук. конф., 17-19 жовтня 2012 р. : тези доп. Вінниця, ВНАУ. С. 46–47.

### **35. С. М. Герук, Житомирський агротехнічний фаховий коледж**

#### **ТЕНДЕНЦІ РОЗВИТКУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ПРОБЛЕМИ ЇХ ПЕРЕРОБКИ**

Є шість вирішальних факторів успішності електрокарів, які живляться від акумуляторних батарей. Насамперед, йдеться про ємність - тобто скільки електричної енергії може зберігати акумулятор, кількість циклічного використання батареї - тобто "заряд-розряд", які акумулятор витримує, перш ніж вийти з ладу, та час підживлення - тобто скільки водієві доведеться чекати, заряджаючи автомобіль, щоб їхати далі.

Не менш важливою є й надійність самого акумулятора. Скажімо, чи зможе він витримати поїздки у високогір'я або подорож спекотною літньою порою. Певна річ, вирішуючи, чи варто купувати електрокар, слід зважати й на такий фактор, як кількість станцій підзарядки та ціна акумуляторів.

Тип електромобілів, які мають можливість заряджатися від зовнішніх джерел живлення, називають PEV (plug-in electric vehicle). Вони поділяються на такі типи: - електромобілі, оснащені виключно електричними двигунами (одним чи декількома), що живляться лише від електричних акумуляторів і потребують заряджання від зовнішнього зарядного обладнання (battery electric vehicles) – BEVs; - електромобілі з гібридними енергетичними установками, які оснащені як електричними силовими установками (електродвигунами), так і силовими установками на іншому виді палива (наприклад бензиновими або газовими двигунами) з різними формами взаємодії силових установок і мають можливість заряджатися від зовнішніх джерел живлення (plug-in hybrid electric vehicles) – PHEVs [1].

Найбільш поширеним типом батарей для PHEV і BEV в даний час є літій-іонні батареї. Основна причина дорогої ціни електромобіля – це вартість батареї. Сучасні акумулятори це - майже виключно варіанти так званих літій-іонних акумуляторів. Вони мають такі переваги: високий коефіцієнт корисної дії в процесі заряджання-розряджання, висока щільність електричної енергії (кВт•год/кг). При цьому відносним недоліком літій-іонних акумуляторів є невелика кількість циклів заряджання-розряджання (близько 500), що відповідає приблизно 250 тис. км для електромобіля Tesla Model S, після чого акумуляторну батарею необхідно замінити. Йдеться про різновиди типів акумуляторів, де лужний метал літій зустрічається як в позитивних і негативних електродах, так і в рідині - так званому електроліті. Як правило, негативний електрод складається з графіту. В залежності від того, які ще матеріали застосовуються у позитивному електроді, розрізняють, приміром, літій-кобальтові (LiCoO<sub>2</sub>), літій-титанатні (Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>) та літій-залізо-фосфатні акумулятори (LiFePO<sub>4</sub>).

Особливу роль відіграють літій-полімерні акумулятори. Тут електролітом виступає гелеподібна пластмаса. На сьогодні ці акумулятори - найпотужніші з тих, що є на ринку, вони досягають ємності енергії до 260 ват-годин на кілограм. Решта літій-іонних акумуляторів здатні максимум на 140 до 210 ват-годин на кілограм [2].

Отже на сьогодні найбільш перспективними є літій-іонні акумулятори, але вони дуже дорогі, насамперед, через високу ринкову вартість літію. Проте мають чимало переваг, порівняно з тими типами зроблених зі свинцю та нікелю акумуляторів, що застосовувалися раніше, так як вони досить швидко заряджаються – від 2 до 3 годин, не мають такого "ефекту пам'яті". Виробники обіцяють до 10 тисяч циклів "заряд-розряд" та 20 років безперебійної роботи.

Старі типи акумуляторів не мають таких переваг та й енергії вони можуть акумулювати значно менше. Акумулятори на нікелевій основі мають ємність енергії від 40 до 60 ват-годин на кілограм. Ще

гірші властивості в свинцевих акумуляторах - ємність енергії у них близько 30 ват-годин на кілограм. Проте вони - значно дешевші та без проблем витримують багато років експлуатації.

Експерти з дослідницького центру Forschungszentrum Jülich GmbH (Німеччина) працюють над розробкою кремній-повітряних акумуляторів. Ідея повітряних акумуляторів - не така вже й нова. Так, раніше пробували розробити літій-повітряні акумулятори, в яких позитивний електрод складався б з нанокристалічної решітки вуглецю. При цьому сам електрод не бере участі у електрохімічному процесі, а виступає лише як електропровідник, на поверхні якого відновлюється кисень [3].

За таким же принципом діють і кремнієво-повітряні акумулятори. Утім, вони мають ту перевагу, що складаються з дуже дешевого кремнію, який зустрічається практично в необмеженій кількості в природі у вигляді піску. Крім того, кремній активно використовують у напівпровідниковій галузі.

На додачу до потенційно низької собівартості виробництва, технічні характеристики повітряних акумуляторів теж, на перший погляд, досить привабливі. Адже вони можуть досягти такої ємності енергії, що перевищує сьогоденні показники втричі, а то й вдесятеро. Однак до виходу на ринок цим розробкам ще далеко. Найбільшою проблемою є незадовільно коротка "тривалість життя" повітряних акумуляторів. Вона значно нижча за 1000 циклів "заряд-розряд". Певну надію подає експеримент дослідників центру Jülich. Їм вдалося з'ясувати, що тривалість експлуатації таких акумуляторів можна значно підвищити, коли регулярно наповнювати електроліт в цих акумуляторних батареях. Але навіть і при таких технічних рішеннях ці акумулятори не досягнуть і частки тої тривалості експлуатації, яку мають сьогоденні літій-іонні акумуляторні батареї.

Виробники акумуляторів і електрокарів витрачають мільярди доларів на розробки, які повинні дозволили зменшити витрати на виробництво і переробку елементів живлення.

Перший виклик для автовиробників – це зменшення кількості металів, які потрібно видобувати в природі для виготовлення акумуляторів. Звісно, ця кількість залежить від типу акумулятора і моделі автомобіля, але в середньому для виготовлення однієї літій-іонної батареї (наприклад, поширеної моделі NMC532), за даними Аргонської національної лабораторії, потрібно 8 кг літію, 45 кг нікелю, 20 кг марганцю і 14 кг кобальту.

Збільшення видобутку літію створює свої проблеми для довілля: сучасні форми отримання цього металу потребують значної кількості енергії (якщо літій добувають з породи) або води (із соляного розчину). Сучасніші методи отримання цього металу з геотермальних вод із використанням геотермальної енергії, щоправда, вважають перспективнішими.

Щоби розв'язати проблеми з сировиною, кілька лабораторій експериментують із катодами з низьким вмістом кобальту або взагалі без нього. Без кобальту густина енергії акумулятора сильно знижується.

Розглянемо питання деградації батареї. Так, у проданих в Україні Mitsubishi i-MiEV падіння ємності батареї за 4 – 5 років становить близько 15 – 20%. У перших Tesla Model S, які проїхали 100 000 км, падіння ємності АКБ поки не помічено, схоже, що в роботу поступово включають нові сегменти АКБ. Так, сьогодні ціни на АКБ для електрокарів коливаються в діапазоні від 5 до 15 тис. доларів США в залежності від ємності. У майбутньому ціна АКБ повинна падати – компанія Tesla вже заявляла про свою фабрику АКБ, що має знизити ціну чи не вповнину [4].

У 2019 році канадська компанія Li-Cycle заявила про розробку технології, яка дозволить отримати при переробці літійових АКБ від 80 до 100 матеріалів, придатних для повторного використання [5].

Технологія складається з двох етапів:

- Подрібнення – при цьому немає необхідності розряджати батареї або робити з ними будь-які маніпуляції. Це дозволяє значно прискорити процес.
- Гідрометалургія – дозволяє отримати з подрібненої маси методом "микрої хімії" карбонат літію, кобальт, алюміній, залізо, графіт, мідь і т.д. На відміну від традиційних підходів (старі АКБ переплавляли, щоб потім виділити цінні метали, ККД становило близько 40%) така технологія значно екологічніша.

Компанія довела ефективність своєї технології, відкривши у 2020 році одразу два заводи – у США та Канаді – щодо утилізації літій-іонних акумуляторів загальною потужністю до 20 тисяч тонн відпрацьованих АКБ.

У Норвегії партнерами канадської Li-Cycle виступатимуть дві місцеві фірми, які поставлятимуть сировину для переробки:

- **Morrow Batteries** – найбільший виробник літій-іонних батарей (планує наростити щорічний випуск до 43 ГВт \* год), який постачатиме зі свого заводу відходи виробництва.

- **Eco Stor** – ця компанія спеціалізується на повторному використанні Li-ion акумуляторів. Вона адаптується б/в АКБ з електрокарів під системи накопичення та зберігання електроенергії для приватних будинків.

Планується, що на повну потужності підприємство запрацює вже на початку 2023 року, потужність – близько 10 тисяч тонн.

Отже, майбутнє електромобілів є очевидним і неминучим. У найближчі кілька років різноманітність моделей збільшиться, вони заповнять дороги в усьому світі, роблячи їзду комфортною для водія і безпечною для навколишнього середовища. Зростання продажів і вдосконалення моделей дозволять виключити існуючі недоліки електрокарів, роблячи ці машини бездоганними за експлуатаційними характеристиками, динамічними і швидкісними властивостями.

#### Список літератури

1. Giechaskiel B., Riccobono F., Vlachos T., Mendoza-Villafuerte P., Suarez-Bertoa R., Fontaras G., Bonnel P., Weiss M. Vehicle emission factors of solid nanoparticles in the laboratory and on the road using Portable Emission Measurement Systems (PEMS). *Frontiers in Environmental Science*. 2015. Vol. 3. P. 82–83. DOI: 10.3389/fenvs.2015.00082.

2. Helmers E. Possible resource restrictions for the future large-scale production of electric cars. *Competition and Conflicts on Resource Use, Natural Resource Management and Policy*. 2015. Vol. 46. P. 121–131. DOI: 10.1007/978-3-319-10954-1\_9

3. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Ananieva O., Zinchenko O. Analysis of the Smart Grid concept for DC power supply systems. *International scientific journal «INDUSTRY 4.0»*. 2019. Vol. 4, Issue 4. P. 179–182.

4. Електромобіли в Україні в 2015 году: сервіс, зарядка, вигода в деньгах 2015. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://itc.ua/articles/elektromobili-v-ukraine-v-2015-godu-servis-zaryadkavyigoda-v-dengah/> (дата звернення 01.02.2024). – Назва з екрана.

5. Як переробляють старі батареї від автомобілів 2021.- [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://hmarochos.kiev.ua/2021/05/06/yak-pereroblyayut-stari-batareyi-vid-elektromobiliv-i-chomu-cze-ye-problemoju/> (дата звернення 02.04.2024).- Назва з екрана.

### 36. С. М. Герук, Житомирський агротехнічний фаховий коледж

#### ТЕНДЕНЦІ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

У зв'язку із різким погіршенням світового екологічного становища і скороченням природних ресурсів джерел палива для автомобілів, все більшого розвитку набуває розробка екологічно чистих транспортних засобів, які використовують альтернативні джерела енергії. Такими транспортними засобами покликані стати електромобілі. Нові технології, зміна переваг споживачів та активізація зусиль в галузі регулювання з боку урядів допоможе трансформувати автомобільну промисловість у наступні роки. Тому дослідження особливостей розвитку світового ринку електромобілів є актуальним питанням.

На початку XXI століття увага до електричних та інших альтернативних теплових транспортних засобів збільшилася за рахунок зростання негативного впливу на навколишнє середовище. Відродження електромобіля знаменується двома основними подіями: випуском Prius і появою компанії Tesla Ілона Маска. Саме цим компаніям вдалося створити попит на електрокари та зайняти частину галузі машинобудування. У кінці 1990-х рр.. Toyota створила гібридну модель Toyota Prius, а у 2006 р. на ринок вийшла Tesla Roadster, яка витратила 110 ват-годин на кожен кілометр. Це був значний успіх, який спонукав інших виробників почати розробку електромобілів, що поряд із падінням цін на електробатареї допомогло створити основу для розвитку електромобілів. Через чотири роки почався випуск Nissan LEAF – першого у світі масового електромобіля, а вже в листопаді 2011 р. Leaf був оголошений у номінації Європейського автомобіля року 2011 і Всесвітнього автомобіля року 2011, ставши першим переможцем-електромобілем [5].

На сьогоднішній день, електромобілі поділяють на такі види [2]:

- **Гібридний автомобіль** (HEV – Hybrid Electric Vehicle) працює з паралельним використанням електромотору, який живиться від акумуляторних батарей та бензинового двигуна, що отримує паливо з бензобаку. При цьому, акумулятори не можуть заряджатись від зовнішніх джерел та мають дуже малий запас ходу на електротязі

➤ **«Plug-in» гібриди** (PHEV – Plug-in Electric Vehicle) або приєднувальні гібриди поділяється на наступні типи:

✓ Паралельні (parallel hybrid). Поєднують роботу електричного та бензинового двигуна та допускають можливість підзарядки батарей від мережі, що дозволяє долати значні відстані за допомогою електротяги.

✓ Послідовно-паралельні (power-split hybrids). Приєднувальні гібриди, які можуть працювати або як послідовні, або як паралельні з електромотором у якості основного приводу.

✓ Послідовні (REEV - Range Extended Electric Vehicle). Приєднувальні гібриди з «генератором у багажнику», в яких двигун приводить у дію генератор, що виробляє енергію для акумуляторних батарей, що живлять електродвигун. АКБ автомобілів такого типу можна заряджати від мережі.

➤ **Електромобілі** (BEV – Battery Electric Vehicle) їздять за допомогою електродвигуна, який живиться від енергії акумуляторних батарей, які заряджаються від зовнішніх джерел енергії.

➤ **Електромобілі на паливних елементах** (FCEV – Fuel Cells Electric Vehicle) перетворюють водень в електричну енергію, завдяки якій автомобіль рухається.

Переваги електромобілів наступні[3]:

- електродвигун має малу вагу;
  - довговічність і простота в обслуговуванні;
  - екологічність;
  - високий ККД;
  - підзарядка при зниженні швидкості, т.з. рекуперативне гальмування
  - двигун фактично безшумний;
  - економічність у використанні;
  - обслуговування та огляду вимагає виключно ходова частина;
  - у електрокарі немає паливної системи, оливи, свічок і безлічі інших деталей, які присутні в класичних автомобілях і ускладнюють конструкцію;
  - надійність і довговічність експлуатації, виходячи з того, що ламатися просто нема чому;
- В той же час, електромобілі мають деякі суттєві недоліки:
- дорожче автомобілів з ДВЗ;
  - менша дальність пробігу, ніж у автомобілів з ДВЗ;
  - потребують розвинену інфраструктуру зарядних станцій швидкого заряду;
  - тривалий час зарядки;
  - можлива відсутність запчастин через відсутність розвиненої дилерської мережі у офіційних представників популярних моделей на українському ринку.
  - недостатньо широко розвинена мережа заправок.

Одним з ключових елементів, що визначає перспективи розвитку електромобілів, є акумуляторна батарея [6]. Саме від акумуляторної батареї найбільше залежить, з одного боку, потенційна дальність пересування електромобілів на одному заряджанні, з іншого боку, різниця в ціні з традиційними автомобілями з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ).

Темпи продажів електромобілів в усьому світі зростають з кожним роком, і навіть, незважаючи на кризу, викликану через пандемію коронавірусу та війну в Україні, експерти передбачають продовження зростання, коли криза завершиться[4].

Якщо проблему невеликого запасу ходу вирішують безпосередньо автовиробники та вчені, розвивати інфраструктуру доводиться або державі, або приватним компаніям. Незважаючи на те, що міська інфраструктура зарядних пунктів та станцій в нашій країні розвивається швидко, в країні не вистачає потужних зарядних станцій на міжміських дорогах. Зарядна станція- це елемент інфраструктури, який слугує для зарядки електромобілів. Враховуючи зростаючу кількість електромобілів, потрібно збільшувати кількість зарядних пунктів та зарядних станцій, для підтримки зросту попиту на автомобілі, що живляться за рахунок електрики.

На основі викладеного у статті можемо стверджувати, що галузь електромобілів перебуває у стані розвитку. Все більше й більше міжнародних автовиробників створюють аналоги своєї продукції з використанням електродвигунів. Значну роль у цьому процесі відіграє держава, яка повинна заохочувати та підтримувати використання автомобілів з нульовим викидом.

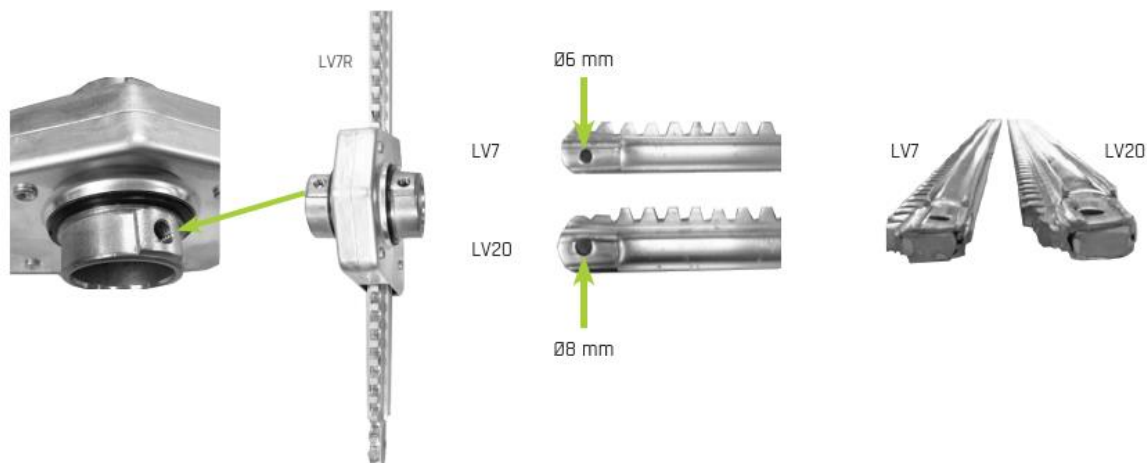
Використана література

1. Сайт Department of Energy [Електронне джерело] URL: <https://www.energy.gov/> Timeline: History of Electric Car [Електронне джерело] URL: <https://www.energy.gov/timeline/timeline-history-electric-car>
2. Сайт HEVCars [Електронне джерело] URL: <https://hev cars.com.ua/>
3. Сайт Carpoint Electric [Електронне джерело] URL: <http://www.carpointe.com.ua/> Переваги електромобілів над бензиновими авто URL: <http://www.carpoint-e.com.ua/news/perevagi-elektromobiliv/>
4. Сайт Barron's [Електронне джерело] URL: <https://www.barrons.com> Electric Vehicle Sales Are Down, But the Long-Term Trend is Still Positive [Електронне джерело] URL: <https://www.barrons.com/articles/electric-vehicle-sales-are-down-but-the-long-term-trend-is-still-positive-01586790663>
5. 14. Развитие электромобилей: без господдержки не летают. VYGON Consulting : веб-сайт.URL : [https://vygon.consulting/upload/iblock/72c/vygon\\_consulting\\_electricvehicles2018.pdf](https://vygon.consulting/upload/iblock/72c/vygon_consulting_electricvehicles2018.pdf) (дата звернення: 12.12.2019).
6. Hardman S., Chandan A., Tal G., Turrentine T. The effectiveness of financial purchase incentives for battery electric vehicles – a review of the evidence. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017. Vol. 80. P. 1100–1111. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.255.
7. Герук С.М. Електромобілі: історія зародження та сьогодення /Герук С.М., Сукманюк О.М./-Зб. тез VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання /25-26 лют. 2021 р., м.Київ / МОН України, НУБіП України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2021.С. 18-22.

37. *В. А. Балаболов, асистент, В. М. Савченко, к.т.н., доцент, Поліський національний університет, м. Житомир*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЮВАННЯ КУЛЬТИВАЦІЙНИХ СПОРУД ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ НА ЯКІСНІ ТА КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА**

Алюмінієві експериментальні зубчасті рейки типу LV7R/B і LV20 R/B (DGT by Senmatic, Данія ) є невід'ємною частиною системи вентиляційних фрамуг, яка є складовою автоматизованої системи керування мікрокліматом в архітектурній споруді галузі захищеного ґрунту. Більшість виробників зубчастих рейок приводу системи покрівельної гарантують, що навантаження від вентиляційних пройм (фрамуг) рівномірно розподіляється на усі привідні зубчасті рейки, при цьому виробники намагаються зменшити питому масу привідних зубчастих рейок, без зниження їх експлуатаційних властивостей, в тому числі і напрацювання на функціональну відмову. При зміні конструктивних особливостей привідних зубчастих рейок їх зуби розташовані якомога ближче до ведучого валу, що призводить до зменшення крутного моменту, що регламентує використання мотор-редукторів меншого типорозміру. Виробниками зазначається, що алюмінієва зубчаста рейка демонструє велику толерантність до перепадів температури та зниження механічних пошкоджень у її конструкції в процесі експлуатації.



**Рис.1 Конструктивні особливості зубчастих рейок типу LV7R/B і LV20 R/B (DGT by Senmatic, Данія )**

Проблеми забезпечення надійності технологічних систем, в тому числі і систем керування мікрокліматом, при вирощуванні продукції рослинництва в умовах захищеного ґрунту і вплив їх на якісні та кількісні показники відображені в роботах [1, 2].

В роботі [3] зазначається, що одним із ефективних способів отримання виробів з необхідними експлуатаційними характеристиками є холодна пластична деформація пористих заготовок. В дослідженнях [4] обґрунтовано вплив моделі релаксації напружень у структурі масляної плівки на поверхні тертя з фулереновими добавками на довговічність експлуатаційних властивостей робочих органів.

Перспективою подальших досліджень є дослідження впливу технічного стану систем приводу вентиляційних фрамуг на вологістно-температурні режими в межах культивативної споруди захищеного ґрунту .

#### Літературні джерела

1. Бойко А.І. Вплив технічного стану систем підживлення рослин двоокисом вуглецю на виробничі процеси / А.І.Бойко, В. М. Савченко, Л.Г. Савченко // Крамаровські читання : зб. тез доп. VI міжнар. наук.-техн. конф., 21-22 лют. 2019. – К. : НУБіП, 2019. – С. 311–313.
2. Якобчук В.П. Вплив технічного стану культивативних систем захищеного ґрунту на продовольчу безпеку України/ В.П. Якобчук, В. М. Савченко//Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 113-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906- 1987) 20-21 лют. 2020 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Національний науковий центр «ІМЕСГ» НААН. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2020 – С. 189-191
3. Determination of porosity functions in the pressure treatment of iron-based powder materials in agricultural engineering / R. Sivak, V. Kulykivskiy, V. Savchenko [et al.] // Scientific Horizons. – 2023. – Vol. 26, No. 3. – P. 124–134.
4. Kravtsov, Andrii and Suska, Anastasiia and Biekirov, Abliatif and Levkin, Dmytro, Development of a Rheological Model of Stress Relaxation in the Structure of an Oil Film on the Friction Surface With Fullerene Additives (July 1, 2021). Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(7 (111), 93–99, 2021, doi:10.15587/1729-4061.2021.235468, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3887817>

*38. Р. Г. Гаврилюк, аспірант, В. М. Савченко, к.т.н., доцент, Поліський національний університет, м. Житомир*

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ПРИ ЇХ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ЗАСТОСУВАННІ НА ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

Розпилювальні системи відіграють важливу роль у хлібопекарській промисловості, полегшуючи різні процеси, такі як кондиціонування тіста, глазурування та ароматизація. Розвиток технологій призвів до розробки складних систем розпилення, які підвищують ефективність і якість продукції на хлібопекарських підприємствах. У цій статті досліджуються особливості моделювання систем розпилення та їх технологічне застосування на хлібопекарських підприємствах, спираючись на досвід і продукти, які доступні на ранку і постачаються як рішення для розпилення. Розглядаючи ключові принципи, конструктивні міркування та практичні реалізації, ця стаття має на меті забезпечити всебічне розуміння систем розпилення в контексті роботи хлібопекарських підприємств

Сучасний розвиток хлібопекарних підприємств ґрунтується на розвитку наступних напрямків: розширення об'єму продукції, що випускається, вдосконалення діючих технологій виробництва хлібопекарної продукції і підвищення ефективності роботи обладнання, що використовується [1]. Останні наукові дослідження підтверджують ефективність даного спрямування наукового пошуку. Методологічною основою дослідження є концептуальні положення теорії процесів і апаратів, фундаментальні дослідження в області хлібопекарного виробництва, експериментальні дані експлуатації промислового виробництва.

Хлібопекарські підприємства покладаються на точні та ефективні системи для забезпечення виробництва високоякісних хлібобулочних виробів. Зокрема, системи розпилення є невід'ємною частиною різних етапів процесу випікання, сприяючи кондиціонуванню тіста, обробці поверхні та покращенню смаку [2]. Завдяки технологічному прогресу сучасні системи розпилення пропонують розширені можливості, що дозволяє хлібопекарським підприємствам досягати стабільної якості продукції та операційної ефективності.

Досягнення в технології розпилення оптимізували роботу хлібопекарських підприємств, пропонуючи підвищену точність, контроль і автоматизацію. Сучасні системи розпилення інтегрують

такі функції, як змінна швидкість потоку, регульована форма розпилення та можливості дистанційного моніторингу.

Завдяки інноваційним технологіям, таким як програмовані логічні контролери, прецизійні форсунки та системи повітряного розпилення, хлібопекарні можуть досягти безпрецедентного рівня контролю та точності у своїй роботі. Ці технології не лише підвищують ефективність процесів розпилення, але й покращують консистенцію та якість хлібобулочних виробів, відповідаючи найвищим стандартам.

Перспективою подальших досліджень є математична формалізація опису станів і переходів у можливі технічні стани прецизійних форсунок, як складової системи повітряного розпилення.

#### Літературні джерела

1. Yanakov V.P. Ways of improving quality of dough during the dough mixing process. «2010 AACCC International Annual Meeting»: mignar. nauk.-prakt. konf. (Savannah Convention Center, Savannah, Georgia, U.S.A. 24-27 October) / U.S.A. AACCC International Annual Meeting – 2010. tez.dop. – С. 50.

2. Гвоздєв, О. В. Машини та обладнання хлібопекарського виробництва: підручник / О. В. Гвоздєв, Ф. Ю. Ялпачик, В. О. Олексієнко. – Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2010. – 311 с. – Режим доступу до електронного каталогу Наукової бібліотеки імені В. І. Вернадського : [http://irbisnbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64](http://irbisnbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64)

**39. О. В. Лисенко, В. М. Савченко, к.т.н., доцент, Поліський національний університет, м. Житомир**

#### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СКЛАДОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ В УМОВАХ ВИРОЩУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

Забезпечення кількісних та якісних показників продукції захищеного ґрунту в більшій мірі залежать від рівня автоматизації та електрифікації виробничих процесів. В свою чергу невід'ємною складовою є система керування мікрокліматом, що представляє собою складну технологічну систему, рівень надійності якої залежить від технічного стану виконавчих органів більш низького рівня, таких як система датчиків теплоносія, насосних та змішувальних трьох ходових клапанів системи обігріву теплиці, реле керування вентиляційними фрамугами та системою зашторювання, яка може бути представлена у вигляді енергозберігаючих та затіняючих екранів, автоматизованих систем приготування поживного розчину та насичення теплиці  $\text{CO}_2$ , систем водовипарного зволоження тощо.

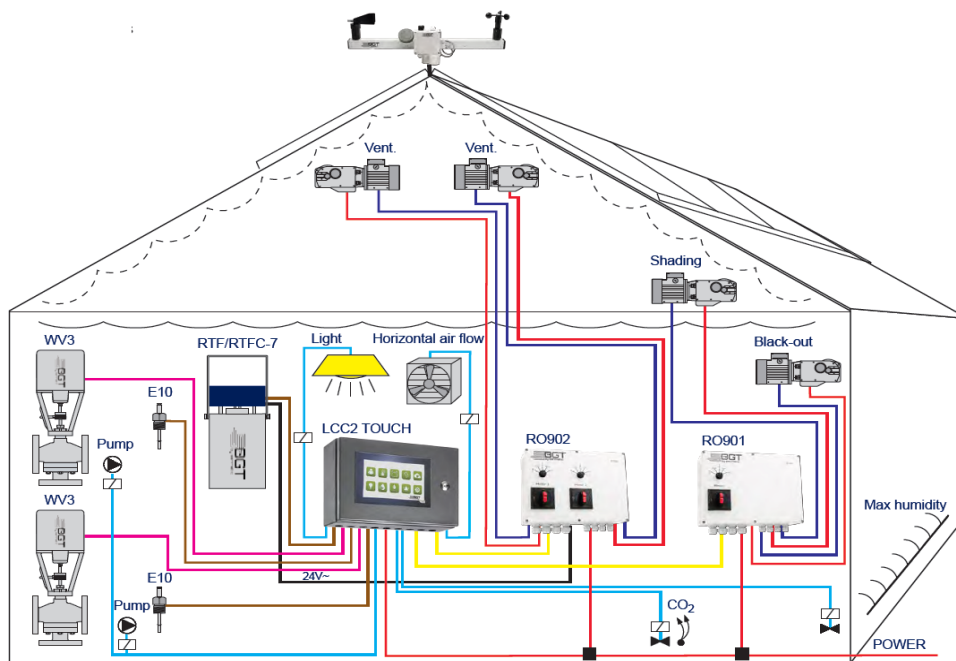


Рис. 1.1 Автоматизована система керування мікрокліматом в теплиці

В роботі [1] відображено вплив культивацийних споруд та технологічних систем на параметри мікроклімату при вирощуванні продукції захищеного ґрунту. В роботах [2, 3] відображені раціональні схеми та формальні моделі контролю процесами мікроклімату в промислових теплицях, а також в роботі [4] наведена класифікація способів зняття перегріву рослин в умовах захищеного ґрунту.

Проблеми забезпечення надійності технологічних систем, в тому числі і систем керування

мікрокліматом, при вирощуванні продукції рослинництва в умовах захищеного ґрунту і вплив їх на якісні та кількісні показники відображені в роботах [5, 6].

Перспективою подальших досліджень є дослідження впливу технічного стану складових системи керування мікрокліматом на якісні та кількісні показники продукції захищеного ґрунту.

#### Літературні джерела

1. Савченко В. М. Вплив культивацийних споруд та технологічних систем на параметри мікроклімату при вирощуванні продукції захищеного ґрунту / В. М. Савченко, В. В. Крот // Крамаровські читання : зб. тез доп. II Міжнар. наук.-техн. конф. (17–18 лютого 2015 р.) / Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – К., 2015. – С. 121–12
2. Міненко С. В. Формальні моделі для регулювання мікроклімату в теплицях / В. М. Савченко, С. В. Міненко, О. А. Махов // Матеріали міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф., 16 березня 2013 р. – Тернопіль : Крок, 2013. – Ч. 2. – С. 87–89
3. Міненко С. В. Стратегії контролю процесами мікроклімату в індустриальних теплицях / В. М. Савченко, С. В. Міненко, О. А. Махов // Підвищення надійності машин і обладнання : зб. тез доп. VII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів та аспірантів. – Кіровоград : КНТУ, 2013. – С. 48–50.
4. Класифікація способів зняття перегріву рослин в індустриальних теплицях/СВ Міненко, ВМ Савченко, ВВ Крот//Вісник Житомирського національного агроекологічного університету.-2016.-№ 1 (1).-С. 276-282
5. Бойко А.І. Вплив технічного стану систем підживлення рослин двоокисом вуглецю на виробничі процеси / А.І.Бойко, В. М. Савченко, Л.Г. Савченко // Крамаровські читання : зб. тез доп. VI міжнар. наук.-техн. конф., 21-22 лют. 2019. – К. : НУБіП, 2019. – С. 311–313.
6. Якобчук В.П. Вплив технічного стану культивацийних систем захищеного ґрунту на продовольчу безпеку України/ В.П. Якобчук, В. М. Савченко//Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 113-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906- 1987) 20-21 лют. 2020 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Національний науковий центр «ІМЕСГ» НААН. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2020 – С. 189-191

#### **40. О. Бебешко, М. О. Синчак, Подільський державний університет**

### **ВІДНОВЛЕННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ДЕСУЛЬФАТАЦІЇ**

Відновлення акумуляторних батарей, зокрема десульфатація, стає актуальною проблемою для багатьох людей, які користуються транспортними засобами. За довготривалого використання або неправильного зберігання акумуляторів, на їхніх електродах можуть утворюватися сульфатні нальоти. Цей процес, відомий як сульфатація, може значно погіршити робочі характеристики акумуляторів, знизити їхню ємність та продуктивність, а також скоротити їхній термін служби.

У зв'язку з цим, з'являється необхідність розробки ефективних та безпечних методів десульфатації акумуляторів, які дозволили б відновити їхню робочу ємність та продовжити термін служби.

Існують різні способи відновлення акумуляторних батарей, хоча ефективність кожного методу може залежати від типу батареї та її стану. Ось деякі з них:

➤ Використання відновлювальних зарядних пристроїв. Вони зазвичай використовують пульсуючі та імпульсні методи зарядки, щоб розбити сульфатні нальоти на електродах, що дозволяє покращити ємність батареї. [1].

➤ Десульфатизація. Для видалення сульфатних нальотів можна використовувати спеціальні хімічні розчини, які розбивають їх. [2].

➤ Термічне регенерування. Деякі батареї можуть бути відновлені за допомогою термічного регенерування, де вони піддаються спеціальному тепловому циклу. Цей процес може допомогти видалити сульфатні нальоти та відновити ємність батареї. [3]. Цей метод може бути корисним для відновлення їхньої функціональності, але при неправильному застосуванні може виникнути ризик пошкодження корпусу, ущільнень або ізоляції батареї.

Я пропоную поетапний метод, який можна використовувати для знищення сульфатного нальоту та відновлення акумуляторної батареї:



1. Перш ніж почати будь-які дії з акумулятором, переконайтеся, що ви працюєте у безпечному середовищі. Використовуйте відповідний захисний одяг. Огляньте акумулятор на предмет будь-яких ознак пошкоджень, витікання електроліту або інших проблем. Видаліть з поверхні будь-які забруднення, а клеми очистіть від окислення.

2. Використовуємо метод електрохімічної десульфатації. Цей метод використовує електричний струм, що включає пульсуючу зарядку у поєднанні із спеціальними хімічними продуктами призначеними для десульфатації, які додають до електроліту. Підключіть десульфатор (рис. 1) і використайте один із наступних продуктів: Battery Equaliser, Battery De-Sulfator, Battery Revivalizer.

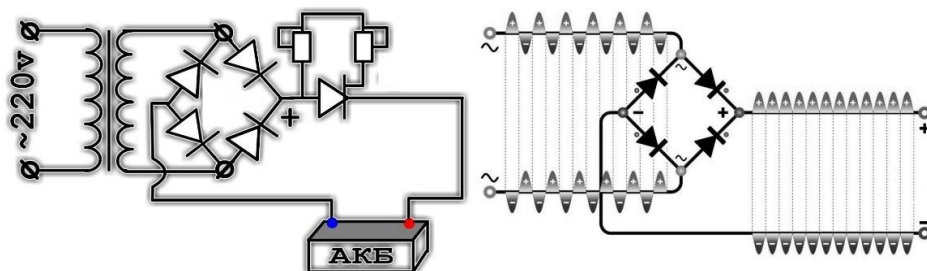


Рис 1. Схема десульфатора з мостовим випрямлячем

Застосуйте електричний струм до акумулятора протягом певного періоду часу. Електричний струм буде проходити через електроди акумулятора, а спеціальні продукти містять активні інгредієнти, які сприяють розбиттю сульфатних нальотів, допоможуть відновити ємність та продуктивність акумулятора. Процес може бути ефективним для відновлення акумуляторів з великою кількістю сульфатного нальоту, який може бути причиною зниження ємності та ефективності батареї.

Під час проведення процесу, слід регулярно моніторити температуру акумулятора та контролювати потужність струму, щоб уникнути перегріву або перевантаження.

Ефективність цього методу може залежати від стану акумулятора та величини сульфатного нальоту. Деякі акумулятори можуть потребувати кількох циклів десульфатизації для досягнення оптимальних результатів.

4. Після видалення сульфатного нальоту, злийте речовину і промийте акумулятор. Залийте новий електроліт.

5. Підключіть акумулятор до зарядного пристрою та зарядіть його до повного заряду. Після зарядки здійсніть тестування ємності та ефективності, щоб переконатися, що батарея відновлена.

У цьому дослідженні було розглянуто проблему сульфатації акумуляторних батарей, яка може виникати внаслідок довготривалого використання та неправильного зберігання. Сульфатація може значно погіршити характеристики акумуляторів та скоротити їхній термін служби. Саме електрохімічна десульфатація виглядає як ефективний метод відновлення акумуляторів, оскільки вона поєднує в собі електричні та хімічні впливи, сприяючи розбиттю сульфатних нальотів та відновленню ємності батареї, проте перед застосуванням важливо провести детальне дослідження та ознайомитися з інструкціями виробника. Важливо дотримуватися всіх необхідних заходів безпеки та враховувати можливі ризики, пов'язані з цим методом.

#### Список літератури

1. Шембель О.М., Білогуров В.А. Основні характеристики сучасних хімічних джерел струму різних електрохімічних систем // Сучасна спеціальна техніка: науково-практичний журнал. 2009. № 2(17). С. 66.
2. Detchko Pavlov. Свинцево-кислотні батареї: наука і технології. Довідник із технології свинцево-кислотних акумуляторів. 2-ге вид., Elsevier, 2017. С. 635.
3. Іванов Л. С., Гайдамака В. В. Акумуляторні батареї. Вплив на життєвий цикл акумуляторної батареї. Харків: ХНУРЕ, 2022. С. 44.

41. І. Ю. Осадця, М. О. Синчак, Подільський державний університет

#### ВПЛИВ ВІБРАЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

Зі збільшенням швидкості руху машинно-тракторних агрегатів зростає енергоефективність тракторів та продуктивність праці. Це призводить до підвищення динамічної навантаженості деталей і вузлів, а також збільшення рівня коливань та виникнення динамічних та вібраційних навантажень, що негативно впливають як на вузли й деталі трактора або агрегату, так і на виконання агротехнічних вимог. Впровадження енергоємної техніки у сільське господарство також призводить до зниження

родючості ґрунту через розпилення та переущільнення рушіями, що погіршує агроекологічні показники [1]. Враховуючи важливість цієї проблеми, наша дослідницька робота спрямована на аналіз вібраційних навантажень на технічні системи та на розробку ефективних заходів для зменшення їхнього негативного впливу.

Ступінь універсальності сучасних тракторів та машинно-тракторних агрегатів постійно зростає. Кожен сучасний трактор або агрегат повинен бути пристосований до виконання все більшого числа різноманітних сільськогосподарських, тягових, транспортних та інших операцій, тому їхні конструкції стають все більш складними. Для підвищення продуктивності праці енергоємність тракторів постійно зростає, а швидкості руху агрегатів підвищуються. Це призводить до збільшення динамічної навантаженості деталей та елементів тракторів та агрегатів, підвищення рівня коливань і вібрацій, що негативно впливає на виконання агротехнічних вимог та на вузли й деталі трактора або агрегату [2].

Під час виконання технологічних операцій у трансмісії та ходовій частині трактора вібрації викликають постійні порушення просторового розташування та законів руху деталей, внаслідок чого в їхній матеріал накопичуються втомні пошкодження. Вібрації двигуна призводять до погіршення показників паливної економічності, а вібрація деталей ходової частини негативно впливає на структуру оброблюваного ґрунту, що знижує врожай.

Вплив вібраційних навантажень на працездатність та здоров'я оператора є суттєвим. Постійна та тривала дія вібрацій призводить до підвищення втомленості та збільшення кількості помилок у керуванні, що у підсумку впливає на продуктивність машинно-тракторних агрегатів [3].

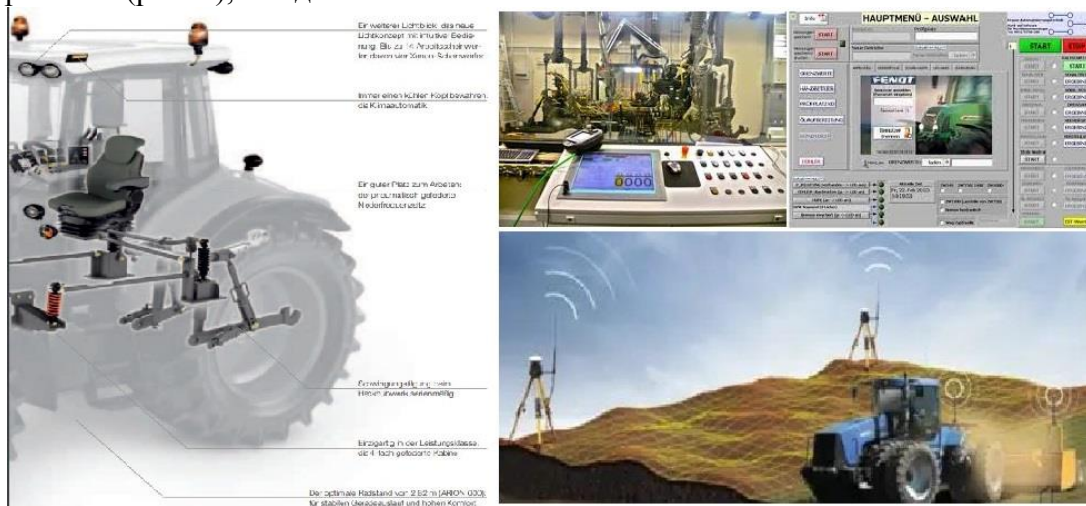
Джерела коливань трактора можна класифікувати на дві основні групи.:

➤ зовнішні джерела збурень, такі як нерівності дороги, нерівномірність сили тяги чи моменту опору на ВВП.

➤ внутрішні джерела збурень, які включають неврівноважені сили інерції двигуна, циклічно діючі газові сили і моменти, а також зачеплення зубів шестерень і кінематичні збурення від карданної передачі в трансмісії.

У зв'язку з цим, сільськогосподарські машини з робочими органами, що мають пружні стійки, генерують віброприскорення, які впливають на тяговий опір та створюють коливання остову трактора. Навіть при повній врівноваженості, тракторні двигуни внутрішнього згоряння є джерелом підвищеної вібрації. Ці вібрації передаються на остов через опори двигуна та трансмісію, включаючи ведучі колеса. Збурення, що передаються остову від трансмісії, виникають через неврівноваженість обертових мас, нерівномірність обертання валів через кінематику карданних передач, а також зачеплення зубів шестерень.

Для зменшення вібраційних навантажень та коливань існують сучасні технологічні та конструкційні рішення (рис. 1), ось деякі з них:



**Рис 1. Сучасні конструкційні та технологічні рішення зменшення вібраційного навантаження**

1. Для зменшення коливань остова трактора, який працює в агрегаті з сільськогосподарською машиною, розроблено систему активного демпфування. Використання цих систем дозволяє компенсувати вібрації, викликані зовнішніми та внутрішніми джерелами збуджень. Вони монтуються на тракторі та реагують на вібрації, щоб зменшити їх вплив.

2. Використання підвіски з адаптивними характеристиками дозволяє регулювати жорсткість і амортизацію в залежності від умов дороги та навантаження, що сприяє зменшенню вібрацій.

3. Використання комп'ютерних програм для аналізу та оптимізації конструкції дозволяє інженерам аналізувати їхню реакцію на різноманітні умови роботи, моделювати поведінку під впливом факторів вібрації та коливань, візуалізувати результати в вигляді симуляцій за отриманими результатами і розробляти більш ефективні та міцні системи, спроектовані з урахуванням мінімізації вібрацій.

Отже, коливання трактора, що виникають від джерел збуджень, призводять до порушення виконання агротехнічних вимог через нестабільність траєкторії руху та переущільнення ґрунту. Встановлено, що цей процес супроводжується збільшенням динамічної навантаженості та виникненням вібраційних навантажень, що може негативно впливати як на технічні характеристики машин, так і на здоров'я операторів та екологічну стійкість ґрунту. Для зменшення коливань трактора та сільськогосподарської машини необхідно вжити комплекс заходів, які запобігають погіршенню умов роботи агрегату, вдосконалювати технології та розробляти нові методи зменшення вібраційних навантажень, що дозволить підвищити продуктивність праці, покращити умови праці операторів та зберегти родючість ґрунту.

#### Список літератури

1. Шаповалов Ю.К., Мельник В.І., Антощенков Р.В. та ін. Результати експериментальних досліджень тягової динаміки трактора ХТЗ-242К. Інженерія природокористування. 2018. № 1 (9). С. 7-9.
2. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Іванишин В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня. Збірник наук. праць Вінницького націон. аграрн. ун-ту. Серія: Технічні науки. 2012. Вип. 11. Т. 2 (66). С. 8-10.
3. Туголуков Г.І., Чирєв В.І., Дзюба А.Л. Результати дослідження вібрацій і шуму на робочому місці машиніста екскаватора. Гірський журнал, 1982. № 11. С. 62.

#### **42. В. В. Дяволюк, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко, Подільський державний університет ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ БРОНЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВТУЛОК» МЕТОДОМ ВІБРАЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ**

Усе більш широке застосування в промисловості високоміцних матеріалів - нержавіючих, жароміцних сталей і сплавів, а також інтенсифікація процесів металообробки висунули на перший план використання вібрації при обробці металів тиском.

Вібраційна технологія істотно відрізняється від традиційних методів обробки. Нетрадиційний підхід дозволяє створювати нові методи обробки і технологічні процеси, сприяючі розробці екологічно чистих ресурсозберігаючих технологій, що характеризуються вищою інтенсивністю і продуктивністю, оригінальними якісними показниками.

Вібраційні технології характеризуються коливальними гармонійними рухами оброблюваної деталі або оброблювального інструменту. Такі коливання частотою 15...100 Гц і з малими амплітудами в техніці називають низькочастотними коливаннями або вібраціями.

У технічній літературі є ряд робіт [1-3], у різних аспектах вібрацій, що відмічають інтенсифікуючий вплив, на формоутворення деталей і зміну фізико-механічних властивостей їх матеріалу.

Вібраційні технологічні процеси за останній час знайшли досить широке застосування в різних областях народного господарства. Вібраційна обробка сприяє інтенсифікації цілого ряду процесів, підвищує рівень механізації і автоматизації і є новим і прогресивним напрямом, можливості і сфера застосування якого виявлені далеко не повністю [1].

Широкі технологічні можливості цього методу у поєднанні з високою продуктивністю на зміцнюючих операціях ставлять його в число найбільш актуальних і перспективних способів обробки.

Інтенсивність вібраційної обробки залежить від наступних основних чинників: фізико-механічних властивостей матеріалу оброблюваних деталей, їх розмірів, режимів обробки та ін. Основними параметрами вібраційного технологічного процесу являються: сила опору, амплітуда, частота і швидкість оброблювального інструменту, час обробки та ін.

Динамічний характер вібраційно-технологічного процесу характеризується безліччю мікроударів оброблювального інструменту або часток робочого середовища по оброблюваній поверхні деталей і забезпечує пластичну деформацію поверхневого шару. Наслідком цього є утворення стискуючої залишкової напруги, підвищення мікротвердості, зменшення шорсткості матеріалу оброблюваної поверхні.

Вібраційні технології є універсальним методом зміцнення, сприяючим підвищенню пластичності оброблюваного матеріалу, на яку чинить вплив як схема головної напруги, так і абсолютна її величина, що характеризує середнім тиском. Пластичність підвищується зі збільшенням абсолютної величини середнього тиску стискування. Це пояснюється тим, що при високому тиску матеріал ущільнюється, всілякі порушення цілісності ліквідуються, міжкристалічна деформація утруднюється, а внутрішньокристалічна полегшується, що збільшує пластичність. Чим меншу роль в схемі головної напруги грає розтягуюча напруга тим метал проявляє більшу здатність до пластичності [1].

Поява пластичності матеріалу оброблюваної деталі відбувається досягнувши дотичної напруги певної величини, що відповідає максимальному значенню при куті виходу ліній ковзання на вільну поверхню рівним  $45^\circ$ , що забезпечується тільки при вібраційному характері вантаження у момент відриву (чи послаблення) оброблювального інструменту від оброблюваної поверхні деталі.

При вібраційній обробці відбувається дроблення зерен оброблюваного матеріалу в результаті дії коливального вантаження і збільшення їх числа. Площини ковзання цих зерен розташовані під кутом  $45^\circ$  до напрямку навантаження, що сприяє створенню умов для протікання пластичної деформації ковзання, оскільки дотична напруга досягає максимального значення.

Особливості в розвитку ліній ковзань при вібраційній деформації полягають не лише в зниженні сил контактного тертя, але і в зміні поведінки дислокацій в результаті коливальної дії. При вібраційному вантаженні особливістю деформації являється прояв інерційних властивостей і зниження опору від сил тертя на поверхні контакту оброблювального інструменту з оброблюваною деталлю [3].

Дефекти будови кристалу, межі зерен перешкоджають переміщенню дислокацій. Їх скупчення утрудняє зародження нових дислокацій. При вібраційній обробці внаслідок дроблення зерен і формування їх блоків протяжність їх меж збільшується, що призводить до появи більшого числа зон скупчення дислокацій. Цим пояснюється механізм зміцнення при вібраційному вантаженні.

В. І. Левін відмічає, що вібраційна обробка «має значний науковий і практичний інтерес, оскільки з'являється можливість використання її для підвищення точності виробів і стійкості інструменту, а також для збільшення продуктивності механічної обробки» [2]. Автором складений перелік систем механічної обробки з використанням вібрації (табл. 1).

**Таблиця 1 - Види пластичної обробки із застосуванням механічних коливань**

Види обробки		
Перша група	Друга група	Третя група
Штапування	Висадка	Накатка
Кування	Волочіння	Правка
Плющення	Витяг	Рихтування
Екструзія	Гнучка	Випрасовування

Для першої групи основними формотворними енергогасителями є зусилля обробки і температура нагріву оброблюваного об'єкту. Застосування вібраційних коливань сприяє ефективнішому протіканню технологічного процесу і підвищенню якості оброблюваної поверхні.

Операції другої групи обробки виконуються в основному без зовнішньої теплової дії на оброблюваний матеріал, і застосування коливань оброблювального інструменту сприяє підвищенню продуктивності формоутворення і релаксації внутрішньої напруги в заготовлях, викликаних зусиллями деформації.

Основним формотворним чинником для третьої групи є вібрودهформаційний процес, застосування якого в цих технологічних операціях дозволяє підвищити якість і продуктивність формоутворення в порівнянні з традиційними способами виконання цих операцій.

Формування поверхневого шару в процесі вібраційної деформації залежить від форми і розмірів оброблювального інструменту, що залежно від вимог, що пред'являються до деталі, визначається проведенням спеціальних досліджень.

До теперішнього часу механізм вібраційної дії в різних технологічних процесах обробки металів і сплавів тиском ще недостатньо вивчений. Наявні окремі дослідження свідчать про необхідність подальшого вивчення процесу вібраційної деформації і його використання в даних видах обробки.

Проведення усебічних досліджень по вібраційній деформації деталей з різних матеріалів з метою застосування отриманих даних при розробці технології відновлення зношених деталей машин представляє теоретичний і практичний інтерес.

#### Список літератури

1. Берник П.С. Вібраційні технологічні машини з просторовими гойданнями робочих органів / П.С. Берник, Л.В. Ярошенко. – Вінниця: ВДСГН, 1998. 116 с.

2. Левін В.І. Застосування вібраційної обробки / В.І. Левін. - Київ: Вища школа, 1992. 288 с.

3. Келемеш А.О. Теоретичні аспекти стану поверхневого шару при різних методах обробки / А.А. Дудніков, О.В. Канівець, В.В. Дудник, А.О. Келемеш // Матеріали V-ї міжнародної науково-практичної конференції: «Інженерно-технічне забезпечення інноваційних технологій сервісу машин». - Харків: ХНТУСГ, 2011. С. 211-215.

#### **43. О. О. Киржа, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко, Подільський державний університет ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА**

Вибір засобів механізації для збирання картоплі визначається насамперед конкретними умовами господарства: типом та вологістю ґрунту, розміром та рельєфом поля, наявністю кам'яних та рослинних рештків на полі, урожайністю культури та іншим. Як відомо, робота сучасних картоплезбиральних машин в умовах середніх та важкосуглинкових ґрунтах супроводжується незадовільною, а в деяких випадках неможливою сепарацією компонентів картопляної грядки, високим ступенем пошкоджень бульб.

З метою усунення вищеназваних недоліків дослідники намагаються розробити або удосконалити конструкції машин за рахунок введення в технологічний процес комбінованих грудкоподрібнювальних робочих органів.

Дослідженнями багатьох авторів [1-3] встановлено, що руйнування грудок картопляної грядки динамічним навантаженням більш ефективно, ніж руйнування статичним навантаженням і потребує у 8 разів менше витрат енергії. Також доведено, що руйнування грудок необхідно проводити на початку технологічного процесу, в зоні підкопування бульбоносного пласта, що значно знижує навантаження на сепаруючі органи машини та підвищує ступінь сепарації, а бульби у цьому випадку частково захищені від механічних пошкоджень.

На основі вищенаведених способів викопування бульб та застосування нових конструкцій робочих органів для руйнування грудок картопляної грядки виникла необхідність у розробці технологічної схеми картоплезбирального комбайна із ротаційним грудкоподрібнювальним пристроєм.

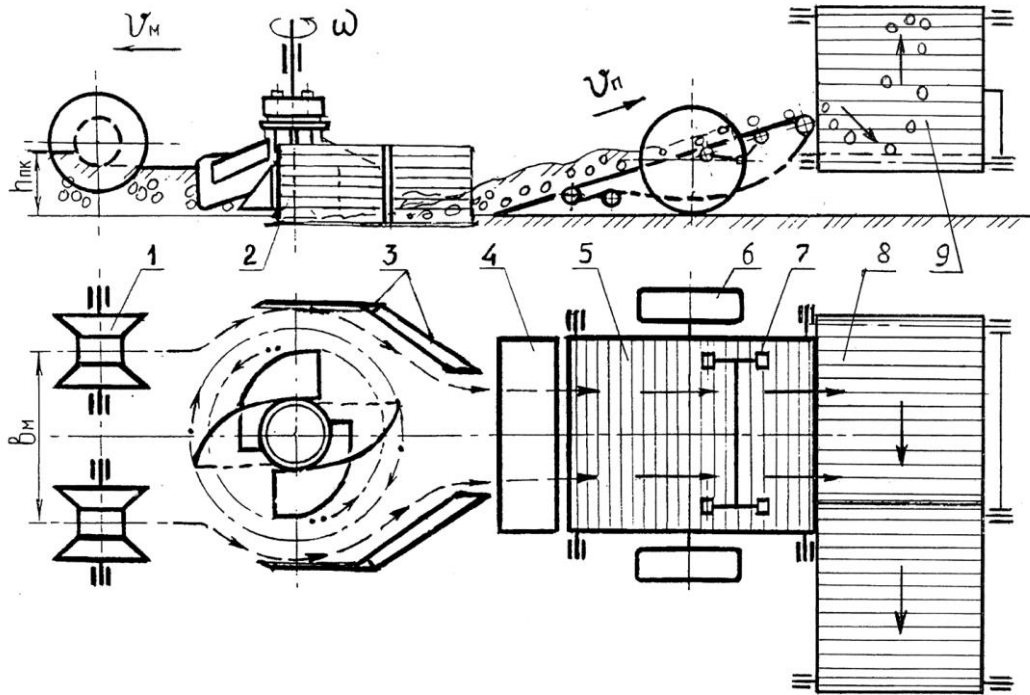
При розробці нової конструкції машини для роботи на середніх та важкосуглинкових ґрунтах враховувались нормативні агротехнічні вимоги: повнота викопування бульб повинна становити не менше 95%, а ступінь пошкоджень бульб – не більше 3%. Також при використанні у технологічній схемі машини ротаційного грудкоподрібнювального робочого органу необхідно було врахувати ступінь сепарації ґрунту на прутковому елеваторі, який повинен бути не менше 90%.

Враховуючи складність виконання технологічного процесу викопування бульб через значні перепади вологості ґрунту та ступеня забур'яненості ділянки із гребневим способом посадки та шириною міжрядь 70 см розробку конструкції машини необхідно було проводити для різних типів господарств.

На основі проведених замірів геометричних параметрів картопляної грядки та розміщення бульбоносного гнізда у грядці, а також результатів досліджень відомих авторів, були розраховані конструктивні параметри машини.

Поряд із вищеприведеними передумовами щодо обґрунтування технологічної схеми роботи комбайна, нами запропонований тип нового ротаційного робочого органу для руйнування грудок картопляної грядки на початку виконання технологічного процесу викопування бульб, який у сполученні із відомими грудкоподрібнювальними робочими органами покращує сепаруючу здатність машини.

Запропонована конструкція картоплезбирального комбайна складається із наступних основних вузлів, встановлених на загальній рамі (рис. 1): копіювальних котків 1, вертикального ротора 2, звужувальних решіток 3, суцільного лемеша 4, пруткового елеватора 5 із механізмом струшування 7, бункера 8, вивантажувального транспортера 9, а також опорних коліс 6. Взаємне розташування вузлів, крім грудкоподрібнювальних робочих органів, базується на відомих конструкціях картоплезбиральних машин у відповідності до агротехнічних вимог [3].

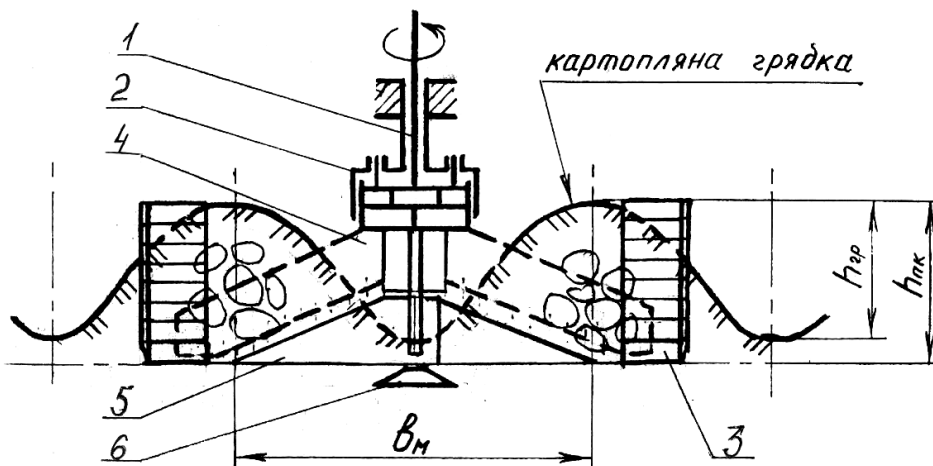


**Рисунок 1 - Технологічна схема роботи картоплезбирального комбайна з ротаційним грудкоподрібнювальним пристроєм:**

- → напрямок руху бульбоносного пласта;
- .. → напрямок руху нижнього бітера;
- . → напрямок руху верхнього бітера.

До основних грудкоподрібнювальних елементів машини слід віднести вертикальний ротор 2 та звужувальні решітки 3, які найбільше впливають на якісні показники роботи картоплекопача.

Вертикальний ротор (рис.2) складається із наступних елементів: вала 1, планетарного редуктора 2, верхнього бітера 4, нижнього бітера 5, дискового ножа 6. Для задовільного руйнування двох сусідніх картопляних грядок на нижньому бітері ротора встановлені лопаті конусоподібної форми, а на верхньому – лопаті циліндроподібної форми. Дисковий ніж 6 призначений для рівномірного заглиблення лопатей ротора, а також для плавності їх ходу



**Рисунок 2 - Компонувальна схема вертикального ротора та звужувальних решіток у профілі двох сусідніх картопляних грядок**

Робота комбайна виконується наступним чином. Під час руху машини на підготовленому до збирання картопляному полі вздовж двох рядків перекочуються копіювальні котки 1. По центру міжряддя двох сусідніх картопляних грядок розташований вертикальний ротор 2, який містить лопаті верхнього 4 та нижнього 5 бітерів, що обертаються назустріч, зміщуючи дві грядки від середини міжряддя. Зруйнований бульбоносний пласт зміщується до середини міжряддя двома звужувальними решітками 3, які розташовані на заданій відстані від діаметра ротора. Після руйнування формується валок (рисунок 1), який підбирається суцільним лемешем 4 та додатково сепарується на прутковому

елеваторі 5 із механізмом струшування 7 і попадає в бункер 8, з якого вивантажується транспортером 9 в транспортний засіб.

Вищеназвані робочі органи працюють на глибині залягання бульбоносного гнізда до 22 см із відхиленнями  $\pm 3$  см, в залежності від сорту картоплі та висоти гребенів.

Таким чином, запропонована технологічна схема роботи комбайна є не традиційною по відношенню до серійних машин, а тому її необхідно віднести до комбінованих картоплезбиральних машин ротаційного типу.

#### Список літератури

1. Василенко П.М. Основи аналітичних методів землеробської механіки. – Київ: Вид-во НАУ, 1998. 28 с.
2. Картопля / В.А. Вітенко, В.С. Куценко, М.Ю. Власенко та ін.; За редакцією В.А. Вітенка, В.С. Куценка. – Київ: Урожай, 1990. 256 с.
3. Шумило М.М. Обґрунтування технологічного процесу сепарації ґрунту при підкопуванні картоплі і параметрів комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органу картоплезбиральної машини: Автореф, дис... канд. техн. наук: 05.20.01. – Глеваха, 1994. 21 с.

**44. В. Д. Колотило, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко, Подільський державний університет**

#### МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛЕЗА ДИСКОВОГО КОПАЧА

До геометричних параметрів леза дискового копача, що впливають на його працездатність відносяться товщина (гострота) леза та кут загострення.

Необхідність замірів кута загострення і товщини леза при його спрацюванні пов'язані з визначенням граничного стану леза, що обумовлює його ріжучу здатність. З усіх геометричних параметрів леза в площині перпендикулярній площині різання, найбільш важливим є гострота леза. Це обумовлюється значимістю цього параметру в силовій взаємодії леза з матеріалом. Всі виміри крайки леза базуються на правомірному припущенні, що її профіль має форму, в яку можна вписати коло (рис.1) [1].

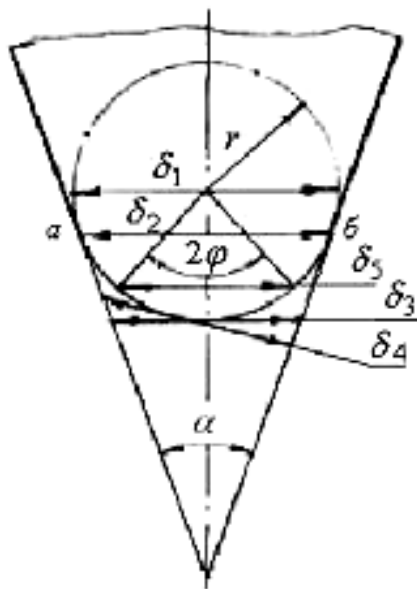


Рисунок 1 - Схема до визначення геометричних параметрів профілю леза:  $r$  – радіус вписаного кола;  $\delta_1, \delta_2, \delta_5$  – хорди вписаного кола;  $\delta_3, \delta_4$  – дотичні до вписаного кола;  $\alpha$  – кут загострення;  $2\phi$  – подвійний кут тертя

Оцінка гостроти леза за допомогою радіусу  $r$  або діаметру  $\delta_1 = 2r$  кола вписаного в контур крайки представляється найбільш правомірною з точки зору фізичних основ процесу різання та незалежності цього параметру від інших параметрів леза і фізико-механічних властивостей матеріалу, що обробляємо з прикладної точки зору вибір в якості показника гостроти леза  $\delta_1 = 2r$  є найбільш зручним, тому що його визначення доступно методами які використовуються в лабораторних та виробничих умовах.

Для визначення кута загострення і гостроти леза використовуються такі методи: зняття відтисків леза, вирізання темплетів, одержання відтисків і моделей леза в гіпсових або пластилінових зліпках, прикладання пластинчастих шаблонів, кутомірів, оптичний метод, використання відбитків крайки леза, інструментальний.

Розглянемо найбільш поширені методи, виходячи з правомірності їх використання при визначенні геометричних параметрів леза дискового копача.

Широкого застосування набув метод зняття відтисків леза, що дає можливість оперативно фіксувати динаміку спрацювання леза, по крайці і фаскам. Лезо що досліджується спеціальним пристосуванням вдавлюється в ребра пластин, виготовлених із пластичних матеріалів. Отримані відтиски за допомогою проектувального апарата відтворюють в збільшеному вигляді контур січення леза.

Метод вирізання темплетів, полягає в розрізанні леза в нормальній площині з наступним аналізом перерізу за допомогою приладів для збільшення. Використовується при наявності великої кількості робочих органів що досліджуються, дає можливість точного заміру геометричних параметрів леза різної конфігурації. Недоліком цього методу є неможливість використання робочого органу після вирізання темплетів.

Метод відтисків та моделей леза в гіпсових або пластилінових зліпках, полягає в наступному, лезо, що досліджується вдавлюється в пластичну масу для одержання профілю цього леза. Після затвердіння аналізують зліпки за допомогою приладів, для збільшення. Недоліком цього методу є велика трудомісткість одержання зліпків, недовговічність їх та неточність при одержанні профілю леза.

Оптичний метод [2] вимірювання ширини крайки леза  $\delta$  полягає в тому, що її вимірюють за допомогою окулярного мікрометра металографічного мікроскопу. Для цього використовують два способи освітлення кромки леза, при яких досягається чіткий перехід, в одному випадку, від світла до тіні, в іншому, навпаки, від тіні до світла на лініях переходу фасок в крайку леза.

Проаналізувавши приведені методи для визначення геометричних параметрів леза ми прийшли до висновку, що для проведення досліджень по визначенню динаміки спрацювання леза, точність одержання його профілю відіграє важливу роль при визначенні таких параметрів як кут загострення і гострота леза. Виходячи з цього запропоновано метод визначення геометричних параметрів леза за профілем леза одержаного за допомогою приладу зображеного на (рис. 2).

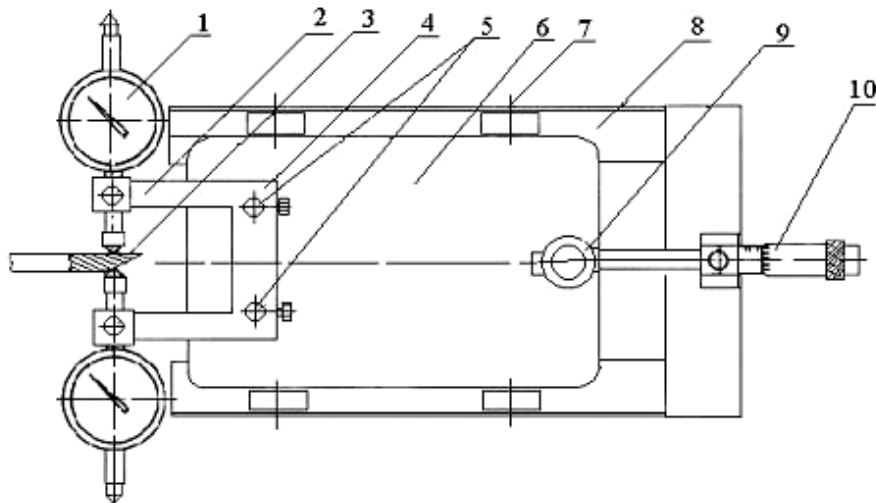


Рисунок 2 - Схема запропонованого приладу для вимірювання геометричних параметрів профілю леза диска:

1 – індикатор годинникового типу; 2 – пристрій для вимірювань; 3 – лезо; 4 – скоба; 5 – напрямна; 6 – платформа; 7 – підшипник кочення; 8 – напрямна рамка; 9 – упор; 10 – мікрометрична пара

Запропонований прилад для заміру і визначення геометричних параметрів профілю леза робочих органів сільськогосподарських машин складається з напрямної рамки 8 в якій на чотирьох підшипниках 7 розташована платформа 6, з пристроєм для виміру 2, який може змінювати своє положення на двох вертикальних напрямних 5.

Пристрій для виміру 2 складається з скоби 4 і двох індикаторних головок часового типу 1. Рух платформи 6 в рамці 8 здійснюється за допомогою мікрометричної пари 10.

Для вимірювань геометричних параметрів профілю леза, спочатку вибирають за базу відліку площину, розмір тієї частини леза, що неспрацювуються. Розмір цієї бази визначають за допомогою



мікрометра з різьбовими вставками. На цей розмір налаштовують індикатор головки 1 пристрою для виміру 2. У подальшому, перемішують платформу 6 за допомогою мікрометричної пари 10 через довільно вибраний крок  $\Delta j$ , знімаючи покази індикаторів. Як було сказано вище, при визначенні товщини леза  $h_L$  приймається припущення про можливість вписання кола в контур крайки леза. Виходячи з цього та рекомендацій дослідників [2], щодо варіантів прийняття за показник товщини леза, нами було прийнято за показник товщини леза хорду  $\delta_2$  (див.рис.1).

Таким чином, встановлено можливість утворення зносостійкого шару змінної товщини без істотної усадки, при цьому товщина шару металу між заглибленнями залежить від конструктивних параметрів леза.

Запропонований прилад для визначення товщини леза за виміряною хордою дає можливість знімати координати точок безпосередньо з існуючого профілю леза, за допомогою яких можна з достатньою достовірністю побудувати його профіль і визначити такі геометричні параметри леза як: товщина та кут загострення.

#### Список літератури

1. Гевко Р.Б., Павелчак О.Б. Оптимізація конструктивних параметрів дискових копачів // Науковий вісник НАУ. – Київ: НАУ, 1998. С. 356 – 365.
2. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: В 3 т. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. 444 с.
3. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки / Гевко Р.Б., Ткаченко С.В., Синій С.В., Булгаков В.М., Рогатинський Р.М., Павелчак О.Б. – Луцьк: ЛДТУ, 1999.168 с.

#### **45. П. М. Семенов, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко, Подільський державний університет ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ СИЛОВИХ ГІДРОПРИВОДІВ АКТИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ**

Із всіх показників надійності, що регламентуються, для гідроагрегатів, що використовуються в приводах сільськогосподарських машин, нормується тільки довговічність [1]. Дослідженнями доведена недостатня технічному рівню надійність вітчизняних гідроприводів і їх агрегатів.

З цього виходить, що система оцінки технічного рівня гідроприводів і, зокрема, їх надійності, що склалася в країні, вимагає подальшого удосконалення.

На даний час склалася обставина, коли навіть при дотриманні вимог нормативно-технічної документації на всіх стадіях розробки і використання гідроприводів сільськогосподарської техніки в процесі їх експлуатації спостерігаються достатньо часті відмови і несправності.

Очевидним є те, що ефективність експлуатації гідроприводів перш за все залежить як від надійності їх елементів, так і від способів виявлення відмов і рівня необхідних ремонтних дій по їх усуненню.

Класифікація відмов здійснюється по різних ознаках, основними з яких є причини виникнення, характер зміни параметрів приводу до моменту завершення відмови, способи виявлення, рівень ремонтних дій і ін. Все різноманіття факторів, що характеризують реальні умови експлуатації і що роблять вплив на надійність, можна звести до двох груп: об'єктивної і суб'єктивної.

До об'єктивних факторів можна віднести дію навколишнього середовища, механічні і інші зовнішні дії. До цієї групи факторів відноситься старіння, спрацювання, динамічні навантаження від виконавчих механізмів та ін.

До суб'єктивних факторів відносяться такі, які в тій чи іншій мірі залежать від діяльності людини. До них можна віднести вибір схеми і конструктивного рішення при проектуванні: вибір елементів, що входять в систему; режимів задовільної експлуатації; організація технічного обслуговування і ін.

Вирішальну роль на надійність відіграють експлуатаційні фактори. В процесі експлуатації виявляється ступінь їх впливу на надійність. Таким чином, ймовірність задовільного функціонування в процесі експлуатації є однією з найповніших кількісних характеристик, що оцінюють надійність як по показниках безвідказності, так і по відновлюваності.

Залежність надійності від численних і різноманітних факторів призводить до того, що процес появи відмов, а також зміни інших характеристик надійності носять випадковий характер.

Для зменшення кількості відмов, перш за все, необхідно усунути причини їх виникнення. Аналіз даних експлуатаційних наглядів за роботою гідроприводів сільськогосподарської техніки і причини їх відмов свідчить, що конструктивні, виробничо-технологічні і експлуатаційні фактори викликають відповідно 27%, 26% і 47% відмов. Причому, у міру доведення конструкції

гідроагрегатів, вдосконалення умов, технології і організації виробництва, частка відмов, викликаних експлуатаційними факторами, збільшується.

У зв'язку з цим забезпечення і підтримку надійності гідроприводів необхідно проводити на всіх стадіях: при проектуванні, виготовленні, ремонті, експлуатації. Аналіз сучасного рівня надійності гідроприводів показав, що на їх частку доводиться від 16% до 40% відмов складної сільськогосподарської техніки. Це пояснюється, перш за все, тим, що такі найважливіші показники надійності, як безвідказність і довговічність більшості гідроагрегатів, не відповідають нормованим показникам, а ремонтоздатність техніка не відповідає сучасним вимогам і потребам сільськогосподарського виробництва.

Таким чином, задачі підвищення надійності гідроприводів покликані вирішувати комплекс питань теоретичного і прикладного характеру, які безпосередньо направлені на підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Останніми роками йде напружений пошук і удосконалення конструкцій гідромашин [2] (насосів, гідромоторів, підсилувачів крутного моменту, і т.д.), з метою:

- створення гідромашин з максимально простою конструкцією, доступною технологією виготовлення і недорогим ремонтом;
- отримання тихохідних гідромоторів, що забезпечують для робочих органів низьку швидкість руху при високій потужності, що розвивається ( здатність створювати високі крутні моменти);
- розробки механізмів, що надійних в експлуатації, мають високий коефіцієнт корисної дії, відносно невеликі розміри і вагу.

Рухомі елементи звичайною роторними гідромашини обертаються навколо головної осі, а високий крутний момент на валу поршневіх гідромоторів створюється за рахунок збільшення кількості і діаметрів витіснювачів. У лопатевих гідромоторів це досягається за рахунок збільшення числа камер кільця статора.

При використанні витіснювачів з поверхнями, освіченими циклоїдними кривими, що здійснюють відносний плоско-паралельний рух, є можливість при одній рухомій ланці (зубчату роторі) отримати гідромашину із значно меншими швидкостями переміщення самих витіснювачів. При цьому для насоса забезпечується висока продуктивність і мінімальна нерівномірність подачі, а для гідромотора – високий крутний момент, рівномірне обертання вихідного валу.

Список літератури

1. Бойко А.И., Кюрчев С.В. Структурний аналіз надійності зернової жатки. Праці ТДАТА – Вип.12, Мелітополь: ТДАТА, 2003. С.25-33.
2. Ловкіс З.В. Гідроприводи сільськогосподарських машин. – Мінськ: Урожай, 1986. 216с.

#### **46. І. Р. Цвігайло, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко, Подільський державний університет ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПУСКУ ЕЛЕВАТОРА**

Динамічний розрахунок привода елеватора виконують з метою встановлення фактичних навантажень, що діють на елементи машини в різні періоди руху, в тому числі й на перехідних режимах. Під дією імпульсів, що створюють прискорення, в елементах системи виникають малі пружні коливання. Останні приводять до зростання інерційних навантажень у порівнянні з їх середніми значеннями, які визначаються законами руху абсолютно твердого тіла. При несталому русі, що має місце в періоди пуску та гальмування, які в овочезбиральних машинах повторюються в кожному робочому циклі, статичний та кінематичний розрахунки недостатні для визначення дійсних навантажень. В умовах непостійності швидкостей усіх, або деяких елементів машини такі величини, як тривалість періодів пуску (розгону) й гальмування, перевантаження двигуна і передач, можна визначити лише на основі динамічних розрахунків, при яких враховується як непостійність швидкості під час руху, так і інерційність мас, що приймають участь в руху.

Під час несталого руху повинна витратитися (при розгоні) або поглинатися (при гальмуванні) енергія, що дорівнює роботі сил інерції всіх мас, які рухаються нерівномірно. Вона повинна здійснюватися двигуном поза роботою, необхідною для долання статичних опорів. Тому тривалість періоду несталого руху є функцією надлишкового моменту. Для періоду розгону надлишковий момент – це різниця між моментом, що розвиває двигун в цей період, і моментом статичних опорів, приведених до валу двигуна. Для періоду гальмування – сума гальмівного моменту і моменту опорів, приведених до валу, на якому розміщені гальма [1].

Широке застосування в сільськогосподарських машинах мають поверхні, що виконують коливальні рухи (транспортери, елеватори, та т.п.).

Характерною рисою технологічного процесу їхньої роботи є те, що частки, що рухаються по них, здійснюють два види руху – абсолютне, віднесене до нерухомих координат, зв'язаним із поверхнею, і відносне, зв'язане з рухомою поверхнею.

Труднощі у складанні диференціальних рівнянь руху в цьому випадку має місце внаслідок того, що напрямок прикладених сил зв'язано з напрямком осей нерухомої системи координат, а напрямок реакцій зв'язків – з напрямком осей рухомої системи координат. До останніх відносяться нормальна реакція поверхні і сила тертя, напрямок яких обумовлюється напрямком дотичної до траєкторії відносного руху.

Аналіз динамічних процесів в загальному виді складний, так як коливальна система складається з великого числа мас і пружних ланок, а характер розвитку процесу залежить ще й від початкових умов. Задачу можна зробити значно простішою, якщо систему розглядати у вигляді декількох приведених мас, а з'єднувальні їх ланки у вигляді приведених жорсткостей й вирішувати її при конкретних початкових умовах.

Динамічні навантаження в пружних елементах визначають з диференціальних рівнянь руху мас, причому число рівнянь, що розв'язуються разом, дорівнює числу ступенів вільності системи, у відповідності з чим коливання системи складаються з простих коливань різних частот.

Вільні коливання системи, які залежать виключно від співвідношення мас і жорсткостей елементів через наявність дисипативних сил затухають швидко. Амплітуда примусових коливань залежить не тільки від значення і характеру сили опору, а й від співвідношення її періоду і періоду власних коливань системи. Коливання конструкції звичайно не створює значного впливу на роботу приводів механізмів і на рівномірність обертання двигуна [2]. Враховуючи це, в ряді випадків можна розглядати коливання механізмів і конструкції окремо, що спрощує рішення динамічних задач.

Виходячи з аналізу теоретичних досліджень динамічних процесів, можливо привести всю систему до двох масової.

Будемо розглядати привод елеватора у вигляді приведеної (динамічної) схеми, що складає з двох мас, з'єднаних пружною ланкою (рис.1).

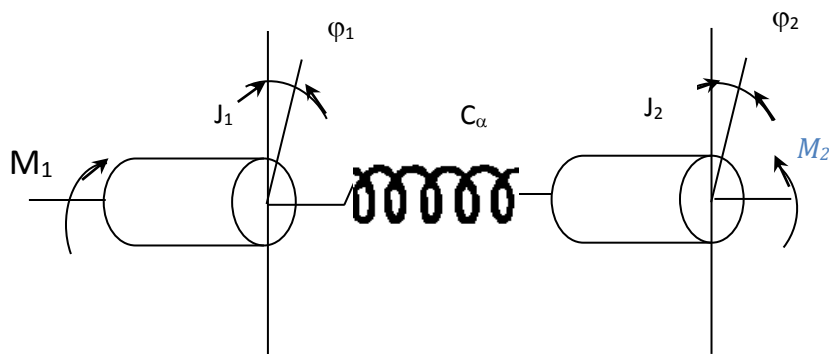


Рисунок 1 - Схема привода елеватора

де:  $J_1$  – приведений момент інерції обертючих частин, які знаходяться на валу двигуна,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ ;

$J_2$  – приведений момент інерції частин механізму, що обертаються й переміщуються поступально,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ ;

$C_\alpha$  – приведена кутова жорсткість елементів передач,  $\text{Нм/град.}$ ;

$\varphi_1, \varphi_2$  – координати системи, град.

$M_1, M_2$  – крутні моменти,  $\text{Н м}$

При дослідженні динамічних систем, елементи яких мають відносний характер руху, найбільш адекватний результат дає принцип Лагранжа [2]. Але тільки в тому випадку, коли можуть бути знайдені вирази кінетичної енергії й узагальнених сил, прикладених до досліджуваної системи, у функції від координат, швидкості і часу. Знаючи деформації і приведену твердість елементів машини, можна знайти

характер зміни навантажень і їхні конкретні значення. Рішення загального рівняння дозволяє визначити залежність між рушійним моментом при невстановленому русі й тривалістю цього руху.

Привод будь-якої машини складається з елементів, що можуть бути приведені до зосереджених мас (ротор електродвигуна, маси робочих органів, що рухаються та ін.) і пружним зв'язкам (канати, ланцюги, стрічки, вали, муфти й ін.). Під дією зовнішніх навантажень (момент електродвигуна, опір робочого органа) пружні елементи деформуються, а зосереджені маси роблять крім основного руху малі коливання.

#### Список літератури

1. Василенко Н.В. Теорія коливань. Навч. посібник. Київ: Вища школа, 1992. 384с.
2. Кожевников В.П. Пружні муфти // Механізація сільського господарства. – Київ: Техніка, 1994. 126с.

*47. М. І. Денисенко, ВСП «Немішаївський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України, О. С. Дев'ятко, Національний університет біоресурсів і природокористування України*

### **РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ҐРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ І КОМБІКОРМОВОГО ОБЛАДНАННЯ**

**Вступ.** Робочі органи сільськогосподарської техніки постійно взаємодіють з оброблюваними матеріалами (гноївка, ґрунти, частини рослин, компоненти кормів і (т. ін.), а також зазнають локального навантажування, зв'язані з особливостями виконуваними ними технологічними операціями, та знаходяться під постійним впливом агресивних зовнішніх факторів (абразивні частки ґрунтів та їх вологість, кисень, що є у повітряному середовищі, кислотні соки рослин, кліматичні фактори), що призводить до їх катастрофічного зносу.

**Виклад матеріалу.** Враховуючи об'єктивні причини зносу деталей і робочих органів, наявність на більшості їх ріжучої крайки, та необхідність збереження заданих геометрії і розмірів на протязі всього терміну їх служби, можливо стверджувати, що їх зміцнення, захист від суттєвого впливу оброблюваних матеріалів і факторів зовнішнього середовища, завжди являються актуальними завданнями. Тому для підвищення терміну служби деталей, їх виконують з більш зносостійких матеріалів, або різні методи зміцнення.

Багаточисленні випробування серійних робочих органів лемішних плугів показують, що середній наробіток на відмову долотоподібних лемешів в залежності від видів ґрунтів та їх фізичного стану становить від 5 до 20 га, грудин відвалів – від 10 до 100 га, крил відвалів – від 40 до 270 га, польових дощок – від 20 до 60 га [1]. За даними досліджень [2], при спрацюванні леза плужного лемеша до 5-7 мм (за товщиною), нерівномірність глибини ходу досягає 62-68%, тяговий опір зростає до 153-156%, витрати пального зростають до 125-138%, а продуктивність орних агрегатів зменшується до 52-59%. Для приготування кормів і подрібнення стеблових кормів у нашій країні та за кордоном, наприклад, у Франції, США, Німеччині, використовують різні машини, котрі конструктивно можливо поділити на три групи: штифтові, що руйнують матеріал за принципом розривання та розщеплення (ИГК-30Б, R 48 М); ножові, що подрібнюють матеріал за принципом різання (ФН-1,4, РСС-6, ГН 500); і молоткові, що подрібнюють стеблові корма шляхом удару та стирання (ДБ-5, КДУ-2,0, БМК-1,5, ИРТ-165, Рото-Грінд, ДЗМ-0,8, ДДМ-5, МКУ-1,5, МКУ-3).

Отримані результати експлуатаційних випробувань, доступності процесу електродугового наплавлення порошковими дротами ВЕЛТЕК – Н650 (Н634), невеликих витрат на матеріали і робочий час [4], прийнято рішення про доцільність використання даної технології при ремонті робочих органів сівалок та культиваторів, що працюють в умовах ґрунтів Словаччини. Наплавлення виконували в один шар у межах 2,5 – 4 мм товщини покриття.

Вибір матеріалу покриття і технології вдосконалення дугового точкового зварення і мікроплазмової обробки, що мають найбільшу зносостійкість в умовах абразивного тертя та створення ефекту самозагострювання при роботі деталей робочих органів ґрунтообробної техніки та комбікормового обладнання.

Дугове точкове зварення (ДТЗ) плавким електродом – порошковим дротом (Flux cored wire), вказаний спосіб зварювання, розроблений науковцями Інституту електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, ще не знайшов належного розвитку і використання. [1,2,3]. У представлений роботі здійснено нанесення точкових зносостійких покриттів на робочі органи ґрунтообробної техніки та комбікормового обладнання (рис.1, рис.2). За звичаєм (ДТЗ) здійснюється серійними напівавтоматами

шляхом включення – виключення подавання порошкового дроту ПП-АН170, ПП-АН170М, ПП-АН170М2, ПП – АН148. За такого виконання точкового зварювання, якість та стабільність розмірів точкових покриттів визначається кваліфікацією зварника та його втомою. Форма точки зміцнення має вигляд сферичного сектору або шарового сегменту різного об'єму.

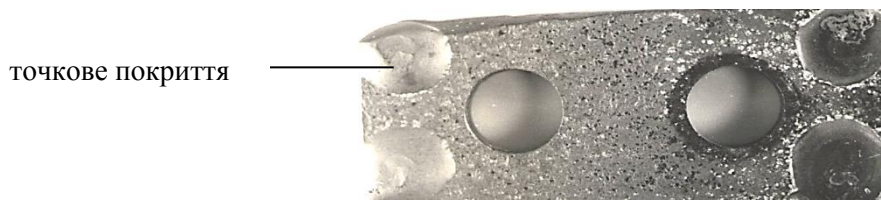


Рисунок 1. Точкове покриття молотка кормодробарки. Наробіток на одну грань 500...600 тон продукту

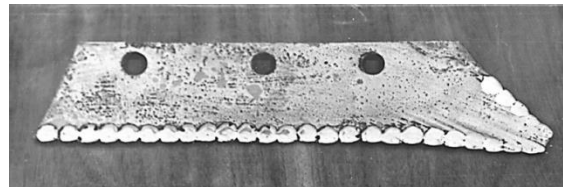


Рисунок 2. Точкове покриття лемеша плугу. Наробіток - 49,1 га

В залежності від товщини деталей і діаметру електродного дроту параметри крапки зміцнення після ДТЗ можуть бути такими: швидкість подавання порошкового дроту 30...700 м/год, сила зварного струму 150...500 А, напруга на дузі 30...50В, тривалість зварювання 1,5...3,0 сек., пробивна напруга 4000В...8000В, діаметр порошкового (електродного) дроту 2,2...3,2 мм, мідь червона водо охолоджуюча марки М1,М2, високої чистоти. Металографічний аналіз показує, що наплавлений метал характеризується відсутністю тріщин, пор і шлакових включень (рис.3).



Рисунок 3. Мікроструктура точкового покриття x 250

Карбід бору, що практично не розчиняється у твердих розчинах заліза, може також утворювати евтектики, а також бориди Fe, Ni, Cr, Ti у відповідності з їх концентрацією у металевому розплаві та ступеневою здатністю утворювати бориди цих елементів. Мікроструктура основного металу – мартенсит з малою кількістю залишкового аустеніту. Бориди розподілені по границям зерна, дають твердість та зносостійкість. Мікро плазмове порошкове наплавлення робочих граней молотків (ножів) комбікормового обладнання здійснювали на установці МПУ - 4 (рис.1.). Джерело живлення і плазмотрон забезпечує утворення аргонової плазми у вигляді голки. Режими мікро плазмової обробки наступні: сила струму – 55 А; температура у зоні горіння аргонової дуги – близько 5000 С. Плазмо утворюючими газами є аргон, а захисними використовували аргон, гелій або їх суміші.[3]. Можливе розширення технологічних можливостей мікро плазмового порошкового наплавлення присаджувальним дротом – ПП- АН148 – багатошарове наплавлення і наплавлення суміжних крапок. [3]. Фазовий склад % порошкового дроту ПП – АН170: матриця 70-60М – мартенсит; фаза зміцнення: 30-40 (карбіди), Б (бориди); 1,4-2,5 С, 10-25 Cr, Mn,В, Ni, Si, Nb. У структурі порошкового дроту розподілені включення карбіду бору, що зменшують величину зношування поверхні тертя. Чотири оптимально підібраних за складом продукти забезпечують високу якість і стабільність зварювального процесу:

**ARCAL Prime** – аргон високої чистоти для зварювання кольорових металів та різних марок сталі способами **TIG** і **MIG**, також підходить для зварювання алюмінію і титану; **ARCAL Chrome**- 98% Ar+2% CO<sub>2</sub> для зварення високолегованих сталей способом **MAG**; **ARCAL Speed** – суміш 92% Ar +8% CO<sub>2</sub>, для зварення вуглецевих та низьколегованих сталей способом **MAG** при автоматизації і роботизації процесу, висока швидкість зварення та мінімальне бризкання; **ARCAL Force** – суміш 82% Ar +18% CO<sub>2</sub>, класична суміш для зварювання вуглецевих та низьколегованих сталей способом **MAG**, добре проплавляння і стабільний результат.

**Висновки.** Встановлено, що основною умовою формування точкового покриття – узгодження величини зварного струму і напруги дуги. В процесі точкового зміцнення формується композиційна структура покриття, що забезпечує підвищення твердості та зносостійкості, і можливо утворення ефекту самозагострювання леза робочого органу.

Технологія ручного дугового зварювання вкритим електродом (SMAW), і дугове точкове зварювання порошковим дротом (FCAW) дозволяє багатократно збільшити термін служби швидкозношуваних деталей, підвищити надійність та працездатність машин і механізмів ґрунтообробної техніки і комбікормового обладнання.

В теперішній час використання порошкового дроту перспективне при ремонті і реновації сільськогосподарської техніки. Найбільш доцільно здійснювати ремонт використанням механізованого зварювання і наплавлення порошковим дротом у захисному газі та відкритою дугою. Для продовження експлуатаційного ресурсу швидко зношуваних деталей машин, раціональним за параметрами універсальності і економічної ефективності являється мікро плазмове порошкове наплавлення.

#### Список літератури

1. Терещенко В.И. Особенности дуговой точечной сварки плавящимся электродом в углекислом газе / В.И.Терещенко, А.Н.Шаровольский, К.А.Сидоренко, В.А.Трошин, Ю.И.Сапрыкин // Автоматическая сварка. Киев. – 1983. - №9 (366). – С.51-53.
2. Ключенко В.Н. Точечное упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин / В.Н.Ключенко, В.П.Балан // Тракторы и сельскохозяйственные машины – 1989. - №11. – С.54-57.
3. Яровицин О.В. Мікро плазмове порошкове наплавлення жароміцних нікелевих сплавів з вмістом  $\mu$ - фази 45...65%. Автореф. Дис .канд.техн.наук. – Київ.: ІЕЗ ім. Є.О. Патона, 2009. – 21 с.
4. Ю.Муска. Стендовий доклад на Міжнародній конференції «Сучасні технології з'єднання матеріалів» м.Київ. // Ю. Муска, Р .Павол, А. Голякевич, Л .Орлов., Опыт применения износостойкой наплавки рабочих органов сельхозтехники, эксплуатируемой в условиях грунтов Словакии. К.: Інститут електрозварювання ім .Є. О. Патона НАН України, 31 травня – 2 червня 2021 р.( 1-6) стор.

**48. М. І. Денисенко, ВСП «Немішайвський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України О. С. Дев'ятко, Національний університет біоресурсів і природокористування України**

#### **НЕРІВНОВАЖНА ТЕРМОДИНАМІКА І ЯВИЩА ПРИ ТЕРТІ ТА ЗНОШУВАННІ**

**Вступ.** Найбільш загальною тенденцією сучасних досліджень при аналізі фрикційної взаємодії поверхонь з точки зору фізико – хімії являється дослідження енергетичних параметрів, що характеризують тверде тіло та його поверхню, будову і властивості подвійних електричних шарів, будову та властивості поверхневого шару і таке інше. На тертьових поверхнях, і в прилягаючих до них шарах одночасно протікає множина процесів. Основні з цих процесів: потік тепла; потоки складної речовини; фізико-хімічні процеси взаємодії тертьових тіл одне з одним та середовищем; деформація; фазові і структурні перетворення у поверхонь тертя та інші явища.

Відомо, що основні явища при терті та зношуванні концентруються у тонкому поверхневому шарі. [1,2]. Представляє науковий і практичний інтерес термодинамічні аспекти стану поверхневого шару та зв'язок зношування з цим станом.

У роботах Б.І .Костецького і Л.І .Бершадського показано, що будь яку трібосистему треба розглядати як відкриту нерівноважну термодинамічну систему; у цих працях сформульовано принципи вторинної дисипативної гетерогенності, відповідно котрому у процесі тертя утворюється явище структурного пристосування (адаптації) контактуючих матеріалів, за якого усі види взаємодії пар тертя локалізуються у тонко плівковому об'єкті – вторинних структурах (ВС). У відповідності з цим принципом, вторинні структури необхідні для розсіювання енергії при її переході із зони тертя у тертьові тіла, причому, розсіювання енергії повинно відбуватися з найменшою швидкістю приросту ентропії. **Ентропія** – термодинамічна функція стану системи, що характеризує «порядок або безлад»

всередині її, і володіє екстенсивними властивостями, тобто залежить від маси системи, і має таку ж розмірність, що і теплоємність ( Дж /моль К).

**Виклад матеріалу.** Основні положення і визначення, що відображають процеси утворення, формування, розвитку, руйнування та відновлення вторинних структур, є наступне: взаємодія поверхонь тертя; постійний приплив від ємної ентропії; кооперативне (сумісне, узгоджене) існування підсистем структури; посилене відхилення трібосистеми від сталого стану; структурна самоорганізація; підтримування та розвиток утворених вторинних структур. Термодинамічні властивості матеріалів являються найбільш загальними, тому що визначають поведінку матеріалів у самих різноманітних умовах. Їх кількісним виразом являються термодинамічні параметри (функції). З великої кількості термодинамічних функцій найбільше значення для матеріалознавства мають ентальпія (H), ентропія (S) і функція Гіббса (G). Практично, будь яка машина або механізм являються фрикційними системами, тобто складаються з механічних підсистем та нелінійних підсистем (фрикційних контактів). У більшості випадків надійність і ефективність вузлів тертя визначає техніко-економічні та екологічні показники всього механізму або машини, надійність та безпеку їх експлуатації, і за великим рахунком – їх конкурентоздатність.

Дійсно, з точки зору термодинаміки, вузли тертя, у загальному випадку являються нерівноважними системами, і для таких систем властиве явище саморегулювання і самоорганізації. Вузли тертя за певних зовнішніх умов можуть знаходитися у стані метастабільної рівноваги.

Утворення оксидів на поверхнях тертя деякі дослідники розглядали як результат термічних процесів, що протікають у відповідності з класичними механізмами окислення металів, або безпосередньо в процесі тертя, або після тертя в результаті взаємодії контактних поверхонь з киснем повітря. Процес утворення вторинних структур відбувається внаслідок взаємодії активних центрів поверхневого шару металу з киснем та появою окисної плівки. Товщина плівок окислів металів – 10 – 100 нм [4].

Дослідження підтверджують, що за механічними властивостями і міцністю зчеплення з основою оксидні плівки, які утворилися безпосередньо при терті (вторинні структури), суттєво відрізняються від плівок, утворених термічним шляхом.

Вивчення механізму зношування показує, що його сутність має механо - корозійну природу. Треба розуміти комплекс явищ, які відображають утворення та руйнування вторинних структур у поверхневих шарах деталей при навантаженні тертям. Механо - корозійне зношування, також як і окислювальне спрацювання відповідно Б.І.Костецькому умовно може бути поділене на три етапи: 1) деформування і активація; 2) утворення вторинних структур; 3) руйнування вторинних структур. Треба відмітити, що періодичний характер процесу утворення і руйнування вторинних структур в реальних умовах тертя має локальний характер (на кожній ділянці поверхні тертя). Сутність використання класичної термодинаміки до нерівноважних систем полягає у припущенні про локальну рівновагу всередині дрібних елементів ділянок системи. Представлення про локальну рівновагу дозволяє досліджувати велику кількість практично важливих нерівноважних систем, до котрих можливо віднести і трібосистеми.

Так, рівняння Гіббса, що показують залежність внутрішньої енергії U від ентропії S, об'єму V і хімічних потенціалів  $\mu_k$  компонентів системи, яка складається з різних компонентів, можна записати для малої області в формі ділянки:

$$dU = TdS - pdV + \sum \mu_k dC_k \quad (1.1)$$

де U, S, V відносяться до малої ділянки (локальні значення);  $C_k$  – концентрації компонентів.

Однак виникають труднощі при розрахунках локальних значень внутрішньої енергії, ентропії і т. і., так як ці значення змінюються в залежності від координат ділянки і часу. Ці труднощі однак виявилось можливим подолати, застосувавши принцип розрахунку з використанням рівняння балансу ентропії для локальної ділянки [5].

$$\rho \frac{dS}{dt} + \text{div} S = \sigma[S] \quad (1.2)$$

Тут права частина рівняння  $\sigma[S]$  представляє швидкість виникнення (утворення) ентропії на даній ділянці. Перший член лівої частини рівняння  $\rho \frac{dS}{dt}$ , є швидкість приросту ентропії у даній ділянці, а другий член лівої ділянки  $\text{div} S$  – швидкість відтоку ентропії з даної ділянки.

За визначенням Гленсдорфа і Пригожина, класична термодинаміка є по суті, теорією руйнування структур, а виробництво ентропії можна розглядати, як міру швидкості цього руйнування [5].

Для відкритих систем, якими є пари тертя, другий закон термодинаміки може бути записаний, згідно Пригожину, як

$$dS = d_i S + d_e S \quad (1.3)$$

де  $d_i S \geq 0$  – змінення ентропії всередині системи,  $d_e S \geq 0$  – змінення ентропії за рахунок обміну з зовнішнім середовищем. Пари тертя треба розглядати як пасивні дисипативні структуроутворюючі системи, що сполучені зі зовнішнім середовищем, і ті, що діють в умовах зростання ентропії. Звідси, руйнування трібосистеми можливо визначити як дисипативний фазовий перехід, за якого відбувається зворотний перехід від дисипативних структур до рівноважних, що супроводжується зростанням їх акумульованої ентропії. Загальна зміна ентропії складається з її змін в окремих процесах. Ентропія є функцією стану речовини – будь якої системи, оскільки її значення не залежить від шляху інтегрування, а лише від початкових і кінцевих параметрів стану.

Вона разом із температурою і внутрішньою енергією є важливою термодинамічною величиною, що однозначно характеризує систему. Згідно з другим законом термодинаміки необоротні процеси відбуваються так, що ентропія замкненої системи тіл, які беруть участь у процесах, збільшується, прямує до максимального значення. У відкритих системах ентропія може змінюватися в результаті обміну речовин із зовнішнім середовищем. « Структурно-термічна активація визиває різке зростання ентропії і ентальпії у поверхневих об'ємах металу, що різко змінює константи рівноваги реакцій» [1, стор.77 ]. У сучасному варіанті розглядаємо зміну енергії системи, котра виражається зміною величини, що називається ентальпією системи (  $H$  ). Ентальпія системи – це функція її стану (на відміну від теплоти), тобто вона не залежить від того, яким шляхом дана система «утворилася такою». [3]

Утворення в процесі тертя вторинних структур, головним чином в результаті окислювальних процесів, Б.І.Костецкий та його учні відкрили явище структурного пристосування матеріалів при терті (СП) [1,2,4]. Явище структурного пристосування матеріалів при терті універсальне і спостерігається при терті різних матеріалів в певних для кожної пари тертя умов навантаження, але механізми пристосування для різних матеріалів мають свою специфіку. Структурні зміни матеріалу спостерігаються у вигляді шару вторинних структур (ВС) (рис.1, рис.2). В умовах тертя вторинні структури насичуються киснем. Самоорганізація найбільше розповсюджена при роботі машин та обладнання різного функціонального призначення у режимі граничного тертя. Товщина шару вторинних структур у функції часу роботи деталей машин змінюється від 50 – 250 до 2000 – 10000 А° і більше. В окремих випадках можливе утворення наросту на поверхні тертя товщиною до 0,1 мм. Зменшення і стабілізація характеристик тертя зв'язані з формуванням вторинних структур. В процесі тертя спостерігається зародження, робота і руйнування вторинних структур (ВС), що являє собою замкнений процес, за цієї умови нормальне механо хімічне зношування можливо припустити у вигляді комплексу фізико-хімічних явищ, що між собою поєднані і постійно взаємодіючі.

Самоорганізація у цьому режимі, що названа структурним пристосуванням (СП), проявляється в утворенні захисних вторинних структур (ВС), що екранують основний метал деталей від безпосереднього контакту, схоплювання та інтенсивного пошкодження. Вторинні структури, що мають екстремальні фрикційні та міцнісні властивості, представляють тонко-плівковий об'єкт (  $h_{bc} = 20 - 80$  нм), характеристики котрого визначають механізми формування сил тертя і зносу. [1,2]. Важливою кінетичною характеристикою являється тривалість циклу утворення, стабілізації і руйнування ВС -  $\tau_{bc}$ .

**Висновки.** Здійснений аналіз наукових робіт призводить до висновку про те, що найбільш перспективним являються дослідження та опис процесів тертя і зношування з використанням методів і законів нерівноважної термодинаміки на засадах структурного і термодинамічного досліджень фізико-хімічних процесів у поверхневих шарах спряжених тіл. Процеси тертя завжди супроводжуються дисипацією енергії, зміною структури матеріалу і ентропії трібосистем.

#### Список літератури

1. Костецкий Б.И. Поверхностная прочность материалов при трении / Костецкий Б.И., Носовский И.Г., Караулов А.К., Бершадский Л.И., Костецкая Н.Б., Ляшко В.А., Сагач М.Ф.. –К.: «Техніка», 1976., 296 с.
2. Костецкий, Б.И. Задачи трибологии в машиностроении /Б.И.Костецкий. – М.: Вестник машиностроения, 1989. №9. – с.9-14.
3. Beake B.D. and other. Self – Organization During Friction. Advanced Surface – Engineered Materials and Systems Design / edited by German S. Fox-Rabinovich, George E.Totten. – Taylor Francis, 2006 - 458 p.
4. Бершадский,Л.И. Структурная термодинамика трібосистем / Л.И.Бершадский.-Киев: Знание, 1990.- 31 с.
5. Пригожин, И. Современная термодинамика / И.Пригожин, Д.Кондипуди. – М.:2002. – 461 с.



## ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ВІБРООБКОЧУВАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ

Гільза блоку циліндрів є найбільш відповідальним елементом корпусу двигуна. Її внутрішня поверхня разом із днищем поршня утворюють камеру згоряння. Також гільза служить направляючою при русі поршня.

Гільза циліндру відноситься до класу "порожнисті стрижні", особливістю деталей даного класу є наявність концентричних зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь [1]. Порожнисті стрижні працюють в умовах тертя в супроводі циклічних змін температури. Руйнівними факторами в процесі їх експлуатації є тертя, агресивність середовища, висока температура. Її виготовляють із сірого чавуна високої твердості. Внутрішня поверхня гільз для зменшення тертя поршня і поршневих кілець, а також для створення надійного ущільнення має високий клас чистоти обробки і називається «дзеркалом» циліндра. Для підвищення стійкості проти спрацювання, внутрішню поверхню гільз загартовують на глибину 1—3 мм струмами високої частоти (СВЧ). Для установки в блок циліндрів на гільзі є спеціальні посадочні пояски - верхній і нижній. Після установки гільзи, в посадочні пояски з невеликим тиском, вона центрується. В канавці нижнього центруючого пояса встановлюються спеціальні гумові кільця, які не дають воді протікати в картер. Простір між стінками блоку циліндрів і гільзами циліндрів називається «сорочкою охолодження». По сорочці охолодження циркулює охолоджуюча рідина для охолодження нагрітих деталей. Гільзи циліндрів автотракторних двигунів бувають мокрою і сухою типу [2]. Гільзи циліндрів дизельного двигуна ЯМЗ-238КМ2-3 мокрою типу, відлита з сірого легованого чавуну (за технічними умовам заводу-виробника), що володіє підвищеною міцністю. Основними елементами є нікель (0,12...0,25%), мідь (0,3...0,6%), титан (0,03...0,08%).

Основними причинами зносу внутрішньої поверхні гільзи циліндра є стираюча дія поршневих кілець і газова корозія. При вибуху робочої суміші відбувається прорив газів під кільце, особливо під верхнє, в результаті чого збільшується питомий тиск поршневих кілець на стінки гільзи і погіршуються умови змащення. Висока температура вибуху робочої суміші знижує в'язкість масла і міцність масляної плівки. Поверхня гільзи піддається дії газової корозії. В результаті зносу, гільза циліндру набуває справжню форму неправильного конуса, а по діаметру овалу.

Найбільший знос знаходиться в місці розташування першого компресійного кільця. Наявність тріщин і сколів на робочих поверхнях гільзи є вираженим ознакою.

За даними технологічних карт на капітальний ремонт двигуна ЯМЗ-238, зноси гільз в 0,18 мм є гранично припустимими [3]. При більших зносах двигуни димлять, витрачають багато оливи й втрачають потужність. Крім того, робота двигуна зі зносами циліндрів понад 0,18 мм призводить до зростання зносів не тільки самих циліндрів, але й шийок колінчатого вала. Тому ремонтувати циліндри доцільно при зносах їх в 0,18-0,20 мм. Найбільшою величини зношування досягає, як правило, у верхній частині гільз, проти верхнього компресійного кільця, при положенні поршня у верхній мертвій точці, найменший - у нижній частині, проти нижнього оливоз'ємного кільця, при положенні поршня в нижній мертвій точці.

Вимірювання проводять за допомогою нутроміра, якщо зазор більший ніж допустимий то гільзу потрібно ремонтувати. Аналізуючи зноси гільз, можна стверджувати, що значну частину часу, яка витрачається на відновлення гільз, можна скоротити. Тому питання по відновленню працездатності гільз, в наш час, є актуальним. Постає задача створити технологію відновлення гільз на прикладі гільзи трактора ХТЗ – 17221-21, дизельного двигуна ЯМЗ-238КМ2-3. На основі обраного способу відновлення циліндрів, можна буде відновлювати працездатність гільз інших двигунів. Для зменшення допуску на остаточне хонінгування, згладжування мікронерівностей і зміцненні поверхневого шару деталей застосовується віброобкочування внутрішньої поверхні для отримання номінального розміру.

В результаті взаємодії зазначених параметрів режиму за один оберт деталі або хід столу на оброблюваній поверхні деформуючим елементом (кулькою, наконечником) видавлюються канавки, що мають синусоїдальну траєкторію, амплітуда якої дорівнює довжині ходу деформуючого елемента, а довжина хвилі залежить від співвідношення числа подвійних ходів і частоти обертання заготовки або поздовжньої подачі столу.

При збільшенні подачі скорочується число повторних деформацій, що повинно викликати зниження поверхневої твердості. Однак при обкочуванні загартованих сталей кулею діаметром 5 - 10 мм подача змінюється від 0,06 до 0,12 мм / об, а при вигладжуванні алмазом з радіусом сфери 1,0 - 2,5 мм подача змінюється від 0,03 до 0,09 мм / об, що мало впливає на ефективність зміцнення [4].

Подальше збільшення подачі зменшує підвищення твердості. Це особливо помітно при обкатуванні кулею діаметром 5 мм з подачею 0,3 мм / об і при алмазному вигладжуванні ( $R = 2$  мм) з подачею 0,13 мм / об. Вплив подачі істотно залежить від розмірів поточного осередку деформації, що визначається контактним тиском, властивостями матеріалу і розмірами деформуючого інструменту. Із зменшенням поточного осередку деформації, що відбувається при зниженні тиску, з підвищенням твердості матеріалу і з зменшенням розмірів інструменту вплив подачі зростає і при її збільшенні приріст поверхневої твердості помітно знижується. Зокрема, зменшенням осередку деформації при обробці загартованих сталей пояснюється і більш сильний вплив подачі на поверхневу твердість у порівнянні з її впливом при обробці м'яких сталей. При збільшенні робочих ходів (числа циклів навантаження при широкому вигладжуванні) відповідно зростає кількість повторних деформацій, що призводять до зміни поверхневої твердості.

Однак вплив додаткових робочих ходів слід розглядати з урахуванням тиску і подачі. Якщо тиск нижче оптимального, то повторні робочі ходи (до певного числа) підвищують поверхневу твердість. При цьому допустиме, з точки зору зміцнення, число робочих ходів тим більше, чим нижче тиск. При оптимальному тиску вже після другого-третього робочого ходу припиняється підвищення твердості. Зміна швидкості обробки від низьких значень до 200 м / хв не робить істотного впливу на збільшення поверхневої твердості. Тому поширена думка, що ефективність зміцнення не залежить від швидкості. Дійсно, при збільшенні швидкості від 8 - 12 до 160 - 180 м / хв приріст твердості виявився незначним. Однак найбільш важливим є зміна градієнта наклепу. Зі збільшенням швидкості градієнт наклепу зростає, а глибина має тенденцію до зниження.

Вибір робочого органу залежить від твердості оброблюваної поверхні, для обробки деталей з матеріалів високої твердості (від HRC 50 до HRC 60) застосовують алмазні наконечники. При вигладжуванні сталевих загартованих деталей цей радіус не повинен перевищувати 1,5 мм. Для деталей, твердість яких менше і лежить в межах HRC 35 ... 50, радіус  $R$  наконечника повинен складати 1,5 - 2,5 мм. Для інших сталей і кольорових сплавів радіус може бути збільшений до 2,5 - 3 мм.

При віброобкочуванні сила притискання інструменту 800-1000 Н. При віброобкочуванні інструмент видавлює синусоїдальну канавку [5].

В процесі віброобкочування на поверхні утворюється система мастильних канавок і кишень, тому оптимізуються площа контакту сполучених деталей і оливоємність їх поверхонь, знижується коефіцієнт тертя, приблизно в 1,6 ... 2,2 рази підвищується зносостійкість, в 1,5 ... 1,7 рази зменшується момент тертя однієї деталі з іншою, що сприяє підвищенню плавності роботи з'єднання. При сухому терті канавки працюють як пастки, що затримують в собі продукти зносу, пил та абразивні складові, завдяки чому локалізується їх абразивна дія.

Вирівнювання форм, розмірів і розташування мікронерівностей на поверхні досягається зміною режимів обробки. Мікротвердість поверхні канавок і напливів на 10-25% вище твердості вихідної поверхні. Залишкова напруга в 1,3-1,7 рази більше, ніж при обкатуванні без вібрації на тих же режимах.

Накатка відрізняється від точіння і шліфування поверхні, більшим кроком мікронерівностей і радіусами закруглень, виступів і западин, щодо великої опорної поверхні, і високою однорідністю, малим числом виступів на одиницю довжини.

Зі збільшенням радіусів вершин виступів нерівностей і однорідності їх за формою і висотою підвищується несуча здатність поверхні, темп її припрацювання, контактна жорсткість, зносостійкість, гідрощільність, товщина масляної плівки, що утворюється при змащуванні.

Зі збільшенням радіуса закруглення западин, підвищується втомна міцність, опір корозії і запиленню поверхонь.

Крок мікронерівностей, кут нахилу їх утворюючих і кількість на одиницю довжини або площі, визначають об'єм і розподіл змащення в зоні тертя, перехідний опір, однорідність по товщині покриттів і тонких плівок, що наносяться на поверхню міцність посадок і т.д [6].

Проведено аналіз існуючих способів відновлення та ремонту гільз дизельних двигунів, на основі яких було проведено багатокритеріальний вибір кращого зі способів. Було проведено експериментальні та теоретичні дослідження стану зносу гільзи, за результатами яких виявлено, що 24% гільз мають розмір внутрішньої поверхні в зоні допуску, тобто діаметр 130,18 мм, 63% це гільзи які можуть бути розточені до ремонтного розміру. Розмір цих гільз обмежується припуском на механічну обробку до розмірів ремонтного поршня, а саме до діаметру 130,5 мм. Та 13% гільз розмір внутрішньої поверхні яких, перевищує допустимий та ремонтний розмір.

Відновлення цих гільз пропонується виконати методом додаткової деталі з застосуванням у якості фінішної операції віброобкочування.

## Список літератури

1. Бондар А.М. Технічний сервіс мехатронних систем: навчально-методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2021. 141 с.
2. Сорваніді Ю.Г. Технічний сервіс в АПК: навчально-методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2021. 157с.
3. Журавель Д.П. Обґрунтування перспективних напрямків оцінки ремонтпридатності блоків циліндрів двигунів мобільної техніки. MATERIALS of the III International Scientific and Practical Internet Conference “The development of modern science and education: realities, problems of quality, innovations” September 30, Запоріжжя 2022, С. 108– 113.
4. Алдошин А.С. Ремонт блоків циліндрів з тріщинами верхніх перемичок. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали III Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференц. Мелітополь, 2021. С. 480–482.
5. Алдошин А.С. Дослідження руйнувань в корінних опорах двигунів. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали III Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференц. Мелітополь, 2021. С. 491–493.
6. Алдошин А.С. Ремонт чавунних блоків з тріщинами водяних сорочок. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали III Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференц. Мелітополь, 2021. С. 514–516.

**50. М. М. Корчак, О. А. Мільчик, О. Р. Кирилюк, Ю. Ю. Москалюк, Подільський державний аграрний університет**

### **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА КОМБІНОВАНИХ АГРЕГАТИВ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІСЛЯ ЗБИРАННЯ ГРУБОСТЕБЛОВИХ КУЛЬТУР**

Сучасні технології передбачають окреме виконання подрібнення рослинних залишків на полі та основного обробітку ґрунту. Для подрібнення рослинних залишків на півдні та заході України використовують переважно важкі дискові борони та дискові луцильники. Основний обробіток проводять полицевими та чизельними плугами, культиваторами-плоскорізами тощо [1, 2].

За технологічним процесом та типами робочих органів засоби механізації обробітку ґрунту, засміченого рослинними залишками грубостеблових культур поділяють на дискові борони, луцильники, культиватори, фрези та комбіновані ґрунтообробні агрегати.

Аналіз існуючих машин і робочих органів, які досліджувались, дає можливість класифікувати їх за різними ознаками.

Найбільш суттєвою ознакою запропонованої класифікації є тип робочого органу. Відповідно до цієї ознаки всі ґрунтообробні машини, що застосовуються при обробітку ґрунту, засміченого рослинними залишками грубостеблових культур можна розділити на три основні групи – з пасивними робочими органами, з активними робочими органами та комбіновані.

Подрібнювачі з пасивними робочими органами можуть бути оснащені ножовими, лемішними та дисковими робочими органами.

Подрібнювачі з активними робочими органами оснащують фрезами з механічним або гідравлічним приводом, які за положенням осі обертання поділяються на три основні групи – фрези з горизонтальним, вертикальним та вертикально нахиленим валом обертання.

Поєднання активних робочих органів з пасивними широко поширене в сільськогосподарських машинах для різного виду обробітку ґрунту.

Саме тому, вчені та конструктори науково-дослідних установ на перспективу ставлять завдання створити комбіновані ґрунтообробні машини з пасивними та активними робочими органами, які дозволяють одночасно в одній технології виконати декілька операцій по обробітку ґрунту, а саме [3]:

- фрезерування з визначеною глибиною і ступенем подрібнення ґрунту;
- підгортання;
- прикочування;
- вирівнювання ґрунтової поверхні тощо.

Комбіновані подрібнювачі рослинних залишків грубостеблових культур за принципом дії їх активних робочих органів відрізняються за [3]:

- формою (суцільні, роздільно-ножові);
- характером дії на ґрунт (різальні, розпушувальні, комплексної дії);
- способом кріплення (жорстке, пружинне, шарнірне, вільне, комбіноване);

– віссю обертання (горизонтальна, вертикальна, вертикально-нахилена).

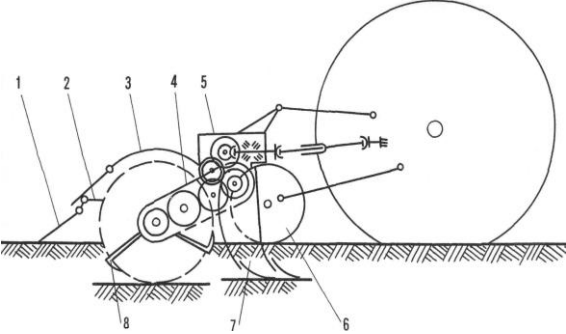
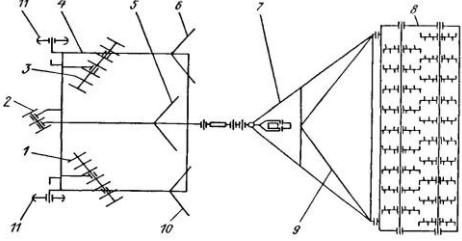
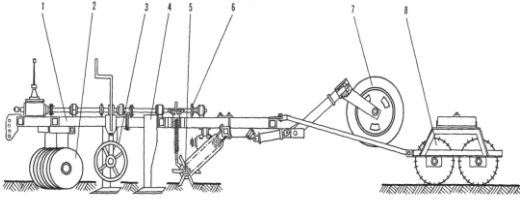
На відміну від знарядь з пасивними (дисковими) робочими органами, подрібнювачі активного (фрезерного) типу забезпечують більш високий ступінь подрібнення залишків грубостеблових просапних культур, що досягається раціональним підбором поступальної швидкості агрегату, частоти обертання барабану та кількості встановлених ножів [4]. Крім того, активний обробіток ґрунту характеризується сталою глибиною, меншою гребенистістю, більшою пухкістю обробленого шару, вищою якістю розпушування на всю глибину обробітку порівняно з оранкою плугом [3].

Подрібнення та рівномірний розподіл рослинних залишків є першорядним завданням в системі раціональних способів обробітку ґрунту.

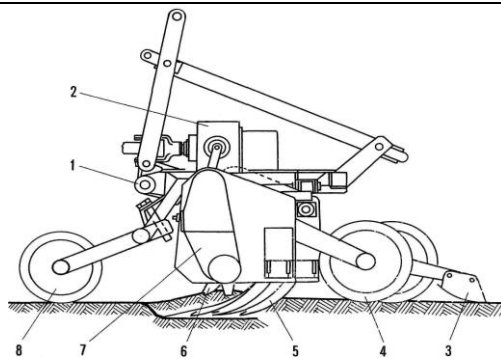
Комбіновані ґрунтообробні агрегати для основного обробітку ґрунту, засміченого залишками грубостеблових культур наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Комбіновані ґрунтообробні агрегати для основного обробітку ґрунту, засміченого рослинними залишками грубостеблових культур

Назва агрегату	Схема
– плуг з ротаційними робочими органами ПР-2	 <p>1 – решітка; 2 – механізм чистиків; 3 – кожух; 4 – боковий редуктор; 5 – головний редуктор; 6 – опорне колесо; 7 – рихляча лапа; 8 – ножовий барабан</p>
– ґрунтообробний агрегат АКП-2,5	 <p>1, 2, 3 – дискові батареї; 4 – рама; 5, 6, 10 – плоскоріжучі робочі органи; 7 – сниця котка; 8 – кільчасто-шпоровий коток; 9 – волокуша-борона</p>
– універсальний комбінований ґрунтообробний агрегат УКГА	 <p>1 – рама; 2 – секції дискових батарей; 3 – опорне колесо; 4 – плоскоріз; 5 – подрібнювач активної дії; 6 – механізм приводу; 7 – транспортне колесо; 8 – дворядний коток</p>

– ґрунтообробний агрегат АКПР-3,6



1 – рама з начіпкою; 2 – головний редуктор; 3 – вирівнювач;  
4 – коток; 5 – рихлителі; 6 – ножевий барабан; 7 – боковий редуктор; 8 – опорне колесо

Плуг з ротаційними робочими органами ПР-2 призначений для обробітку ґрунту з одночасним подрібненням рослинних залишків. Технологічний процес майже не відрізняється від процесу, що виконує фреза з горизонтальною віссю обертання. При русі агрегату Г-подібні ножі при обертанні барабана перерізують рослинні залишки і відрізають шари ґрунту, які лягають на пружинні пластини і переносяться назад і вгору, де, зустрічаючись з чистиками, падають з пластин в перевернутому стані. Рослинні залишки потрапляють під шар ґрунту. Якість кришення пласта забезпечується зміною подачі на ніж. Попереду ножового барабана рихлителі полегшують роботу ножів і компенсують підштовхувальне зусилля.

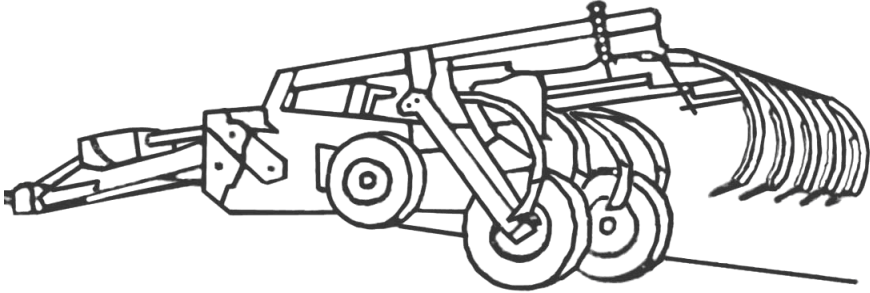
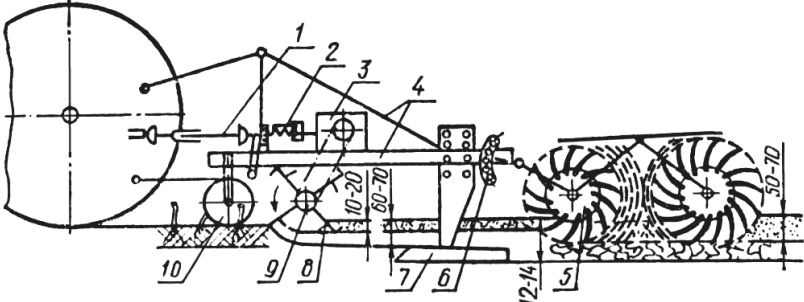
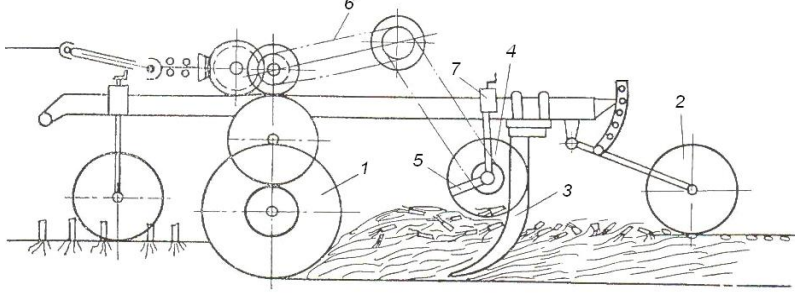
Машина АКПР-3,6 поєднує операції по обробітку ґрунту, подрібненню рослинних залишків грубостеблових прасапних культур і послідовному прикочуванню, та складається з центральної рами з начіпним пристроєм і встановленого на рамі головного редуктора 2, двох робочих секцій (лівої і правої), на рамах яких змонтовані робочі органи і бокові редуктори. Ліва і права рами шарнірно приєднані до центральної рами, мають ковзани, які ковзають по направляючим, також шарнірно приєднаних до центральної рами. До нижнього бруса правої і лівої секції кріпляться рихлителі 5. Над лапами рихлителів кожної секції встановлений ножовий ротор 6, привод якого здійснюється від головного редуктора через боковий кардан і боковий ланцюговий редуктор. Позаду кожної секції приєднаний коток 4. Стикання між котками заглажується вирівнювачем 3. Глибина обробітку ґрунту регулюється зміною положення опорних коліс 8. Відстань між ножовим барабаном і лапами регулюється шляхом переміщення бруса з лапами в вертикальних пазах. Технологічний процес передбачає обробіток ґрунту за один прохід на глибину до 14 см, подрібнення рослинних залишків прасапних культур, мульчування ними поверхні ґрунту та її прикочування.

Комбінований ґрунтообробний агрегат АКП-2,5 призначений для пошарового обробітку ґрунту під повторні і озимі культури без обороту пласта. При роботі агрегату робочі органи дискових батарей рихлять шар ґрунту на глибину 6 – 8 см, зміщуючи його від периферії до осі агрегату, а крайні зовнішні диски утворюють борозни. Плоскорізальні робочі органи кришать ґрунт і підрізають бур'яни, поглиблюючи при цьому ґрунт до 10 – 12 см. Борона-волокуша вирівнює ґрунт і втрамбує його. Кільчасто-шпорові котки розбивають комки, втрамбовують нижні і рихлять верхні шари обробленого горизонту ґрунту.

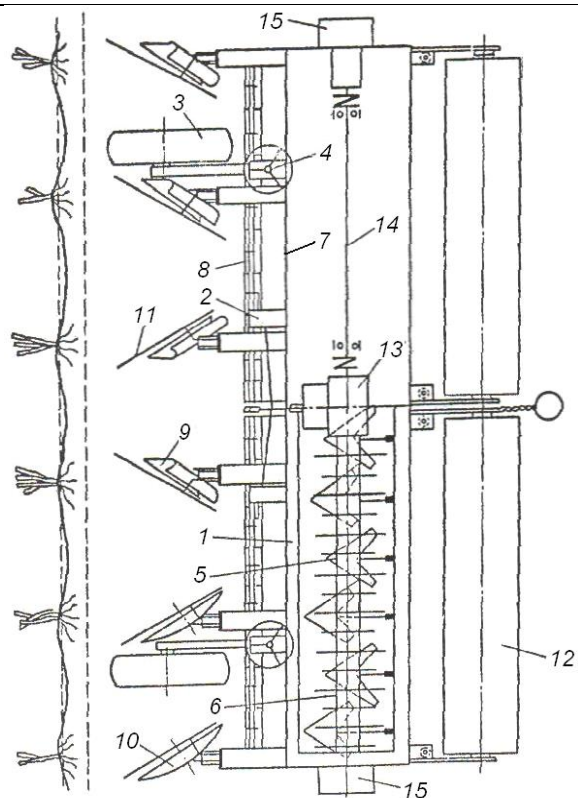
Універсальний комбінований ґрунтообробний агрегат УКГА призначений для безплужного основного обробітку ґрунту під посів озимих колосових культур після прасапних попередників, а також для виконання інших операцій поверхневого обробітку. Технологічний процес роботи агрегату включає пошаровий обробіток ґрунту першим рядом дискових батарей на глибину 6 – 12 см, плоскорізальними лапами на глибину 12 – 18 см і подрібнення скиб ротором. Дискові робочі органи зрізають, подрібнюють і заробляють в ґрунт пожнивні залишки, рихлять і обертають шар ґрунту на глибину до 12 см. Плоскорізи підрізають пожнивні залишки і рихлять ґрунт на глибину до 18 см з вирівнюванням дна борозни. Кільчастий коток дрібнить поверхню ґрунту, вирівнює і втрамбує її на глибину 5 – 8 см, залишаючи верхній шар в рихлому стані.

Наукові розробки комбінованих подрібнювачів рослинних залишків грубостеблових культур наведено в таблиці 2.

Наукові розробки комбінованих подрібнювачів рослинних залишків  
грубостеблових культур

Наукова інформація	Схема агрегату
Пат. США № 4522267	 <p>Комбінований агрегат для обробки ґрунту з одночасним подрібненням рослинних залишків</p>
Розробка Південного відділення УНДІМЕСГ	 <p>Комбінований фрезерний ґрунтообробний агрегат: 1 – ВВП; 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – рама; 5 – борона; 6 – механізм приєднання; 7 – плоскоріжуча лапа; 8 – ніж; 9 – фрезерний барабан; 10 – опорне колесо</p>
Ґрунтообробний агрегат за а.с. 471075	 <p>1 – фреза, 2 – прикочувальний коток, 3 – пасивні робочі органи, 4 – ротор, 5 – ножі, 6 – привод, 7 – механізм регулювання</p>

Ґрунтообробна  
машина за а.с.  
523653



1 – рама; 2 – начіпний пристрій; 3 – опорне колесо; 4 – механізм регулювання висоти; 5 – плоскорізальні робочі органи; 6 – ножовий ротор; 7 – захисний кожух; 8 – шлейф-волокуша; 9 – плужки; 10 – диски; 11 – прутки; 12 – котки; 13 – редуктор; 14 – вал; 15 – бокові редуктори

Вчені США розробили комбінований агрегат для обробітку ґрунту після збирання грубостеблових культур з подрібненням рослинних залишків (пат. США № 4522267 [5]), що складається з послідовно встановленого подрібнювача та чизельного культиватора. Привод подрібнювача здійснюється від ВВП трактора.

Для обробітку ґрунту після збирання грубостеблових культур у Південному відділенні УНДІМЕСГ створена комбінована фрезерна начіпна машина з активними і пасивними робочими органами, де за основний робочий орган служить двосекційний фрезерний барабан з двох'ярусним розміщенням ножів. Ширина захвату кожної секції – 1,65 м.

Фрезерний барабан складається з вала з десятьма дисками, до яких кріпляться Г-подібні ножі, по чотири на кожному. Фрезерні робочі органи 9 при роботі подрібнюють післяжнивні залишки і ґрунт на глибину 1 – 2 см першим ярусом і 6 – 7 см – другим. Потім рухаються плоскорізальні лапи 7, які подрібнюють пласт в третьому ярусі на глибину до 12 – 14 см. Голчаста борона 5, яка рухається позаду, додатково розпушує ґрунт, вирівнює поверхню і ущільнює верхній шар [6].

Відомий ґрунтообробний агрегат за а.с. 471075 [7], що містить фрезу 1, прикочувальний коток 2, пасивні робочі органи 3 і регулюючий по висоті ротор 4 з ножами 5, розміщеними між стійками пасивних робочих органів, а також привод 6 фрези 1 і ротора 4. Регулювання ротора по висоті здійснюється механізмом 7.

Ґрунтообробний агрегат працює слідуєчим чином. Фреза рихлить ґрунт, подрібнює і перемішує рослинні залишки з ґрунтом. Пасивні робочі органи сепарують рослинні залишки, які додатково подрібнюються ножами ротора і розподіляються по обробленій поверхні в якості мульчуючого шару, що ущільнюється прикочувальним котком.

Розроблена ґрунтообробна машина за а.с. 523653 [8] призначена для орієнтації рослинних залишків та послідуєчого подрібнення, та складається з рами 1 з начіпним пристроєм 2, опорних коліс 3 з механізмом 4 регулювання висоти, плоскорізальних робочих органів 5 ножового ротора 6 з горизонтальною віссю обертання і захисного кожуха 7, шлейф-волокуші 8.

Привод роторів 6 здійснюється від ВВП трактора через карданну передачу, редуктор 13, вали 14 з запобіжними муфтами і редуктори 15.

Ґрунтообробна машина працює слідуєчим чином. Для обробітку поля з рядами непідрізаних рослинних залишків на рамі 1 машини встановлюють плужки 9 або диски 10, які зрізають гребені з

рослинними залишками і за допомогою їх і прутків 11 повертають стебла під кутом до напрямку руху. Повернені або підрізані і зорієнтовані під час попередніх обробок стебла потрапляють під шлейф-волокушу 8, яка повертає їх поперек ходу машини.

Ножовий ротор 6 подрібнює рослинні залишки, що лежать на поверхні, а при переміщенні в ґрунті рихлить її і подрібнює кореневища.

Ґрунтовий пласт підрізається і розрихлюється плоскорізальними робочими органами 5 до заглиблення ножового ротора 6. Розрихлений ґрунтовий пласт з подрібненими рослинними залишками потрапляє під котки 12, що проводять його вирівнювання і ущільнення.

Однак, вищерозглянуті комбіновані агрегати мають наступні недоліки:

- не повністю загортають подрібнені рослинні залишки в ґрунт;
- мають складну конструкцію та низьку технологічну надійність;
- маючи велику металомісткість, чинять великий тиск на ґрунт, збільшуючи його ущільнення;
- не забезпечують екологічно чистої технології обробітку ґрунту [9-10].

Крім того, обробіток пасивними та активними робочими органами деяких подрібнювачів здійснюється на всю ширину захвату агрегату, що потребує додаткових затрат енергії. Агрегати не повністю пристосовані до деяких умов, які диктує стан аграрного сектору України (наприклад, такі умови як стан поля, можливість агрегатувати з тракторами нижчого класу, менші питомі витрати пального на обробіток тощо).

Перспективним напрямком удосконалення існуючих комбінованих агрегатів є зменшення енергетичних витрат на виконання технологічного процесу та кількості проходів, зменшення металомісткості їх конструкцій, підвищення їх продуктивності, забезпечення необхідного обробітку без шкідливого впливу на екологію [11-16].

**51. М. М. Корчак, С. М. Грушецький, В. І. Майданюк, В. А. Фурман, О. С. Попович, О. С. Ящук, Подільський державний аграрний університет**

## **МЕТОДИКА ВІДСІЮЮЧОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ҐРУНТООБРОБНОЇ МАШИНИ ТА ПОРЯДОК ЙОГО ПРОВЕДЕННЯ**

При розробці методики експериментальних досліджень були використані РД 10.8.5 – 89 “Випробування сільськогосподарської техніки”.

При проведенні експериментальних досліджень, спостереження за виконанням технологічного процесу проводилося методом вимірювань. При цьому експериментальні дослідження були розділені на пошукові і основні.

Пошукові досліді проводились за схемою:

- визначення факторів, що впливають на процес подрібнення, тобто відбір основних факторів (відсіюючий експеримент);
- визначення впливу найважливіших факторів на виконання технологічного процесу подрібнення;
- визначення даних, необхідних для вибору кількості дослідів.

Пошукові досліді не дають змоги повністю розкрити закономірності виконання технологічного процесу. Вони можуть виконуватись до розробки методики досліджень, у процесі їх розробки або після них.

З метою встановлення основних закономірностей показників роботи та об’єктивного аналізу експериментальних даних, умови проведення лабораторних досліджень експериментальної установки визначалися у відповідності до існуючих вимог [1, 2, 3].

Відсіюючий експеримент проводили на початковій стадії дослідження подрібнювача з метою виключення малозначущих факторів для скорочення послідууючої кількості дослідів.

Суть експерименту полягає в тому, що, коли фактори розташувати в порядку зменшення долі, яку вносять в дисперсію критерію оптимізації, виникає ранжований ряд, що має вигляд зменшувальної експоненти.

Побудову ранжированого ряду проводили в два етапи. На початку проводили серію дослідів за складеною матрицею, а потім будували діаграму розсіювання для візуальної оцінки ступеню впливу факторів і оцінювали його кількісно. Перед побудовою матриці відсіюючого експерименту назначали рівні варіювання факторами і кодували їх знаками (+) та (–).

При побудові матриці відсіюючого експерименту методом випадкового змішування двох напівреплік, фактори, які розглядаються діляться на дві частини і з кожної частини будують



напіврепліки. Для одної половини факторів напіврепліка використовується повністю, а для других факторів строки матриці розподіляються по таблиці випадкових чисел. При цьому в першу половину слід розмістити ті фактори, які по апріорній інформації є найбільш вагомими. Це скорочує об'єм експериментів в посліуючій стадії вирішення експериментальної задачі. Число дослідів (строк) в матриці відсіюючого експерименту вибирали кратним  $2k$  і більшим числа  $k+1$ , де  $k$  – число факторів. Ця умова полегшує опрацювання і покращує аналіз результатів дослідів [4, 5].

При складанні плану експерименту виділяли основні фактори, які впливають на досліджуваний процес, а також вибирали параметр оптимізації.

На основі проведеного аналізу результатів експериментальних досліджень засобів механізації та теоретичного дослідження подрібнювача, для проведення експериментальних досліджень були прийняті наступні змінні фактори, які в найбільшій мірі впливають на параметр оптимізації: частота обертання фрезерного барабану  $n_{фр.бар}$ , швидкість руху подрібнювача  $V_n$ , кут розкриття напрямних стінок розподільника  $2\alpha$ , кут нахилу вирівнювального щитка до ґрунтової поверхні  $\alpha$  та глибина обробітку  $H_{фр}$ .

Вимірювання параметра оптимізації (ступеня подрібнення рослинних залишків) проводили у трьохкратній повторності.

На експериментальному зразку подрібнювача вивчався вплив різних факторів на робочий процес. Перелік взятих на облік факторів та їх рівнів зміни, показаний в таблиці 1.

Таблиця 1

Рівні та інтервали зміни факторів

Параметри	Глибина обробітку, $H_{фр}$ , см	Частота обертання фрезерного барабану $n_{фр.бар}$ , хв. <sup>-1</sup>	Швидкість руху агрегату $V_n$ , м/с	Кут розкриття напрямних стінок розподільника, $2\alpha$ , град	Кут нахилу вирівнювального щитка до ґрунтової поверхні $\alpha$ , град
Умовні позначення	X1	X2	X3	X4	X5
Верхній рівень (+1)	8,0	450	2,5	90	35
Нижній рівень (-1)	4,0	190	1,5	65	25

З метою скорочення загального об'єму дослідів ставили відсіюючий експеримент. Матрицю планування відсіюючого експерименту з п'яти факторів будували шляхом змішування систематичних дробних реплік від повного факторного експерименту (табл. 2).

Таблиця 2

Матриця відсіюючого експерименту

№	Фактор в кодовому позначенні				
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
1	-	-	-	+	+
2	+	-	-	-	+
3	-	+	-	+	-
4	+	+	-	-	-
5	-	-	+	-	-
6	+	-	+	+	-
7	-	+	+	+	+
8	+	+	+	-	+

За результатами середніх значень будували діаграму розсіювання результатів спостережень по рівнях факторів.

Ступінь впливу фактора оцінювали за діаграмою розсіювання візуально, за різницею між середніми значеннями для рівнів (в якості середнього брали медіану значень) і за кількістю точок, що виділялися.

Ефекти факторів кількісно оцінювали за допомогою таблиць з двома входами. В клітинах записували фактори, які оцінюються з рівнями варіювання і результати дослідів (значення критерію оптимізації, отриманого в тому чи іншому поєднанні рівнів факторів). Величина ефектів факторів  $x_i$ :

$$x_i = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_3 + \bar{y}_5 + \dots + \bar{y}_n}{k_i} - \frac{\bar{y}_2 + \bar{y}_4 + \bar{y}_6 + \dots + \bar{y}_{n+1}}{k_i}, \quad (1)$$

де  $\bar{y}_1, \bar{y}_3, \bar{y}_5, \dots, \bar{y}_n$  – середні значення параметра оптимізації в кожній клітинці таблиці для рівня фактора (+);

$\bar{y}_2, \bar{y}_4, \bar{y}_6, \dots, \bar{y}_{n+1}$  – середні значення параметра оптимізації в кожній клітинці таблиці для рівня фактора (-);

$k_i$  – число середніх значень параметра оптимізації  $\bar{y}_n$ .

Після розрахунку ефектів виділених факторів перевіряли їх значимість по  $t$ -критерію, який визначався за формулою:

$$t = \frac{(\bar{y}_1 + \bar{y}_3 + \dots + \bar{y}_n) - (\bar{y}_2 + \bar{y}_4 + \dots + \bar{y}_{n+1})}{S_R \sqrt{\sum \frac{1}{n_i}}}, \quad (2)$$

де  $S_R$  – середньоквадратична похибка розсіювання.

Значення  $S_R$  визначали за формулою:

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n_i - 1} - \frac{(\sum y_i)^2}{n_i(n_i - 1)}}, \quad (3)$$

де  $n_i$  – кількість спостережень в  $i$ -й клітині таблиці з декількома входами.

Обчислення  $t$ -критерію проводили звівши усі результати у таблицю.

Після виявлення ефектів декількох факторів коректували результати відсіюючих експериментів для чіткішого виділення ефектів менш сильних факторів і парних взаємодій. Коректування проводили додаванням з протилежним знаком ефектів виділених факторів до результатів відсіюючих експериментів. При відсіюючому експерименті дається груба, наближена оцінка впливу факторів [6-11].

#### Список літератури

1. Машиновикористання в землеробстві / Ільченко В.Ю., Нагірний Ю.П. [та ін.]. Київ : Урожай. 1996. 384 с.
2. Красовский Г.И. Планирование эксперимента / Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. – Минск : Изд-во БГУ, 1982. 302 с.
3. V. Sheichenko, I. Marynchenko, I. Dudnikov, M. Korchak. Development of technology for the hemp stalks preparation. Independent Journal of Management and Production. State agrarian and engineering university in Podilia. V. 10, № 7. p. 687 –701 (2019). (ISSN: 2236-269X).
4. Bliznjuk, O., Masalitina, N., Mezentseva, I., Novozhylova, T., Korchak, M., Haliasnyi, I., Gavrish, T., Fomina, I., Khalil, V., & Nikitchenko, O. Development of safe technology of obtaining fatty acid monoglycerides using a new catalyst. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Volume 2, № 6 (116), P. 13 – 18 (2022).
5. Корчак М.М. Дослідження характеру засміченості поля листостебельними та кореневими залишками після збирання кукурудзи / М.М. Корчак, С.В. Єрмаков // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. – Кам'янець-Подільський, 2007. Вип. 15. С. 498-504.
6. Корчак М.М. Результати відсіюючого та пошукових експериментальних досліджень подрібнювача рослинних залишків грубостеблових культур / М.М. Корчак // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Вінниця, 2011. Вип. 9. С. 76–94.
7. Корчак М.М., Дудчак Т.В., Вільчинська Д.В. Теоретичне обґрунтування робочого органу для вирівнювання ґрунту / Вісник Житомирського державного технологічного університету, Вип. 1, 2019. С. 69-76. (ISSN 1728-4260).
8. M. Korchak, S. Yermakov, V. Maisus, S. Oleksiyko, V. Pukas, I. Zavadskaya. Problems of field contamination when growing energy corn as monoculture. E3S Web of Conferences. Krynica, Poland. 6th International Conference – Renewable Energy Sources. Volume 154 (2020). (ISSN: 2267-1242). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015401009>.
9. Mykola Korchak, Serhii Yermakov, Taras Hutsol, Lesya Burko, Weronika Tulej. Features of weediness of the field by root residues of corn // Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference. Rezekne, Latvia, Volume 1, P. 122 – 126 (2021). DOI: 10.17770/etr2021vol1.6541.  
DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253655>.

10. Korchak, M., Bliznjuk, O., Nekrasov, S., Gavrish, T., Petrova, O., Shevchuk, N. Development of rational technology for sodium glyceroxide obtaining. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Volume 5, № 6 (119), P. 15 – 21 (2022).

DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265087>

11. Korchak, M., Bragin, O., Petrova, O., Shevchuk, N., Strikha, L. Development of transesterification model for safe technology of chemical modification of oxidized fats. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Volume 6, № 6 (120), P. 8 – 13 (2022).

DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266931>.

**52. М. М. Корчак, С. М. Грушецький, Н. І. Петрівський, М. О. Журбіцький, Подільський державний аграрний університет**

### **ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА ІНТЕНСИВНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ**

Пшениця має найбільшу частку експорту в українській економіці. Ця зернова культура незамінна у багатьох сферах, а в першу чергу – в харчовій промисловості. Вирощування пшениці завжди залишається прибутковим для агробізнесу, однак щоб отримати хороший урожай, потрібно пам'ятати деякі технологічні особливості вирощування пшениці й обирати оптимальний сорт.

*Сорти пшениці.* Озиму пшеницю висівають восени, а яру – навесні. Перший варіант має значно довший період вегетації в той час, як яра росте досить інтенсивно і швидко. При цьому яра пшениця цінується набагато вище, адже її зерно поживніше й корисніше. Недоліком ярих сортів вважається нестійкість до хвороботворних бактерій і псування різноманітними шкідниками [1].

Слід відмітити, що пшениця дуже чутлива до умов ґрунту. Наприклад, якщо попередником рослини буде кукурудза, рапс, гречка або зернобобові рослини, варто розраховувати на відмінний урожай. Вид ґрунту також має значення: краще всього пшениця росте на чорноземі, а оптимальний рівень кислотності ґрунту складає 6–7,5.

Також дуже важлива і температура повітря, при якій проходить процес вегетації рослини. Осима пшениця легко переносить морози в ґрунті, але з появою перших паростків зниження температури стає негативним для озимої пшениці. Яра пшениця більш чутливіша до падінь температури.

Інтенсивна енергозберігаюча технологія вирощування озимої пшениці знижує витрати праці на виробництво приблизно в 1,5–2 рази, за рахунок поєднання окремих видів робіт, виключення ручних обробітків, зменшення кількості технологічних операцій, в тому числі міжрядних обробітків [2].

Враховуючи природно-кліматичні фактори в умовах східної зони степу України, основною умовою, при виконанні технологічного процесу, буде боротьба за збереження вологи в ґрунті.

*Основний обробіток ґрунту.* Умови зони вирощування, місце озимої пшениці в сівозміні і особливості поля визначає систему і заходи основного обробітку ґрунту.

Заходи підготовки ґрунту диференціюються в залежності від попередника. Після ранніх культур виконується лущення ґрунту лущильником ЛДГ-10 (ЛДГ-15), або дискуванням за допомогою дискових борін БД-10 на глибину 6-8 см. При наявності на полі кореневідросткових бур'янів дискуванням або лущенням доцільно замінити на обробіток культиваторами плоскорізами КПШ-5 (КПШ-9) або ОПТ-3-5.

*Передпосівний обробіток ґрунту.* Ранньою весною, при настанні фізичної стиглості, поле, якщо це не було зроблено восени, слід вирівняти. Враховуючи стан ґрунту, якість оранки і величину схилу використовують важкі зубові борони, шлейф-борони, або культиватори в агрегаті з боронами, а також інші вирівнювачі. Використовувати ці знаряддя необхідно в залежності від ступеня стиглості ґрунту. Необхідної якості вирівнювання поля можна досягти використанням зубової борони БЗТС-1,0.

*Особливості посіву і дозрівання.* Строки посіву повинні вирішуватися для кожного господарства окремо, з урахуванням погодних умов. В першу чергу рекомендується висівати більш пізні гібриди, а закінчувати посів середньо-ранньостиглими. Посів проводять зерновими сівалками СЗ-3,6, СЗП-3,6, СЗА-3,6. Спочатку засівають поворотні смуги, а потім всю ділянку. Коткувати посіви слід при підвищеній грудкуватості і розпушеності поля. У випадку утворення щільної кірки після дощу її руйнують за допомогою ротаційних борін [3].

Посів проводиться одним з трьох найоптимальніших способів: перехресним, рядовим або вузькорядним. Кращу врожайність показують перехресний і вузькорядний способи. Ці види посіву запобігають засміченості ґрунту й дають повноцінно розвиватися кореневим системам рослини [4].

Стандарти висіву твердих сортів пшениці передбачають 5-6 млн насіння на один га площі, а м'яких сортів – близько 4-5 млн.

Хороша врожайність досягається завдяки оптимальному удобренню під час зростання. Стандартна технологія передбачає 1 кг фосфору, 2 кг калію і 3-4 кг азоту на 100 кг зерна та 100 кг соломи. Це співвідношення повністю відшкодовує потребу рослини в мікроелементах, які неможливо повністю отримати з ґрунту. Краще всього вносити добрива в період трубкування культури.

Існує шість фаз дозрівання пшениці: проростання, кущіння, формування стебла, колосіння, викидання квітки та дозрівання. Перші сходи з'являються вже через 15-25 днів після посіву, якщо температура повітря досягає 12-17 градусів. Найбільш активне зростання відбувається при показниках в 20-25 градусів. Кушіння настає при утворенні перших 3-4 листків. Посилити цей етап можна за допомогою внесення азотних добрив.

Стадія стеблуння спостерігається, коли утворюється перший стебловий вузол на висоті 5 см від ґрунту. Етап колосіння, що настає після стеблуння, характеризується викидом колосу. В цей час краще всього обробляти посів фунгіцидними засобами. Успішність цього періоду залежить від кількості вологи в ґрунті. Цвітіння відбувається через 2-3 тижні після колосіння. Під час останнього етапу, дозрівання, відбувається дозрівання і наливання зерна. Дуже важливо, щоб в цей час було достатнє зволоження, адже вода значно прискорює цей процес [5].

*Догляд за посівами.* Догляд за посівами включає в себе підтримання оптимального стану ґрунту, внесення добрив, боротьбу з бур'янами, шкідниками, при збереженні оптимальної густини стояння рослин.

В боротьбі з бур'янами головну роль відіграють агротехнічні заходи: правильне чергування культур, висока якість основного і передпосівного обробітку ґрунту, оптимальний строк і щільність посівів та інше. Хімічні засоби лише доповнюють їх і допомагають більш повному знищенню бур'янів.

Надійний захист посівів від шкідливих факторів є суттєвим резервом підвищення врожайності і підвищення його якості.

Ґрунтові гербіциди знищують більшість однорічних бур'янів, проте доцільно провести додаткове боронування за 4-5 днів до появи сходів середніми зубовими боронами БЗСС-1,0 (на схилах – під кутом 30-45° до напрямку посіву).

Один із способів, що дозволяє знизити витрати на удобрення і підвищити врожайність є некоренева підживлення рослин азотними добривами, для цього використовують зернові сівалки СЗТ-3,6.

*Збирання врожаю.* Для збирання озимої пшениці використовують зернозбиральні комбайни СК-5, СК-6, Дон-1200, Дон-1500 та інші.

#### Список літератури

1. Рожков А.О., Бобро М.А., Рижик Т.В. Урожайність зерна пшениці м'якої озимої залежно від впливу строків сівби та норм висіву // Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 1. С. 69–80.
2. Машиновикористання в землеробстві / Ільченко В.Ю., Нагірний Ю.П. [та ін.]. Київ : Урожай, 1996. 384 с.
3. Рубін С.С. Загальне землеробство / С.С. Рубін. Київ : Вища шк.: Гол. вид-во, 1976. 432 с.
4. Лихочвор В. В. Структура врожаю озимої пшениці / В. В. Лихочвор. Львів: Українські технології, 1999. 206 с.
5. Литвиненко М. А. Вплив строків сівби і сублетальних зимових температур на виживаність та врожайність озимої пшениці / М. А. Литвиненко, С. П. Лифенко // Вісник аграрної науки. 2004. № 5. С. 27-31.

### 53. О. С. Поліщук, Житомирський агротехнічний фаховий коледж

#### АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ КОНСТРУКЦІЙ РІЗУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОТОРНИХ КОСАРОК

Аналіз існуючих технічних засобів, що застосовуються при скошуванні рослинності, показує, що найбільш досконалими та надійними є роторні косарки з шарнірно закріпленими ножами, однак і вони не в стані достатньо ефективно обкошувати площі меліоративних систем, особливо за наявності на них чагарникової рослинності.

До відомих способів підвищення ефективності і надійності роботи роторних косарок можна віднести такі:

1. Застосування різання з ковзанням. Зменшити зусилля, що витрачається на зрізання без зміни кута загострення ножа, можна при різанні з ковзанням.

2. Підвищення колової швидкості роторів. Високі швидкості зрізання збільшують кінетичну енергію впливу ножів на стебла рослинності. Однак збільшення колової швидкості призводить до збільшення витрат енергії на зрізання.

3. Оптимізація маси та геометричних параметрів ножів ріжучого апарату. Ножі з більшою масою і більш віддаленим центром тяжіння в процесі взаємодії з рослинністю відхиляються на менший кут, що дозволяє збільшити енергію, що передається ї, як наслідок, підвищити ефективність скошування.

Незважаючи на досить тривалий досвід експлуатації роторних ріжучих апаратів, ножі сучасних машин для скошування трав мають велику різноманітність форм (рис. 1).

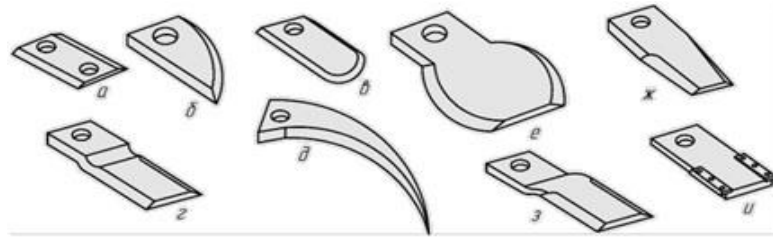


Рис. 1. Види ножів роторних косарок

*a* – ніж, що використовується фірмами Krone, Claas та ін; *б* – ніж з ріжучою кромкою, виконаною архімедової спіралі; *в* – ніж з дугоподібною торцевою ріжучою кромкою; *г* – ніж, який використовується фірмами Farendlose, I-H-C; *д* – ніж, виконаний у вигляді коси; *е* – ніж, який використовується фірмою Kuhn; *ж* – ніж, що використовується фірмами New Holland, Kuhn; *з* – ніж, який використовується фірмами Fahr, Farendlose, Zwegers; *и* – ніж у вигляді основи з прикріпленими ріжучими кромками

На рис. 1, *a* представлена конструкція ножа, використовувана наступними виробниками косарок: Fahr, Krone, Claas, Taarup, Welger, Rasspe, New Holland, Kuhn, Busatis, Zwegers, Farendlose, J-F, M-F, Kemper. Переваги цього ножа у простоті конструкції, а також у тому, що при зношуванні однієї ріжучої кромки є можливість її заміни шляхом повороту ножа на 180°. Крім того, переставляючи ніж на ротор з протилежним напрямом обертання, можна отримати додаткове робоче положення. У деяких ножів (рис. 1, *б*) робочі ріжучі кромки виконані по архімедовій спіралі для забезпечення чистого скошування (різання зі ковзанням). Його недоліком є складність виконання загострення. Торцевий край ножа, показаного на рис. 1, *в*, виконана дугоподібною з метою підвищення технологічних можливостей: трава зрізається прямолінійною частиною ножа, чагарник і дрібнолісся - опуклою. Недолік цієї конструкції полягає в тому, що при зносі прямолінійної частини ножа дугоподібна частина втрачатиме свою форму.

Конструкція ножа (рис. 1, *г*) зменшує висоту зрізання рослин і опір, що виникає при терті ножа про стерню. Використовується фірмами Farendlose, I-H-C.

На рис. 1 *д* представлений ніж, виконаний у вигляді коси з метою зниження енергоємності процесу скошування і забезпечення чистого зрізу рослин. До недоліків можна віднести складність конструкції ножа, а також те, що його можна використовувати тільки для тонкостеблової податливої трав'янистої рослинності. Збільшення ширини робочої зони ножа (рис. 1, *е*) дозволяє збільшити ресурс ножа, а криволінійні ріжучі кромки забезпечують різання зі ковзанням. Використовується фірмою Kuhn. Гвинтоподібна конструкція представлена на рис. 1, *ж* дозволяє знизити тертя ножа про стерню. Використовується фірмами New Holland, Kuhn.

Підйом ріжучих кромок ножа (рис. 1, *з*) диктується конструктивною особливістю кріплення до ротора. Його недоліком є збільшення висоти зрізання рослин. Такий ніж використовують фірми Fahr, Farendlose, Zwegers.

Всі представлені вище конструкції ножів роторних косарок використовуються в косарках сільськогосподарського призначення при скошуванні трав'янистої рослинності на відносно рівних поверхнях. Відома конструкція ножа (рис. 1, *и*), що є основою, на яку за допомогою штифтового з'єднання прикріплені ріжучі накладки. Недоліком даної конструкції є те, що при скошуванні рослинності істотно виступає вниз по відношенню до ріжучої кромки підстава стикається зі стернею, приводячи до відхилення ножа від радіального положення і знижуючи тим самим ефективність скошування.

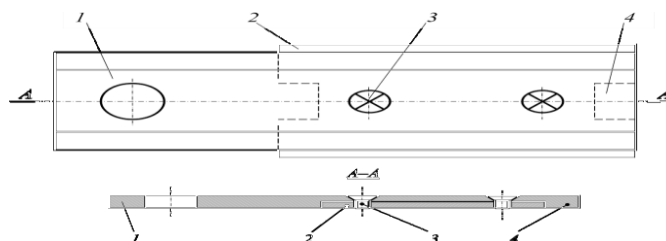


Рис. 2. Ніж роторної косарки з нерухомою ріжучою накладкою: 1 – основа; 2 – ріжуча накладка; 3 – гвинти; 4 – виступи

Для усунення цього недоліку пропонується конструкція ножа (рис. 2). Ніж зроблений у вигляді збірної конструкції, що включає в себе прямокутну основу 1 і ріжучу накладку 2, виконану з заточуванням з двох бокових сторін і має ширину, велику ширини основи, і прикріплену гвинтами 3 до його нижньої площини. На нижній площині підстави є виступи 4, а в торцевих краях ріжучої накладки - вирізи, які входять виступи 4 підстави. Використання ножа наведеної конструкції дозволить підвищити ефективність скошування за рахунок зменшення відхилення ножа під час роботи, оскільки він має більш віддалений центр тяжіння, а також знизити навантаження на гвинти кріплення ріжучої накладки.

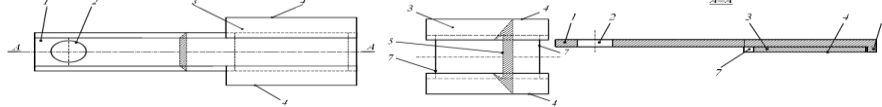


Рис. 3. Ніж роторної косарки з рухомою ріжучою накладкою

1 – основа; 2 – отвір для болта кріплення; 3 – ріжуча накладка; 4 – ріжучі кромки; 5 – паз у накладці; 6 – виступ основи; 7 – виріз у накладці

Ніж роторної косарки з рухомою ріжучою накладкою (рис. 3) працює в такий спосіб. Ріжуча накладка 3 встановлюється на прямокутне основа 1 шляхом насаджування і подальшого переміщення її від внутрішнього кінця основи з отвором 2 вздовж основи до упору вирізу 7 накладки в виступ 6. Шарнірно прикріплений до ротора за допомогою болта, що вставляється в отворі і ніж, що обертається разом з ротором, зустрічаючи рослинність, зрізає її ріжучою кромкою 4 накладки 3. З'єднання типу «ластівчин хвіст», що утворюється завдяки трапецієдального перерізу основи 1 і паза 5, запобігає спаду вниз ріжучої накладки, а діюча відцентрова сила притискає накладку 3 до виступу 6 і встановлює її в крайнє периферійне (найвіддаленіше від центру обертання) положення.

Для ефективного скошування рослинності пропонується конструкція трапецієподібного ножа (рис. 4), що являє собою сталеву пластину 1 з отвором 2 для з її кінців і має загострені бічні ріжучі кромки 3.

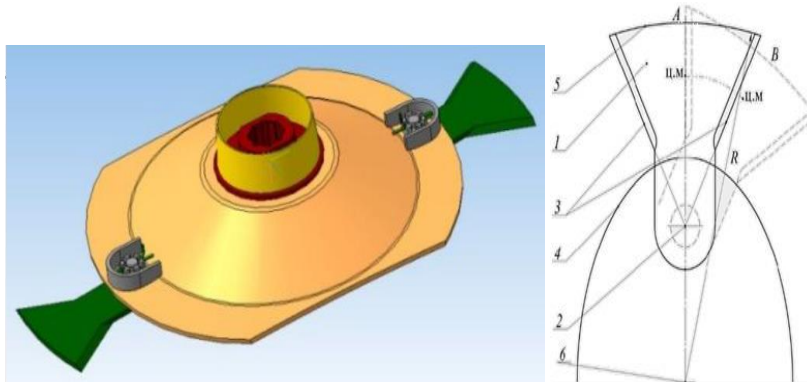


Рис. 4. Конструкція трапецієподібного ножа роторної косарки:

1 – пластина; 2 – отвір для болта; 3 - ріжучі кромки; 4 – ротор; 5 - торцева кромка ножа; 6 - вісь обертання ротора

Ніж шарнірно кріпиться до ротора 4, ріжучі кромки розташовані радіально по відношенню до отвору для болта кріплення і виконані розширюються до периферії, а зовнішня кромка торцева 5 виготовлена по дузі кола з центром, що збігається з центром 6 ротора. Частина ножа, що виступає за межі ротора, має форму, близьку до форми рівнобедреної трапеції. Працює ніж наступним чином. Обертається разом з ротором 4, шарнірно приєднаний до нього ніж 1, завдяки дії відцентрових сил, розташовується в радіальному положенні А. При зустрічі з рослинністю ніж зрізає її загостреною ріжучою кромкою 3. Виникаюча при цьому сила опору, що діє на ріжучу кромку з боку рослинності, відхиляє ніж назад проти напрямку обертання до положення В. Виникаюче ковзання ріжучої кромки по рослинності, що скошується, не призводить до збільшення відхилення ножа, так як сила тертя ріжучої кромки не відхиляє ніж внаслідок того, що плече сили тертя щодо центру отвору 2 у пластині дорівнює нулю, так як ріжуча кромка розташована радіально.

Завдяки тому, що трапецієподібна частина ножа яка виступає за межі диска розширюється до периферії, центр мас (ц.м.) ножа також зміщений до периферії, що збільшує плече відцентрової сили, що діє на ніж, і тим самим сприяє його стабілізації. Використання ножа роторної косарки запропонованої конструкції дозволить стабілізувати положення ножа під час роботи і, як наслідок, підвищити ефективність скошування рослинності.

Таким чином, запропоновані перспективні конструкції ріжучих елементів роторних косарок, дозволять використовувати косарки для скошування як трав'янистої, так і грубої товстостеблової рослинності.

#### Література

1. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В.В. Адамчука, М.І. Грицишина. Київ: Аграрна наука, 2012. 416 с.
2. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / за ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалю. Київ: Аграрна наука, 2004. 396 с.
3. Косарка дискова Mewa 1,65. Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1601/0712-02-2012. Магерів, 2012.
4. Косарки дискові серії GMD SELECT. Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1675/0707-02-2013. Магерів, 2013.
5. Косарки навесні дискові серії SILVERCUT, Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1664/0716-02-2013. Магерів, 2013.

**54. О. А. Махов, Житомирський агротехнічний фаховий коледж, С. В. Міненко, к.т.н., доцент, Л. Г. Савченко, к.і.н., доцент, Поліський національний університет**

#### **АНАЛІЗ ВІДМОВ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В СИСТЕМАХ ЗРОШУВАННЯ**

Відцентрові насоси - це один із найбільш широко використовуваних у світі тип насосів, який має широкий спектр застосування, проблеми, що виникають у цих машинах, впливають на технологічний процес вирощування та якісні і кількісні показники продукції рослинництва.

Проблеми розвитку крапельного зрошування розглянуті в дослідженнях [1], а в роботі [2] обґрунтовано необхідний рівень автоматизації екологічнобезпечної технології поливу в середовищі захищеного ґрунту, невід'ємною складовою якої є насосне технологічне обладнання при цьому. В аналізі [3] наведено загальну класифікацію систем зрошення та відображено вплив надійності насосного обладнання на технологічні процеси, що характерні для тепличних господарств.

В дослідженнях [4] проведено аналіз технічного стану складових систем зрошування рослин у умовах захищеного ґрунту та досліджено основні типи відмов які можуть виникати в процесі експлуатації відцентрових насосів. Як зазначається в роботі [5] кавітація виникає внаслідок зменшення всмоктувального тиску, збільшення температури всмоктування або збільшення витрати вище критичної.

В дослідженнях [6] зазначено що насоси не завжди працюють з піковою ефективністю, і намагаються врахувати робочий діапазон системи при цьому відцентровий насос, як правило, працює «комфортно» в діапазоні від 85% до 110% від найвищої точки ефективності. Однак багато насосів змушені працювати за межами цього діапазону. При цьому виробники насосного обладнання намагаються вирішити проблему кавітаційного спрацювання на конструктивному рівні, а саме забезпечити руйнування кавітаційних бульбашок не в насосі, а в основній системі трубопроводів.

В роботі [7] зазначаються, що зусилля на роторі насоса зазвичай складаються з динамічного циклічного компонента, який накладається на стаціонарне навантаження при цьому динамічний компонент швидко збільшується, коли насос працює у стані рециркуляції, під час низького потоку в системі. Статичне навантаження зростає як при роботі з низьким, так і при великому потоці, маючи мінімальне значення на рівні потоку кращої ефективності.

Шкідливим аспектом є статичне стаціонарне навантаження, яке може спричинити надмірне навантаження на підшипник, що може збільшити температуру до неприйнятної стану та призвести до короткого терміну служби підшипника. Як зазначається в роботі [8], більшість функціональних відмов опорного підшипника - це втомі через динамічні циклічні осьові навантаження на компоненти підшипника.

В роботі [9] ставиться акцент на технологію мащення, зазначається що мастило, яке відповідає вимогам заводу виробника не втрачає своїх експлуатаційних властивостей протягом 30 років при температурі експлуатації яка не перевищує 30° С, при цьому термін служби зменшується вдвічі за кожні 10 ° С підвищення температури мастила.

В дослідженнях [10, 11] відображено проблеми забезпечення необхідного рівня надійності технологічних систем та їх складових при вирощуванні продукції тепличної галузі та безпосередньо їх на продовольчу безпеку України.

Перспективою подальших досліджень є побудова графу технічних станів складових відцентрових насосів, що в найбільшій мірі впливають на надійність автоматизованої системи поливу в умовах вирощування продукції рослинництва захищеного ґрунту.

#### Список літератури

1. Голяка А. Проблеми розвитку крапельного зрошування/ А. Голяка, В. Савченко // Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С. 417–419.
2. Міненко С. В. Автоматизація екологобезпечної технології поливу рослин прилив-відлив в середовищі захищеного ґрунту / С. В. Міненко, В. М. Савченко // Органічне виробництво і продовольча безпека : [зб. доп. учасн. VI Міжнар. наук.-практ. конф.]. – Житомир : О. О. Євенок, 2018. – С. 263–267
3. Міненко С. В., Савченко В. М., Махов О. А. Аналіз технічного стану складових систем зрошування рослин в умовах захищеного ґрунту. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 198 «Механізація сільськогосподарського виробництва». 2019. С. 429-435.
4. О. А. Махов. Вплив надійностінасосного обладнанняна технологічні процеси в умовах захищеного ґрунту/ Махов О.А., С.В.Міненко, В. М. Савченко, О.А.Махов //Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 113-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906- 1987) 21-22 лют. 2019 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Національний науковий центр «ІМЕСГ» НААН. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2019 – С. 248-249
5. S. Shiels, "How centrifugal pump hydraulics affect rolling element bearing life," World pumps, vol. 1998.
6. S. Shiels, "Optimizing centrifugal pump operation," World pumps, vol. 2001.
7. Karassik, Igor J., J. P. Messina, P. Cooper, and C. C. Heald, Pump Handbook (3rd Edition). New York: McGrawHill, 2001.
8. R. Rayner, Pump Users Handbook. Oxford: Elsevier Advanced Technology 1995.
9. W. Mc Nally, "Troubleshooting the ball bearings in a centrifugal pump," World pumps, vol. 2004.
10. Бойко А.І. Проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в АПК України / А.І. Бойко, В. М. Савченко, В. В. Крот // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. –2016. –№ 6.–С. 200-2003.
11. Яковчук В.П. Вплив технічного стану культивацийних систем захищеного ґрунтуна продовольчу безпеку України/ В.П. Яковчук, В. М. Савченко//Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 113-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906- 1987) 20-21 лют. 2020 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Національний науковий центр «ІМЕСГ» НААН. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 20 – С. 189-191

**55. К. В. Борак, д.т.н., доцент, Житомирський агротехнічний фаховий коледж, С. Д. Сидорчук-Шмідт, спірант, Поліський національний університет, м. Житомир**

#### **ОСОБЛИВОСТІ ЗНОШУВАННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ СПРЯЖЕНЬ СТРИЛИ ЕКСКАВАТОРА**

В процесі експлуатації екскаватора, змащувальна мастило, яке знаходиться в трибостраженні стріли екскаватора піддається забрудненню сторонніми тілами. Процес тертя значно погіршується при попаданні абразивних частинок в масляний шар, яки розділяє поверхні тертя деталей трибоспряження. Погіршення процесу тертя особливо значно тоді, коли стороннє тіло має високу твердість, міцність і форма тіла має гострі виступи, як наприклад частинки діоксин кремнію або частинки металеві стружки.

Стороннє тіло, яке попало в мастильний шар, рухається в потоці мастила, якщо його розмір менше мінімальної товщини масляного шару, то стороннє тіло не здійснює значного впливу на роботі трибоспряження. Якщо розмір стороннього тіла більше мінімальної товщини масляного шару, то відбудеться взаємодія абразивної частинки з поверхнями деталей трибоспряження, внаслідок чого відбувається пошкодження обох робочих поверхонь. Стороннє тіло буде затиснено між поверхнями тертя і буде сприймати частину навантаження. При цьому воно може:

- проникнути в менш твердий елемент пари тертя і буде представляти собою мікрорізець у вигляді твердого тіла та знімати мікростружку (рис. 1);



- перекочуватися між поверхнями тертя і проводити наклеп поверхневого шару металу;
- утворювати борозни на поверхні тертя без зняття мікростружки.

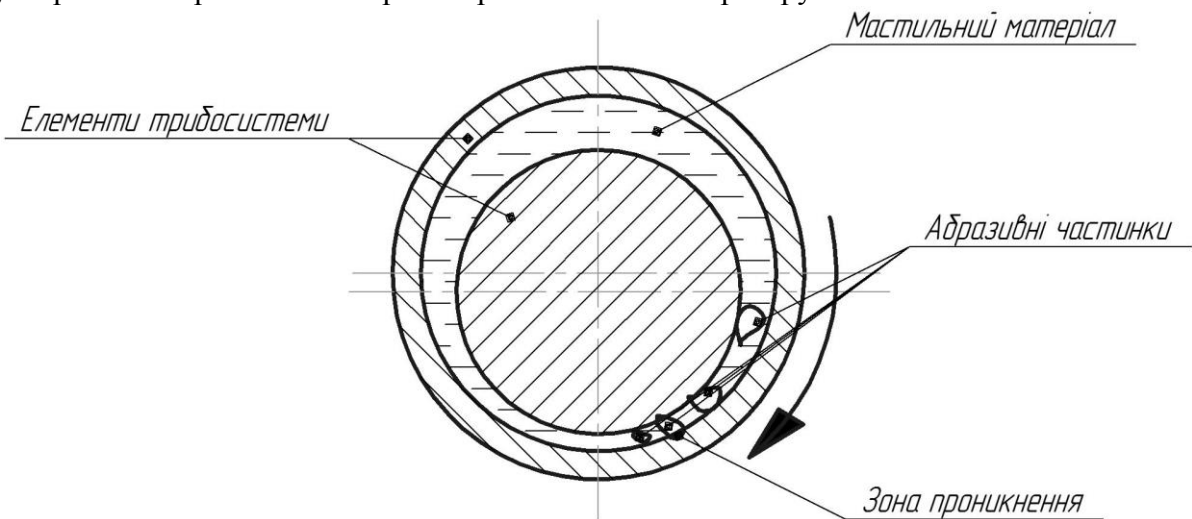


Рис. 1. Схема взаємодії абразивних частинок з поверхнями тертя триботехнічних спряжень стріли екскаватора.

Такий «мікрорізець» дряпає елементи пари до того часу, поки виступаюча частина стороннього тіла не стане менше мінімальної товщини мастильного шару. При цьому відбувається «оранка металу», руйнування плівки мастила і оксидів, виникнення чистих незахищених ділянок металу, на поверхні яких особливо проявляється молекулярне тертя. Якщо поверхні обох елементів трибосистеми достатньо тверді, то стороннє тіло переміщується в зазорі, перемелюється, і в даному випадку відбувається дряпання і наклеп поверхонь тертя. Всі ці процеси викликають підвищення температури шару оливи та погіршення якості поверхні. Локальні місця абразивного зношування являють осередком наступних корозійних процесів. Слід відмітити, що процес перемелювання абразивних частинок також проводить до підвищення температури всіх елементів трибосистеми.

Таким чином забруднення шару мастила є небезпечним чинником, який призводить до зменшення надійності всього трибоспряження.

## 56. М. Б. Медяний, Покровське вище професійне училище Дніпропетровської обласної ради ЗАСТОСУВАННЯ РОБОТОТЕХНІКИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Робототехніка та автоматизація робочих процесів вже давно перестали бути частиною наукової фантастики та стали важливою частиною сучасного світу. Технологічний прогрес неухильно рухається вперед, і його вплив на життя кожного з нас стає дедалі помітнішим. Історія робототехніки починається з давніх цивілізацій. Одним із перших відомих механічних пристроїв був «Антикитерський механізм», виявлений на дні моря біля острова Антикитера у Греції. Цей механізм створений близько 100 року до н. е., був складним механічним календарем та пристроєм для вирішення астрономічних завдань одночасно. З розвитком промислової революції, у XIX столітті почалося використання механічних пристроїв для автоматизації робочих процесів. Одним із найвідоміших прикладів став механічний ткацький верстат, створений Едмундом Карптрайтом у 1785 році. Цей верстат був провісником сучасних роботів. Сучасні роботи — це набагато складніші пристрої, ніж їхні попередники. Вони оснащені сенсорами, штучним інтелектом та підтримують технологію машинного навчання. Завдяки цьому, вони здатні виконувати різноманітні завдання: від збирання автомобілів до керування літальними апаратами. Роботи вже активно впроваджуються у робоче середовище, співпрацюючи з людьми та виконуючи завдання, які раніше були недоступні для автоматизації. Вони: здатні замінити людину у багатьох галузях та працювати у високопродуктивному та інтенсивному режимі; забезпечують високу точність виконуваних операцій; можуть імітувати біокінетику тіла людини та тварин і допомагають повернути мобільність людям з обмеженими фізичними можливостями; ефективно виконують свою функцію у складних умовах експлуатації, наприклад, при наявності радіації та впливі високих температур.

Роботи стали невід'ємною частиною виробництва у різних галузях. Вони здатні виконувати складні та рутинні завдання з високою швидкістю та точністю.

Технологічні досягнення в сільськогосподарській галузі задовольняють дедалі більший попит на автоматизацію, цифровізацію та екологічну раціональність господарств. Новітні тенденції в сільському господарстві знаменують перехід до розумного землеробства й ефективного використання часу та

ресурсів з одночасним зменшенням втрат врожаю. Розумне землеробство – це перспективна концепція, за якої у веденні сільського господарства використовуються такі технології, як інтернет речей (ІР), комп'ютерний зір і штучний інтелект (ШІ).

Роботи та дрони прискорюють автоматизацію ферм, замінюючи ручну роботу на фермі, наприклад збір фруктів, знищення бур'янів або дощування. Знімки з безпілотників і супутників у поєднанні з глобальною системою позиціонування (GPS) надають зображення полів, які мають високу роздільну здатність і враховують конкретну місцевість. Також пристрої ІР, що працюють на базі сенсорних технологій, збирають дані про поле в реальному часі, що дозволяє фермерам ухвалювати рішення на підставі конкретних даних.

Нестача робочої сили є критичною проблемою, з якою стикаються в сільському господарстві і вона стає ще більшою, коли йдеться про масштабні агротехнічні роботи. Тому стартапи виробляють сільськогосподарських роботів, які допомагають фермерам у зборі фруктів, урожаю, посадці, пересаджуванні, обприскуванні, посіві та прополюванні. Усе частіше у сільському господарстві застосовують роботів для автоматизації повторюваних операцій у полі. Вони використовують розумні сільськогосподарські машини, як-от автономні та напівавтономні трактори, для збирання врожаю. Трактори також оснащені технологією автокерування для полегшення навігації по полю. Крім того, роботи використовуються і в автоматизованих системах управління тваринництвом. Сюди входять автоматизовані ваги, інкубатори, доїльні апарати й автогодівниці. Роботи дозволяють фермерам більше зосередитися на поліпшенні загальної продуктивності та не турбуватися про те, що їхні сільськогосподарські процеси повільні. Вони також запобігають людським помилкам і забезпечують зручність завдяки автоматизації.

Американський стартап Advanced.Farm використовує технології робототехніки в розробці рішень для автономного збирання врожаю та навігації на полях. Вони використовують роботів, оснащених стереокамерами, для виявлення та збирання свіжої продукції залежно від розміру й стиглості. Також вони створюють безпечні для харчових продуктів затискачі для відділення фруктів від рослин. Канадський стартап Nexus Robotics розробляє робота Le Chevre, який знаходить і видаляє бур'яни з полів. Робот використовує алгоритми глибокого навчання та камери, щоб розрізняти бур'яни та сільськогосподарські культури. Це дозволяє йому правильно ідентифікувати бур'яни та видаляти їх без шкоди для посівів. Він також збирає дані про умови вирощування сільськогосподарських культур, які допомагають фермерам ухвалювати обґрунтовані рішення.

Впровадження штучного інтелекту в сільське господарство надає цінну інформацію про стан поля в режимі реального часу, допомагаючи їм бути проактивними. ШІ надає попередню цінну інформацію для прогнозування погодних даних, урожайності та цін, яка допомагає фермерам ухвалювати обґрунтовані рішення. Чат-боти надають пропозиції та рекомендації. Алгоритми штучного інтелекту й машинного навчання автоматизують розпізнавання аномалій і хвороб у рослин і худоби. Це дає змогу своєчасно їх виявляти і в разі потреби вживати коригувальних дій. Алгоритми машинного навчання застосовуються також і в біотехнологіях для надання рекомендацій з генного відбору.

Поліпшення продуктивності ферми з одночасним заощадженням витрат – це складне завдання. Але дрони, також відомі як безпілотні літальні апарати (БПЛА), допомагають фермерам ефективно долати ці труднощі. Дрони збирають первинні дані, які перетворюються на корисну інформацію для моніторингу роботи ферм. Оснащені камерами дрони полегшують аерофотозйомку та огляд полів, розташованих як на близькій, так і на далекій відстані. Ці дані оптимізують застосування добрив, води, насіння й пестицидів, забезпечуючи в такий спосіб точне землеробство. Крім того, дрони полегшують відстеження худоби, геозонування та моніторинг випасу. Вони літають над полями й роблять фотографії, які ранжуються від простих фото у видимому світлі до багатоспектральних зображень, які допомагають в аналізі врожаю, ґрунту та полів. Незважаючи на те що дрони не підходять для моніторингу домашньої птиці, оскільки їх рух лякає птахів, вони ефективні для моніторингу худоби, зокрема випасу, та догляду за сільськогосподарськими культурами. Стартапи також працюють над дронами, які будуть здатні вимірювати рівень хлорофілу, ріст бур'янів, а також мінеральний і хімічний склад ґрунту.

Галузь сільського господарства знаходиться на етапі революційного технологічного розвитку, особливо в розвинених країнах. У країнах, що розвиваються, темпи впровадження досить повільні, але також набирають обертів. Розумне землеробство робить сільське господарство більш прибутковим для фермерів. Доступ до інформації про конкретні локації, прогнози погоди та прогнози урожайності дають змогу застосовувати проактивні підходи у веденні сільського господарства. Низка різних технологій узгоджено працюють, щоб забезпечити легшу, точнішу та швидшу роботу фермерських господарств.

Сучасне сільське господарство завдяки використанню пристроїв IP, сенсорів і автоматизованих систем навіть дає змогу фермерам працювати з дому.

#### Література

1. 10 найкращих тенденцій, технологій та інновацій у сільському господарстві за 2022 рік. Електронний ресурс. Доступ: <https://dia.dp.gov.ua/10-najkrashhix-tendencij-texnologij-ta-innovacij-u-silskomu-gospodarstvi-za-2022-rik/>
2. Ми створюємо роботів для наступного рубежу сільського господарства. Електронний ресурс. Доступ: <https://advanced.farm/>
3. Nexus Robotics La Chèvre: Автономний робот для прополювання бур'янів. Електронний ресурс. Доступ: <https://agtecher.com/uk/product-uk/nexus-robotics-la-chevre/>

### **57. М. О. Кіриєнко, Б. А. Сорока, Житомирський агротехнічний фаховий коледж** **ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЮВАЛЬНОЇ** **ОБРОБКИ В МАШИНОБУДУВАННІ**

У більшості випадків за необхідності поєднання в одному матеріалі протилежних властивостей можна керуватися принципом поєднання необхідного з достатнім: досягнення нормованого рівня необхідної властивості за умови забезпечення достатнього рівня інших властивостей. Зрозуміло, для кожного класу матеріалів у цей принцип вкладається характерний зміст залежно від їх функціонального призначення.

Таким чином, після визначення конструктивних параметрів деталі та умов її роботи, насамперед зусиль, що діють на неї обґрунтований підхід до вибору матеріалу з використанням принципу поєднання необхідного з достатнім повинен здійснюватися матеріалознавцями, які знають особливості взаємозв'язку складу, технології отримання та обробки, будови і властивостей матеріалів. Ці зв'язки, експериментально відпрацьовані, і є металознавчою основою інженерних критеріїв вибору матеріалів і технологій, що формують властивості матеріалу в деталях.

Обраний матеріал повинен забезпечувати успішну роботу деталі в конструкції. Після зміцнювальної обробки властивості його повинні гарантувати необхідну від виробу якість, насамперед за показниками надійності у відповідних умовах експлуатації. Останні знаходять своє вираження у вимогах, що пред'являються до виробу загалом і кожної деталі окремо. Такі вимоги стосовно до виробництва формулюються здебільшого за показниками стандартних випробувань. Що ж стосується експлуатаційних властивостей, то їх враховують або побічно, або безпосередньо в якісній постановці.

Отже, перший і основний принцип вибору матеріалу деталі - необхідність задоволення пропонованих до неї вимог і забезпечення заданої надійності виробу в усіх режимах його експлуатації. Можливість використання того чи іншого сплаву в промисловості для масового або великосерійного виробництва визначається експлуатаційними властивостями, та технологічними властивостями, тобто тими властивостями, які обумовлюють поведінку сплаву в процесі виготовлення з нього виробів. До технологічних властивостей належать ливарні властивості, здатність до обробки тиском, оброблюваність різанням, зварюваність. Нерідкі випадки, коли сплав з дуже хорошими експлуатаційними властивостями не знаходить застосування через погані технологічні властивості.

Наступним важливим принципом вибору матеріалу і зміцнювальної технології є економічна ефективність. Це широке і не завжди однозначне поняття. Говорячи про економічну ефективність, зазвичай мають на увазі забезпечити мінімуму вартості та охарактеризувати витрати на виробництво. Важливою в цьому відношенні є технологічність матеріалу під час виготовлення деталі. Водночас до економічної ефективності можна віднести і матеріаломісткість, яка прямо пов'язана з вартістю що відбивається на енерговитратах під час використання виробу за призначенням, що знову-таки впливає на вартість через витрати на експлуатацію.

При виборі матеріалу важливо також враховувати дефіцитність його самого, так само як і дефіцитність компонентів, що входять до нього, тобто наявність у країні та поширеність у природі.

Під час вибору матеріалу і технології зміцнювальної обробки відповідної деталі слід враховувати необхідність охорони праці та навколишнього середовища. Матеріал, та його вихідні і побічно одержувані продукти не повинні завдавати шкоди здоров'ю людини і шкоди навколишньому середовищу.

**МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ**

Попит українських фермерів на якісні засоби механізації сільськогосподарських процесів робить забезпечення довговічності таких агрегатів актуальним. Агрегати індивідуального доїння сільськогосподарських тварин давно і широко використовуються українським фермером. Оснащення таких агрегатів водокільцевими вакуумними насосами знайшло підтримку у споживачів.

Практика експлуатації водокільцевих вакуумних насосів у складі агрегатів індивідуального доїння свідчить про те, що їхня працездатність обмежена утворенням накипу [1] на поверхні сталевих крильчаток. Цей недолік було усунуто заміною сталевих крильчаток на крильчатку з поліпропілену. Однак така заміна призвела до необхідності розгляду питань міцності та жорсткості через відносно низький [2] модуль пружності поліпропілену –  $E = 1670 \text{ Н/мм}^2$  та межі міцності  $\sigma_p = 25 \text{ Н/мм}^2$ .

Однак слід враховувати і можливість появи ефекту повзучості, оскільки температура робочої рідини насоса [1] в умовах нормальної експлуатації перебуває в межах  $55 - 60 \text{ С}^0$  а прояв повзучості у поліпропілену [2] можливий уже за умов  $20 \text{ С}^0$ . Отримання даних про виникнення і величину деформацій повзучості можливе тільки експериментальним шляхом.

Виходячи з розрахункових параметрів крильчатки [2], з поліпропілену були виконані дослідні зразки крильчатки водокільцевого вакуумного насоса для проведення прискорених ресурсних випробувань. Форсування випробувань проводилося за рахунок підвищення температури робочої рідини насоса в 1,4 раза, що становить  $77 - 80 \text{ С}^0$ . Такий режим було досягнуто за допомогою встановлення індикатора КИ-4840 замість вакуумрегулятора на експериментальній установці.

Тривалість випробувань становила 85 годин, після чого було проведено вимірювання залишкової деформації лопаток крильчатки з поліпропілену. Для цього було використано розроблений метод вимірювання [3] залишкової деформації лопаток крильчатки за допомогою вимірів переміщення контрольних міток (Рис. 1), які були нанесені перед початком випробувань на поверхню крильчатки в місцях очікуваної максимальної деформації крильчатки і в місцях її відсутності (базові мітки). Після нанесення міток, згідно з розробленим методом вимірювання залишкових деформацій, було проведено сканування поверхні крильчатки та фіксація положення контрольних міток.

Після 85 годин прискорених ресурсних випробувань, форсованих за температурою, було проведено замір положення контрольних міток. Згідно з розробленим методом вимірювання залишкових деформацій сканування поверхні експериментального зразка здійснювали з десятикратним повтором як до початку випробувань, так і після їхнього призупинення. Після сканування на отриманих зображеннях проводили побудову допоміжних трикутників (Рис. 1), що з'єднують контрольну мітку  $b$ , в області максимальних переміщень і дві найближчі базові мітки  $a$  і  $c$ , розташовані в області відсутності переміщень.

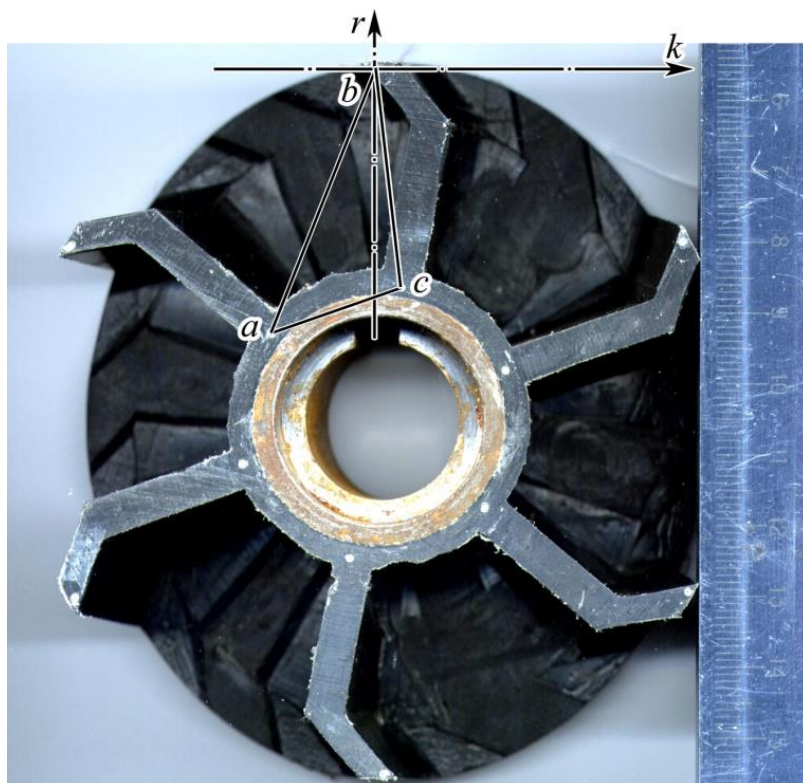


Рис.1 Розташування контрольних міток на крильчатці.

У результаті обробки зображень поверхні поліпропіленової крильчатки було отримано два види допоміжних трикутників ( $\Delta abc$  - напрацювання 0 годин і  $\Delta a'b'c'$  - напрацювання 85 годин), що з'єднують однойменні контрольні мітки. Накладення відповідних трикутників  $\Delta abc$  і  $\Delta a'b'c'$  один на одного за допомогою графічного редактора дало змогу отримати 10 пар переміщень уздовж радіальної  $r$  і дотичної  $k$  вісей (Рис.1, 2).

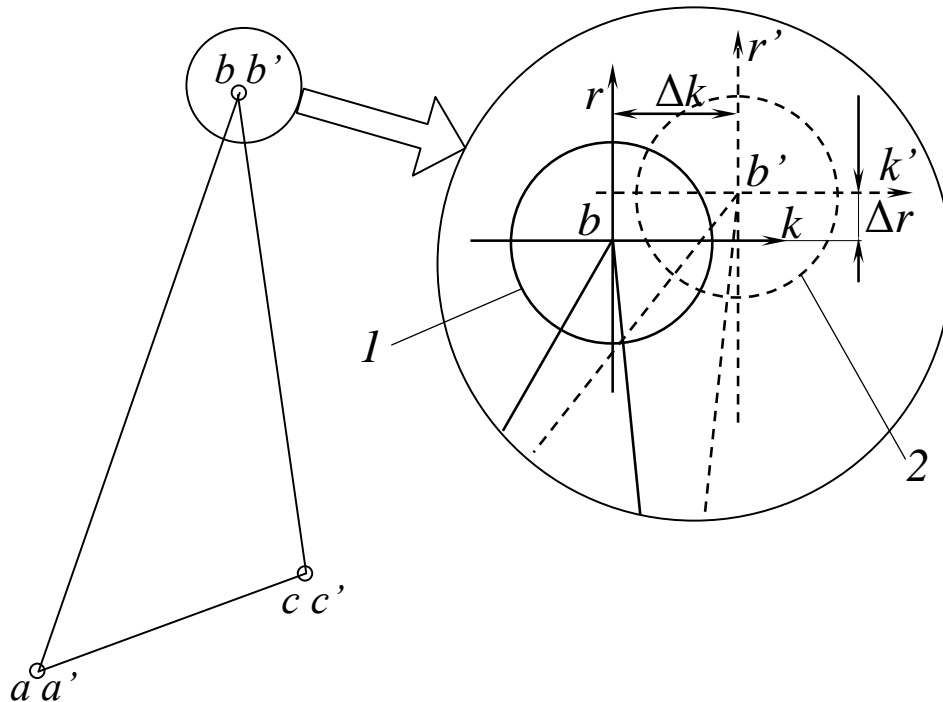


Рис. 2 Схема вимірювання переміщення контрольних міток.

1 - положення контрольної мітки до початку випробувань;

2 - положення контрольної мітки після призупинення випробувань.

Отримавши середні значення переміщень контрольних міток уздовж радіального і дотичного напрямків, у результаті було встановлено абсолютну величину повного переміщення точки  $b'$ , яка після 85 годин прискорених ресурсних випробувань становила 0,234 мм.

Отже можна зробити висновок, що наведена методика визначення залишкових деформацій має достатньо чутливий тензор визначення переміщень, а статистичний підхід в обробці отриманих зображень дозволяє суттєво знизити вплив оптичної похибки. Таким чином універсальність та точність описаного методу робить його актуальним для використання при дослідженнях об'єктів складної геометричної форми, яка унеможливує використання сертифікованого метричного обладнання.

Список використаних джерел

1. Алферов А.И. Ресурсные испытания и оценка долговечности крыльчатки вакуумного насоса доильного агрегата / А.С. Гринченко, А.И. Алферов // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: 2007. - Вип.6 - С.81-86.
2. Алферов А.И. Исследование процесса повреждаемости крыльчатки водокольцевого вакуумного насоса доильного агрегата. Проблемы надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. (м. Харків). 2007. Вип.51. С. 246-252.
3. Алферов А.И., Гринченко А.С. Определение остаточных деформаций крыльчатки водокольцевого вакуумного насоса с применением компьютерных технологий. Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. (м.Харків). 2006. Вип. 44. Т. 2. - С.269-273.

59. *О. І. Алфьоров, Д. Рудь, Сумський національний аграрний університет*

### РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ПРИСКОРЕННЯ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ ТРАКТОРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

До категорії основних та важливих напрямів у сучасній інженерії належить проблема надійності, вирішення якої значною мірою залежить від розвитку теорії та її застосування.

Розвиток та застосування теорії надійності у всіх галузях промисловості не викликає сумнівів у тому, що і в сільськогосподарському машинобудуванні є велика доцільність у використанні її методів для підвищення якості виробів, що випускаються. Актуальність проблеми надійності для тракторів та сільгоспмашин все підвищується, оскільки зростає їхня складність напруженості роботи. Підвищення енергонасиченості веде до зростання динамічних навантажень, вібрацій тощо, що, своєю чергою, зумовлює збільшення ймовірності виникнення відмов. У зв'язку з цим машини стають більш чутливими до якості виготовлення, дотримання правил технічного обслуговування, до зміни режимів роботи та ін. необхідний рівень їхньої надійності.

До потужних сучасних методів, що дозволяють різко скоротити терміни доведення рівня надійності машин, належать методи прискорених випробувань [1-5].

Проведення прискорених випробувань може мати подвійний ефект: по - перше, при проведенні (виявленні) недостатності ресурсу, вжито заходів для його збільшення заводом - виробником, по-друге, якщо знати мінімальний гарантований ресурс, то в експлуатації можна заздалегідь, перед сезоном, оперативно замінити «слабкі» деталі на нові, спланувати заміну нових деталей та уникнути втрат.

Для оцінки очікуваного коефіцієнта готовності техніки в період польових робіт, що характеризує можливість своєчасного їх виконання, розрахуємо коефіцієнти готовності для одного з основних типів тракторів класу 30кН.

Нормативний коефіцієнт готовності:

$$K_r = \frac{1}{1 + 0,001V_e} \quad (1)$$

для тракторів класу 30кН приймаємо  $K_r = 0,887$ ;

де  $V_e$  - втрати часу на усунення відмов, що виникали під час експлуатації за період роботи трактора 1000 мото-годин.

Для типів тракторів класу 30кН:

$$K_r = \frac{1}{1 + 0,001 \cdot 1651} = 0,377$$

Для того, щоб підвищити коефіцієнт готовності тракторів до нормативного, необхідно зменшити втрати часу на усунення відмов шляхом підвищення ремонтно-експлуатаційних показників, за допомогою цього можна збільшити значення коефіцієнта готовності від 0,337 до 0,887 тобто на 0,51 для тракторів класу 30кН.

Одним з ресурсолімітуючих елементів трактора є муфта зчеплення [6-9].

Встановимо режими прискорених стендових випробувань на зношування елементів муфти зчеплення трактора на стенді для випробування муфти зчеплення на довговічність, та визначимо коефіцієнт прискорення випробувань  $K_r$ .

Вихідні дані:

$$\nu = 1,4; t_{e2} = 6 \text{ год}; t_{y2} = 24 \text{ год}; \frac{V_{np}}{V_y} = 1,4; K_{y3} = 300; \frac{Q_y}{Q_3} = 1,3; \frac{V_y}{V_3} = 1,03;$$

Основними шляхами досягнення прискорення при випробуваннях є ущільнення режимів роботи, збільшення навантаження та швидкості роботи [4].

Режим ущільнення реалізується внаслідок дії наступних факторів [4, 10]:

- врахуванням коефіцієнта прискорення  $K_{y1n}$  при розрахунку результатів прогнозування надійності за результатами випробувань, що визначається за формулою:

$$K_{y1n} = \left( \frac{V_{np}}{V_y} \right)^{1/\nu} \quad (2)$$

де  $\frac{V_{np}}{V_y} = 1,4$  - характеристика режиму прискорених випробувань, що визначають величину коефіцієнта;

$\nu$  - параметр, що характеризує працездатність об'єкта,  $\nu = 1,4$ ;

$$K_{y1n} = 1,4^{1/1,4} = 1,27$$

- врахуванням коефіцієнта  $K_{y2}$ , що відображає добове збільшення періоду роботи випробувань на стенді:

$$K_{y2} = \frac{t_{y2}}{t_{e2}}, \quad (3)$$

де  $t_{y2}$  - добовий час роботи випробувального стенду,  $t_{y2} = 24$  год;

$t_{e2}$  - добове завантаження об'єкта в експлуатації,  $t_{e2} = 6$  год.

$$K_{y2} = \frac{24}{6} = 4.$$

Максимально можливе розрахункове значення коефіцієнта прискорення при вибраних режимах прискорених випробувань:

$$K_y = K_{y1n} \cdot K_{y2} \cdot K_{y3}, \quad (4)$$

де  $K_{y3}$  - коефіцієнт, реалізований внаслідок збільшення щільності циклів навантаження,  $K_{y3} = 3,00$

$$K_y = 1,27 \cdot 4 \cdot 3,00 = 15,24$$

Таким чином маємо значення коефіцієнта прискорення на рівні 15. Для збільшення цього значення доведеться значно посилити швидкісний та силовий режими навантаження при випробуваннях.

#### 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 О.; Алфьоров О. Основи прогнозування та управління надійністю в умовах екстремальних навантажень; ТОВ "Планета - Принт": Харків, Україна, 2017; 136с.
3. Гринченко А.С.; Алфєров А.И. Прогнозирование надежности элементов машин при случайном пуассоновском потоке экстремальных нагружений. Научный журнал «Технический сервис агропромышленного, лесового та транспортного комплексів». 2017, 7, 141–148.
4. Гринченко О.С.; Кухтов В.Г.; Алфьоров О.І. Надійність машин: Практикум; ТОВ «Планета - Принт»: Харьков, Украина, 2018; 140с.
5. Стандарт Мінагрополітики України. Випробування сільськогосподарської техніки. Оцінювання показників надійності при скорочених ресурсних випробуваннях / В. Кухтов, О. Гринченко, О. Алфьоров [та ін.] // СОУ 74.3-37-04604309-904:2011. – Київ, 2011. – 16 с.
6. Александров Є.Є., Самородов В.Б., Волонцевич Д.О., Палащенко А.С. Колісні та гусеничні машини високої прохідності. У 10-ти томах. Том 3: Безступінчасті трансмісії: розрахунок та основи конструювання. - Харків, ХДПУ, 1997. -185с.
7. Самородов В.Б., Рогов А.В., Бурлига М.Б., Самородов Б.В. Критичний огляд робіт у галузі тракторних гідроб'ємно-механічних трансмісій // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск "Автомобілі і тракторобудування". - 2003. -№ 4, с. 3-19.
8. Таран І.О. Рішення задач пошуку раціональних параметрів трансмісій шахтних дизелевозів методами прямої оптимізації / Таран І.О., Трубіцин М.М., Клименко І.Ю. // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2015. – №34 (1143). – С. 49-58.
9. Bondarenko A.I., Mittsel M.O., Kogushko A.P. Laboratory Stand for Research of the Workflow in Hydrostatic Mechanical Transmissions // Materials of the IX International Research and Practice Conference «European Science and Technology», 24 – 25 December 2014, Munich, Germany / «Strategic Studies Institute». – Munich: «Strategic Studies Institute», 2014. – Vol. II. – P. 289 – 295.
10. Кухтов В.Г. Довговічність деталей шасі колісних тракторів. - Харків: ХНАДУ, 2004. – 292 с.

#### **60. М. Г. Макаренко, Державний біотехнологічний університет**

##### **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МАШИН ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА - ПРОБЛЕМИ І РІШЕННЯ**

Сучасне рослинництво стикається з низкою викликів, серед яких необхідність збільшення виробництва продукції, підвищення ефективності робіт, збереження та збалансоване використання земельних ресурсів. Машини для рослинництва вважаються ключовим елементом у вирішенні цих проблем. Вони здатні забезпечити високу автоматизацію виробництва та оптимізувати процеси вирощування рослин, та реалізувати швидко та ефективно виконання технологічних процесів. Крім того автоматизація дозволяє значно збільшити продуктивність праці та знизити витрати на робочу силу [1].

Стан та перспективи розвитку машин для рослинництва в Україні залежать від кількох факторів, включаючи технологічні можливості, економічну ситуацію та аграрну політику країни. В цілому

Україна має потужний аграрний сектор і великий обсяг земельних ресурсів, що вимагає високоефективних механізованих рішень для робіт у сільському господарстві. На сьогоднішній день на ринку присутні різноманітні машини для рослинництва і спостерігається збільшення зацікавленості до модернізації та інновацій у перспективні машини. Цей напрямок охоплює впровадження новітніх технологій у виробництво машин для рослинництва, оснащених автоматичними системами, навігацією та адаптивним керуванням, використання даних та інші [2].

Зростаюча увага до екологічних питань та підвищення вимог щодо ефективності виробництва змушують виробників машин для рослинництва шукати більш екологічні та економічні рішення. Це може включати розробку та впровадження енергоефективних технологій з малим викидом вуглецю.

Сучасні машини для рослинництва дозволяють здійснювати обробку рослин з високою точністю та однорідністю. Це допомагає забезпечити оптимальні умови для росту рослин, запобігає перекриттю та огріхів на полях, що в свою чергу забезпечує максимальний врожай. Їх використання дозволяє збільшити урожайність та покращити якість продукції. Оптимальні умови для росту та розвитку рослин, забезпечені машинами, сприяють формуванню здорових та сильних рослин, які дають високий врожай з більшою витривалістю до шкідників та хвороб.

Таким чином машини для рослинництва відіграють ключову роль у вирішенні проблем збільшення виробництва, підвищення ефективності виробництва та збалансованого використання земельних ресурсів шляхом забезпечення оптимальних умов для росту рослин та раціонального використання ресурсів.

У сучасному розвитку сільського господарства та рослинництва ключовим є використання сучасних цифрових технологій, таких як сенсори, системи GPS, дрони та інтелектуальні алгоритми аналітики даних, що дозволяють збирати великі обсяги інформації про стан поля, рослин та урожай. Це дозволяє аграріям приймати необхідні рішення щодо оптимального використання ресурсів та оптимізації виробничих процесів.

Використання машин з автоматизованими системами керування, використання даних для оптимізації виробництва та впровадження робототехніки в рослинництві має значний потенціал для підвищення ефективності та продуктивності галузі. Впровадження робототехніки у сільське господарство дозволяє автоматизувати значну кількість процесів вирощування рослин, що зменшує витрати на робочу силу, підвищує продуктивність та забезпечує більш точні результати [3, 4].

Машини з автоматизованими системами керування можуть точно виконувати задані параметри технологічних процесів, такі як оптимальна швидкість, глибина обробки, розміщення на полі. Вони забезпечують оптимізацію використання ресурсів, таких як паливо, добрива та вода, шляхом точного дозування та використання їх саме там, де це потрібно, без зайвих витрат. Крім того використання таких систем дозволяє знизити потребу у людській праці та мінімізувати ризики для операторів машин, забезпечуючи безпеку та ефективність виробництва [5].

Отримані в процесі моніторингу дані (про стан рослин, ґрунту, погодні умови та інші фактори) можуть бути використані для оптимізації виробничих процесів. Наприклад, на основі даних про вологість ґрунту та погодних умов можна оптимально регулювати полив та внесення добрив. Крім того аналіз даних може допомогти прогнозувати урожайність та визначати оптимальний час для посіву, обробки та збору врожаю, що дозволяє інтенсифікувати виробництво, створювати персоналізовані підходи для кожної ділянки поля, забезпечити оптимальні умови для кожного виду рослин та знизити втрати.

Також важливим є розвиток технологій, спрямованих на зменшення впливу сільськогосподарської діяльності на довкілля, включаючи екологічно чисті методи обробки ґрунту, використання органічних добрив та інші методи збереження родючості ґрунту та водних ресурсів. А розробка та впровадження енергоефективних технологій, таких як сонячні панелі для живлення обладнання, біопаливні енергетичні рішення та інші відновлювальні джерела енергії, дозволяють зменшити витрати та забезпечують сталість енергопостачання в сільському господарстві.

Розвиток екологічно чистих технологій та методів вирощування стає все більш актуальним у зв'язку з збільшенням свідомості про збереження навколишнього середовища. Машини для рослинництва повинні відповідати вимогам щодо зменшення використання хімічних речовин та викидів. В цілому розвиток машин з удосконаленими системами ресурсозбереження є ключовим аспектом у вирішенні цієї проблеми.

Перспективною є розробка та впровадження машин, які використовують енергію більш ефективно та відповідно мають менший вплив на навколишнє середовище. Це включає в себе використання біопалива, впровадження енергоефективних двигунів та систем електричного живлення.



При цьому необхідно розробляти та впроваджувати нові типи машин, які відповідають специфічним потребам українського ринку рослинництва. Наприклад, машини, які призначені для роботи на великих площах зернових культур або для обробки особливих ґрунтів.

Пріоритет буде надано розробці інтегрованих систем, які об'єднують у себе різні типи машин та технологій для забезпечення комплексного підходу до вирощування рослин. Наприклад, системи автоматизованого посіву, поливу та обробки ґрунту. Системи використовують сучасні технології, такі як GPS, датчики, аналітику даних та штучний інтелект, для забезпечення точності та ефективності робочих процесів. Наприклад, системи GPS гарантують точне позиціонування машин та обладнання на полі.

При цьому системи повинні бути розроблені з урахуванням різних кліматичних та ґрунтових умов, що характерні для різних регіонів. Вони можуть мати адаптивні алгоритми, які дозволяють змінювати параметри роботи в залежності від умов, що дозволяє забезпечити оптимальні результати навіть при змінних умовах.

Ці принципи дозволяють створювати системи автоматизованого посіву, поливу та обробки ґрунту, які забезпечують ефективне та екологічно безпечне вирощування рослин, а також сприяють підвищенню продуктивності та прибутковості сільського господарства.

Вказані перспективи розвитку машин для рослинництва в Україні мають великий потенціал для підвищення ефективності та конкурентоспроможності сільського господарства, а також для забезпечення сталого розвитку галузі.

Щодо перспектив розвитку машин для рослинництва в Україні, можна очікувати: зростання використання модернізованих технологій у виробництві машин для рослинництва, розвиток і впровадження екологічно та економічно ефективних рішень, збільшення інвестицій у дослідження та розвиток у цій галузі.

Необхідною ключовою умовою використання нових машин і технологій для рослинництва є зміцнення співпраці між державними структурами, промисловими підприємствами та вищими навчальними закладами. Це може здійснюватися створенням платформ для обміну інформацією та досліджень шляхом залучення державних органів, промислових підприємств та вищих навчальних закладів до спільних платформ для обміну інформацією, обмін результатами досліджень та передовими практиками у галузі розробки машин для рослинництва.

Доцільне також створення консорціумів або мережі дослідницьких центрів, інноваційних клубів та платформ для стартапів, які об'єднують зусилля для спільного проведення досліджень та розробки нових технологій у галузі машин для рослинництва. Корисною буде також організація спеціалізованих інноваційних клубів або платформ, де студенти, вчені, представники промисловості та державних структур можуть обмінюватися ідеями, створювати стартапи та співпрацювати у галузі розробки нових машин. Загальна мета такої співпраці полягає в тому, щоб об'єднати експертну базу, інтелектуальні та матеріальні ресурси для спільного створення і впровадження нових технологій, які сприятимуть розвитку ефективного та сталого сільського господарства.

Розвиток машин для рослинництва є важливим напрямком вдосконалення аграрного сектора. Проте для досягнення повноцінного потенціалу цієї галузі необхідно продовжувати дослідження та розробку новітніх технологій, спрямованих на вирішення труднощів, з якими стикається рослинництво сьогодні. Шлях до сталого та ефективного виробництва продовольства в майбутньому полягає у впровадженні інновацій та збалансованому використанні ресурсів.

#### Список літератури

1. Булгаков В. М., Дубровін В. О., Черновол М. І. Стан та перспективи розвитку механізації сільського господарства. Електронний ресурс <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/7cdd460c-f4fb-436a-bf04-6803ac1af1b2/content>
2. Пиріжок В.І., Макаренко М.Г. Дослідження структури адаптивної системи керування блочно-модульного агрегата. // Матеріали XIX міжнародного форуму молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті». Харків, 2023. – С. 60.
3. Макаренко М.Г., Пиріжок В. І., Хейло В.О. Підвищення продуктивності мобільних енергетичних засобів раціональною компоновкою. // Матеріали VI Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сільськогосподарського машинобудування». Полтава, 2023 р. – 234 с.
4. Миргород М.Р., Макаренко М.Г. Вдосконалення системи ведення трактора ХТЗ-160 по заданій траєкторії // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». Харків, 2023. – С. 89-90.

5. Пиріжок В.І., Макаренко М.Г. Дослідження структури адаптивної системи керування блочно-модульного агрегата. // Матеріали XIX міжнародного форуму молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті». Харків, 2023. – С. 60.

61. М. Л. Заєць, к.т.н., доцент, О. М. Бабич, Поліський національний університет

### ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ РОЗПИЛЮВАЧІВ ТА АНАЛІЗ ЇХНІХ КОНСТРУКЦІЙ

**Постановка проблеми.** Розвиток засобів реалізації напilenня відноситься до другої половини XIX століття [4]. Згодом Шпаков і Ейзон у Великобританії запропонували пневматичний розпилювач для розпilenня нафтопродуктів у міру їх горіння. У 1894 році вийшов перший гідравлічний відцентровий розпилювач. Перші побутові обприскувачі комплектувалися гідравлічними відцентровими розпилювачами, які склалися з корпусу з отвором і сердечника з різьбовою герметичною вставкою. Розробці конструкції і раціоналізації параметрів схеми небулайзера була присвячена робота багатьох вчених. Дунський В.Ф., Нікітін М.В. та Соколов М.С. підтвердили теоретичні та практичні положення щодо утворення, розподілу, осадження, випаровування крапель аерозолів та параметрів монодисперсних розпилювачів для мало- та надмалооб'ємного розпilenня пестицидів. С. Д. Г. та В. С. Галустов проаналізували різні розпилювачі для розпilenня рідин у хімічній промисловості та представили методи їх розрахунку. Сьогодні в сільськогосподарському виробництві використовується велика кількість зрошувачів різних конструкцій для реалізації різних способів обприскування. За класифікацією Дитякіна Ю.Ф. [1] обприскувачі поділяються на гідравлічні, механічні та пневматичні. У гідравлічному розпилювачі рідина стискається в краплі завдяки тиску розпilenня всередині розпилювача. (рис. 1).



Рис. 1. Інжекторні (ліворуч) та щілинні (праворуч) розпилювачі в роботі

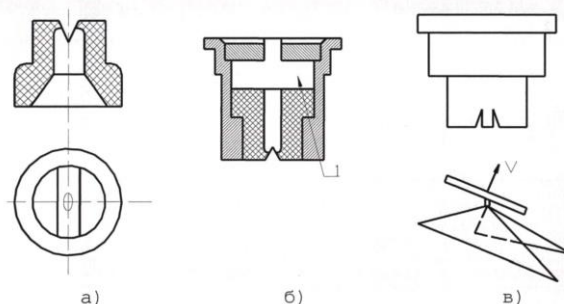


Рис. 2. Щілинні розпилювачі: а – звичайний щілинний розпилювач; б – розпилювач із зниженим дрейфом крапель (1 – додаткова порожнина); в – подвійний щілинний розпилювач.

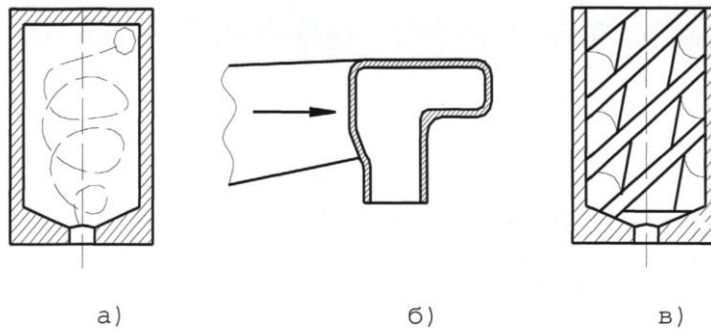


Рис. 3. Відцентрові розпилювачі: а – тангенційний; б – евольвентний; в – відцентровий розпилювач з осердям.

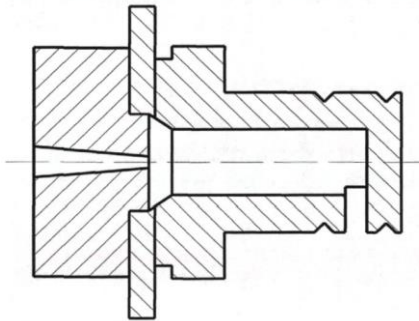


Рис. 4. Дифлекторний розпилювач

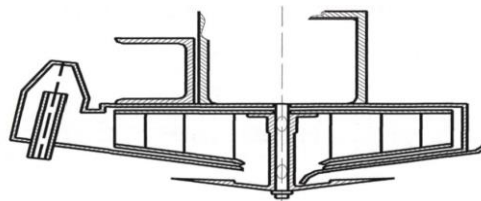


Рис.5. Обертовий розпилювач з примусовим відокремленням крапель і повторним розпиленням

Аналіз показує, що середній масовий діаметр краплі домашнього розпилювача становить 275 мкм. Це робить їх корисними для захисту рослин від різних шкідників. Порівнюючи бакові розпилювачі ГСКТБ (м. Львів) та фірми «Teejet», з порівнянними витратами робочої рідини в одиницю часу, бачимо, що розпилювачі утворюють краплі приблизно однакового діаметру. При використанні розпилювача РШ-110-1,6 втрати за рахунок руйнування дрібних крапель склали 4,5% від загального об'єму розбризкуваної рідини, а за рахунок надходження великих крапель – близько 31% [2]. У порівнянні з вітчизняним розпилювачем щілинний розпилювач «Teejet» має невелике відхилення в ширині хвата факела за розміром утворених крапель і щільності покриття. Діаметр крапель домашнього розпилювача не сильно змінюється по ширині факела, але щільність покриття дуже нерівномірна [2,3]. Витрата робочої рідини для щілинних обприскувачів однакової специфікації в країні та за кордонних виробників суттєво не відрізняється.

Струмінні пневматичні розпилювачі (рис. 6.) [6] виконуються у вигляді кільцевої камери 1, що складається з корпусу і змінного сопла 2, з якого в камеру нагнітається робоча рідина і стиснене повітря. Потік повітря під тиском захоплює рідину та розбиває її на дрібні частинки, які утворюють пістолет-розпилювач.

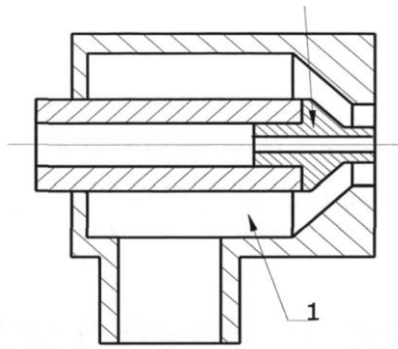


Рис. 6. Пневматичний розпилювач ежекційного типу: 1 – кільцева камера; 2 – змінний жиклер.

У пневматичному розпилювачі енергія підводиться до рідини за рахунок динамічної взаємодії рідини з високошвидкісним потоком газу або газ підводиться до рідини за рахунок різниці тисків [2]. Витрата робочої рідини задається перетином каналу форсунки 2. Тому для отримання необхідної дисперсності розпилення необхідно лише змінювати тиск повітря, який має бути в межах 0,2...0,5 МПа. Частинки спрею потоком повітря доставляються до оброблюваного об'єкта і проникають глибше в рослинність. Однак конструкція атомайзера складна, оскільки вимагає встановлення додаткового пристрою подачі повітря – генератора. Є струменевий розпилювач і він розбірний (рис. 7.). Він складається з гідравлічного 1 і ежекційної насадки 2. У гідравлічну насадку 1 формується компактний струмінь робочої рідини, який при переміщенні з високою швидкістю утворює розрідження у вхідному отворі 3, всмоктуючи повітря. Суміш повітря та розчину, вдаряючись по дефлектору 4, проходить крізь вихідний отвір 5 у вигляді плоского конуса. Даний пристрій призначений для великокрапельної обробки. Збільшення фракції у факелі розпилення відбувається в наслідок різниці в'язкості водоповітряної розчину, що перевищує в'язкість робочої рідини.

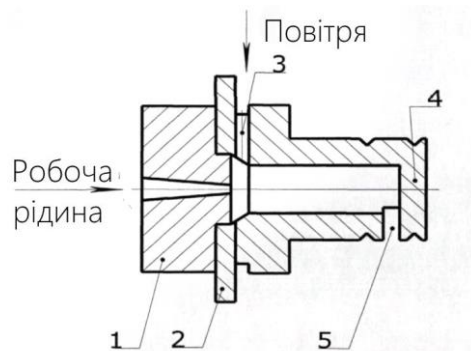


Рис. 7. Ежекційний розпилювач конструкції Шершабова І.В. : 1 – гідравлічний насадок; 2 – ежекційний насадок; 3 – отвір для повітря; 4 – дифлектор; 5 – вихідний отвір.

В результаті 80-95% робочої рідини осідає на оброблених об'єктах, завдяки високій енергії великих крапель можна обробляти посіви при швидкості вітру до 5 м/с, пошкодження розпиленої рідини є мінімальний [6] Сучасні шприцеві небулайзери мають ряд позитивних характеристик (рис. 8, а, б). Їх випускають «Агротоп» і «Лехлер» (Німеччина), «Теджет» і «Білліка Фарм Сервісез» (США), «Альбуз» (Франція) та ін. Утворюючи великі краплі, цей небулайзер забезпечує точну дозу нанесеного препарату та його рівномірний розподіл на об'єкті. Гарне проникнення до якості рослинності, низьке випаровування з великих крапель і менша сприйнятливості до вітрової ерозії сприяють економії витрат на захист рослин [2].

Під час роботи шприцевого небулайзера (рис. 8, а) [4] робоча рідина під тиском надходить через камеру 1 і канал 2 в камеру змішування 4. За рахунок високошвидкісного руху рідини отвір 3 розріджується і в нього засмоктується атмосферне повітря. В об'ємі 4 утворюється рідинно-повітряна суміш, яка поступає в розширювач Вентури 5, звідки щільним розпилювачем 6 поділяється на краплини меншого розміру і наноситься на поверхню рослин. Змінна площа поперечного перерізу витратоміра Вентурі створює умови для кращого перемішування рідинно-повітряної суміші шляхом зміни швидкості [3]. Краплі, що містять кілька бульбашок (рис. 9, а), більші. Потрапляючи на листя рослин, вони розкладаються на дрібні елементи і при лопанні вкриваються на поверхні тонкою плівкою

(рис. 10, а). Сили поверхневого натягу щільно утримують рідку плівку на поверхні листа, а відсутність дрібних крапель запобігає втраті робочого середовища через випаровування та вітрову ерозію (рис. 11).

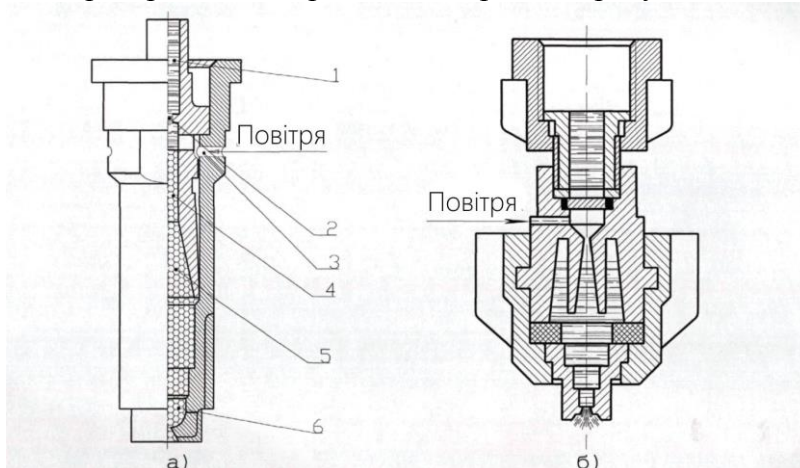


Рис. 8. Інжекторні розпилювачі: а – розпилювач фірми «Lechler», 1 – камера; 2 – канал; 3 – отвір для всмоктування повітря; 4 – камера зміцуння; 5 – розширювач Вентурі; 6 – циліндричний розпилювач; б – розпилювач фірми «Agrotop».

Для порівняння показано процес нанесення покриття на оброблену поверхню під час операції наплення щільним розпилювачем (рис. 9, а і 9, б).

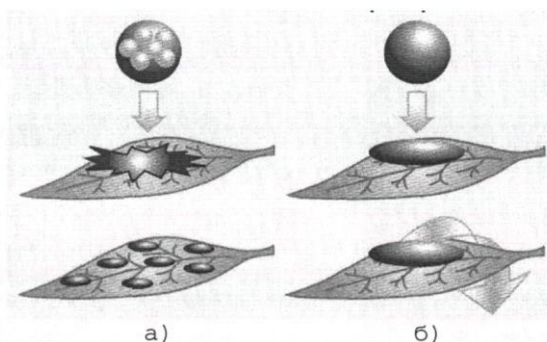


Рис. 9. Покриття поверхні робочою рідиною: а – інжекторним розпилювачем; б – щільним розпилювачем.

**Постановка мети і завдань досліджень.** У зв'язку з широким спектром їх застосування в сільському господарстві зростає актуальність еколого-економічної ефективності їх використання за рахунок удосконалення робочого органу польових обприскувачів. Агротехнічно корисні розміри крапель розпиленої рідини коливаються від 80 до 360 мкм. Однак у широко використовуваних конструкціях щільних розпилювачів розподіл аерозолу становить від 40 до 600 мкм, при цьому приблизно 30% розпиленої робочої рідини стікає з поверхні листа.

Використання інжекторного обприскувача значно підвищує ефективність при обприскуванні посівів. Він утворює великі рідинно-повітряні краплі розміром  $>500$  мкм, які розриваються при попаданні на рослину, покриваючи поверхню листа тонкою плівкою. Однак немає досліджень щодо конструкції та оптимізації робочих параметрів інжекторних розпилювачів, а науково встановлене співвідношення між діаметром повітряного отвору та тиском робочого середовища, діаметром повітряного отвору, не оптимізовано.

**Метою дослідження є:** Провести теоретичну та експериментальну оптимізацію будови та параметрів роботи інжекторних обприскувачів за умови підвищення ефективності використання для захисту посівів і одночасного виконання вимог екологічної безпеки. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- обґрунтувати залежність між діаметром повітряного отвору і тиском робочої рідини, що надходить в інжекторний розпилювач.
- удосконалити спосіб оцінки показників якості інжекторних розпилювачів;
- провести дослідження за розробленими методиками.
- практично перевірити отримані теоретичні результати та оптимізувати параметри інжекторного розпилювача.

## Література

1. Обладнання для захисту рослин: обприскувачі. ч.1. Методи випробування насадок для розприскування (ISO 5682-1: 1996, IDT) ДСТУ ISO 5682-1: 2005
2. Хороші розпилювачі - високий ефективний обробіток // Захист та карантин рослин. – 2006. – №5. – С. 44-45.
3. Ченкін А.Ф. Історія розвитку та проблеми захисту рослин / А.Ф. Ченкін. - К.: Укрсільгоспакадемія, 1997. - 331 с.
4. Штангові обприскувачі з розпилювачами, що обертаються / Н.В. Нікітін, Ю.Я. Спиридонів, В.А. Абубікер, М.С. Раскін // Захист та карантин рослин. – 2005. – №3. – С. 46-48.
5. Теплинський І.З. Математична модель дисперсності розпилу пневматичних розпилювачів ежекційного типу / І.З. Теплинський, В.А. Смілик // Техніка в сільському господарстві. – 2004. – №5. – С. 18-20.

**62. М. Л. Засць, к.т.н., доцент, В. В. Павлущенко, Поліський національний університет**

### **АНАЛІЗ КОМПОНОВОК АГРЕГАТІВ ДЛЯ МІНІМАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**

**Постановка завдання.** Виконання процесу передпосівного обробітку ґрунту може здійснюватись за однією із трьох технологічних схем.

До недавнього часу в технологічних регламентах для передпосівного обробітку ґрунту передбачалось використання машинно-тракторних агрегатів за першою схемою – з окремими одноопераційними зняряддями [1].

Друга технологічна схема виконання передпосівного обробітку ґрунту передбачає застосування машинно-тракторних агрегатів, які складаються з декількох одноопераційних машин, і є найбільш простим способом комбінування для виконання кількох технологічних операцій за один прохід [1]. Основною перевагою даної технологічної схеми є те, що машинно - тракторні агрегати комплектуються серійними машинами без значних конструкційних переробок.

**Аналіз літературних джерел з даного питання.** Провідні закордонні фірми розробили комбіновані машини для поверхневого обробітку ґрунту з поєднанням одноопераційних знярядь активного і пасивного типу [2]. Незважаючи на значну кількість конструкцій, основних недоліків функціонування таких агрегатів усунути так і не вдалося: вони громіздкі і металомісткі, часто не узгоджуються по ширині захвату, оптимальних режимах роботи і умовах експлуатації

**Виклад основного матеріалу.** Більш раціональною є технологічна схема передпосівного обробітку ґрунту із використанням комбінованих машин, в яких послідовно розміщені різні за призначенням робочі органи чи секції робочих органів [1]. Такі технологічні схеми характеризуються низькими сумарними енерговитратами, мінімальним ущільненням ґрунту рушіями енергозасобів, забезпечують високу якість передпосівного обробітку ґрунту.

До недоліків комбінованих машин відносять більш складну конструкцію рами, нагромадження на ній робочих органів, що затрудняє їх обслуговування і регулювання, збільшує забивання ґрунтом і рослинними рештками.

В даний час випускається велика гама комбінованих ґрунтообробних машин різних технологічних схем та параметрів з можливістю комплектування різноманітними робочими органами.

Серед відомих зарубіжних фірм, які займаються розробленням та виробництвом комбінованих ґрунтообробних машин, чільне місце займають “RAU”, “BBG”, “LEMKEN” (Німеччина), “FRANQUET” (Франція), “KONGSKILDE” (Данія), “TUME” (Фінляндія) та інші [2].

Два варіанти підходу до компонування таких машин можна розглянути на прикладі технологічних схем машини “КОМПАКТОР” (“LEMKEN”, Німеччина) (рис. 1) [2] та “ОПТИМАТОР” („KONGSKILDE”, Данія) (рис. 2.) [2]. При спільних загальних рисах комбінованих ґрунтообробних машин (застосування кількох типів розпушуючих, вирівнюючих, розкришуючих і ущільнюючих робочих органів) вони мають суттєву різницю в способі виконання технологічного процесу.

Стрілчасті розпушуючі лапи на жорсткій стовбі машини “КОМПАКТОР” забезпечують більшу стабільність глибини обробітку і однорідність структури ґрунту, проте вони потребують більшого тягового зусилля і кращого попереднього обробітку ґрунту. Долотоподібні робочі органи на пружній стовбі комбінованої ґрунтообробної машини “ОПТИМАТОР” менш енергомісткі, краще очищаються від бур'янів, оминають перешкоди, проте допускають більшу нестабільність глибини обробітку.

За різним принципом працюють і вирівнювачі даних машин. В машині “КОМПАКТОР” ґрунт підрізається на певній глибині і перекидається через ніж, подрібнюючись тим самим у верхньому шарі в “ОПТИМАТОР” – вирівнювачем, встановленим під кутом меншим за 90 градусів до напрямку руху, зовнішній шар ґрунту кришиться і вирівнюється шляхом горизонтального переміщення і ущільнення ґрунту.



Рис. 1. Технологічна схема комбінованої ґрунтообробної машини “КОМПАКТОР” фірми “LEMKEN”

Задні котки в машині “КОМПАКТОР” на відміну від машини “ОПТИМАТОР” не пруткові, а кільчасто-шпорові, що дозволяє більш рівномірно ущільнювати ґрунт, але вони мають більший тяговий опір. Обидва типи машин широко застосовуються під час передпосівного обробітку ґрунту: “КОМПАКТОР” – на важчих, а “ОПТИМАТОР” – на легких ґрунтах.

Близькою до конструкції машини “ОПТИМАТОР” є комбінована ґрунтообробна машина німецького виробництва - “ЕУРОПАК” фірми “ВВГ” (Німеччина) (рис. 3), обладнана додатково заднім вирівнювачем ґрунту, аналогічним передньому, та борінками, які усувають огріхи задніх тандемних пруткових котків.



Рис. 2. Технологічна схема комбінованої ґрунтообробної машини “ОПТИМАТОР” („KONGSKILDE”)

При великій різноманітності конструкційно – технологічних схем машин типу “ЕУРОПАК” виробництва різних фірм, які використовують два-три ряди пруткових котків, кілька рядів пружних лап, а також один-два ряди вирівнюючих пристроїв.

На відміну від “LEMKEN”, „KONGSKILDE”, “ВВГ” фірма “FRANQUET” (Франція) застосувала модульний принцип формування комбінованої ґрунтообробної машини “SINCHROGERM” (рис. 4, 5), який передбачає швидке з’єднання в одній машині необхідної кількості модулів робочих органів [6].

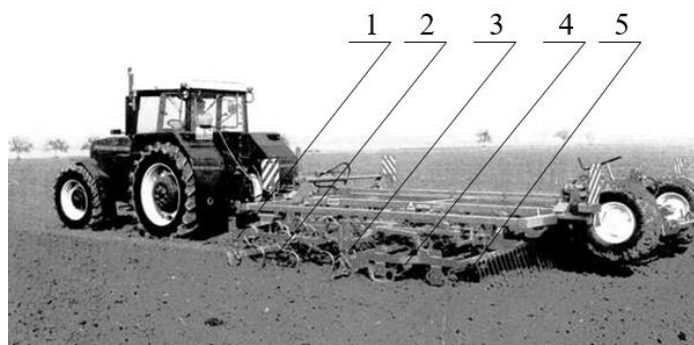


Рис. 3. Загальний вигляд комбінованої ґрунтообробної машини “ЕУРОПАК” фірми “ВВГ”: 1 – передній коток і вирівнювач ґрунту; 2 –розпушуючі лапи; 3 – задній вирівнювач ґрунту; 4 – тандем задніх пруткових котків; 5 –пружні борінки.

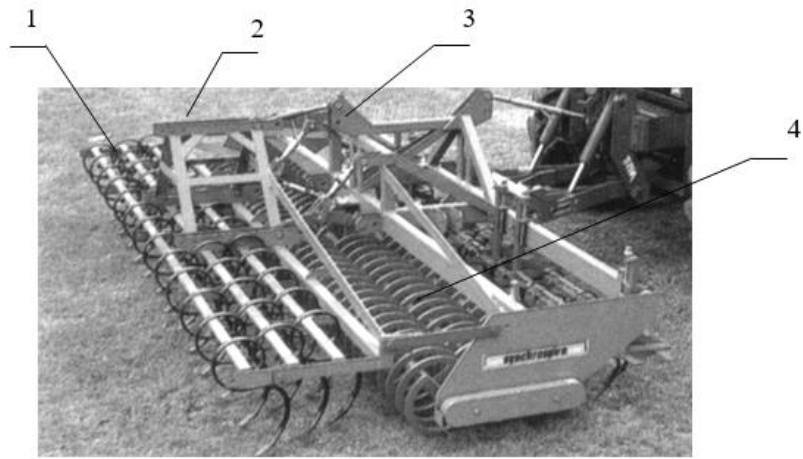


Рис. 4. Комбінована ґрунтообробна машина “SINCHROGERM” фірми “FRANQUET”: 1 – модуль лап; 2 – двосторонній приєднувальний пристрій; 3- двосторонній начіпний пристрій; 4 – модуль котків

В даний час в Україні для передпосівного обробітку ґрунту випускається більше десяти комбінованих машин різних конструкцій та технологічних схем. Більшість з них повторюють варіанти компоновання описаних вище зарубіжних конструкцій.

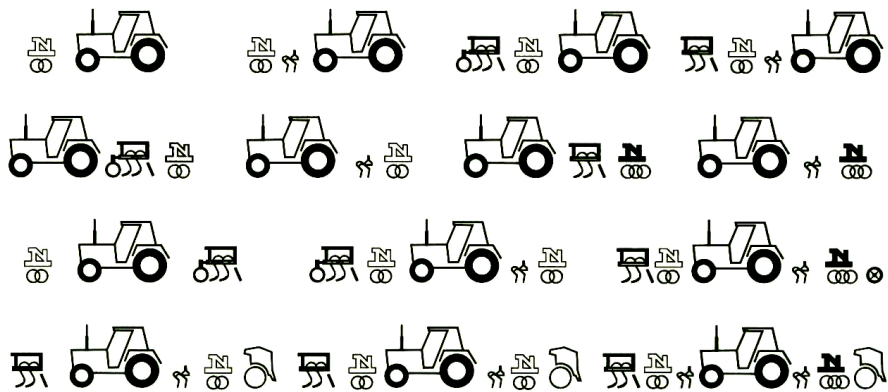


Рис.2.5. Схеми комбінування ґрунтообробних модулів в машині “SINCHROGERM” фірми “FRANQUET”

В останні роки інтенсивного розвитку комбіновані ґрунтообробні машини набули в країнах східної Європи. Фірма “FARMET” (Чехія), використовуючи технологічну схему машини “ОПТИМАТОР”, застосувала розпушуючі лапи стрілкового типу з пружно-вібраційними стовпами [2] та пропонує для комплектування агрегатів різні типи котків.

**Висновки.** Незважаючи на високий технічний та технологічний рівень комбіновані машини виробництва країн з Європи, як правило, не адаптовані до чинних в Україні технологій вирощування сільськогосподарських культур та рівня агротехніки.

Встановлено незручність в експлуатації і забивання котків агрегату “КОМПАКТОР”, високу питому матеріаломісткість і низьку продуктивність машин “КОМПАКТОР”, “SINCHROGERM” тощо, та, в результаті, неприйнятність їх використання за техніко – економічними показниками для умов України.

#### Список використаних джерел

1. Технологічне обґрунтування мульчуючої системи землеробства, каталог техніки / ФЕМ - Технолоджи, 2008, - 52 с.
2. Техніко-технологічні рішення комплексної механізації в технології вирощування озимої пшениці в умовах Західного регіону України (практичні поради). /Львівська філія Укр НДПВТ ім. Л. Погорілого. Магерів, 2008.- 42 с.
3. Гречкосій В. Д. Сучасна зарубіжна техніка для ґрунтозахисного землеробства / Журнал Аграрна техніка – 2008 – № 1.



4. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімонт та інші. За ред. В.Ю.Ільченка. -К.: Урожай, 1993. - 288с.

63. А. Т. Лебедев, В. О. Пирогов, О. О. Пирогов, М. Л. Шуляк, Сумський національний аграрний університет

### ОЦІНКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТРАКТОРА В РОСЛИННИЦТВІ ПРИ ПІДВИЩЕННІ ЙОГО НАПРАЦЮВАННЯ

Основною ефективною експлуатації тракторних агрегатів є забезпечення працездатності тракторів, до функціональних параметрів яких віднесені тягово-енергетичні властивості, динамічні показники, керованість і т.д. [1, 2]. Технічний стан трактора доцільно визначати при проведенні діагностування по сукупності кількісних і якісних характеристик його властивостей. При цьому виникає проблема, відсутності можливості визначити чіткий і однозначний взаємозв'язок між технічним станом трактора і його функціональними властивостями, тобто працездатністю. При діагностуванні основний акцент ставиться на робочі дії, які надходять до трактора в процесі його експлуатації. При цьому експлуатаційні допуски на контрольовані параметри трактора визначають ефективність його функціонування. Основними кількісними характеристиками є встановлені допуски на рівень і точність налаштування по контрольованому (технологічному, технічному, техніко-економічному, енергетичному, або ергономічному) параметру, а також контрольні допуски, що визначають межі параметра, перевищення яких в процесі експлуатації призводить до втрати працездатності трактора. Цікавим є підхід, яким припустимі режими роботи трактора запропоновано оцінювати за динамічним станом, тобто прискорення виходу реєстрованих параметрів за межі встановлених допусків [3].

При моделюванні роботи тракторні агрегати прийнято представляти, як динамічні системи, для яких взаємозв'язок між вихідними і вхідними впливами є похідними і інтегралами. Динамічні властивості тракторних агрегатів суттєво залежать від параметрів основних елементів (деталей, агрегатів і т.д.), контроль технічного стану яких може бути виконаний шляхом аналізу їх динамічних характеристик. Відомо [4], що динамічні властивості тракторних агрегатів оцінюються аперіодичними, коливальними сполученнями аперіодичної і інерційної ланки і т.д.

При цьому оцінюючи поступальний рух тракторного агрегату відзначено суттєві зміни коефіцієнтів диференційного рівняння (постійна часу, коефіцієнти посилення і т.д.) від швидкості руху агрегату, технічного стану складових елементів і т.д.

При розв'язанні практичних задач підвищення працездатності тракторних агрегатів важливе значення має забезпечення стабільності показників якості перехідного процесу. В цьому випадку критерій працездатності можна записати у вигляді [3]:

$$I = LF[\beta(t, h)]; \quad t \in [t_0, t_s], \quad (1)$$

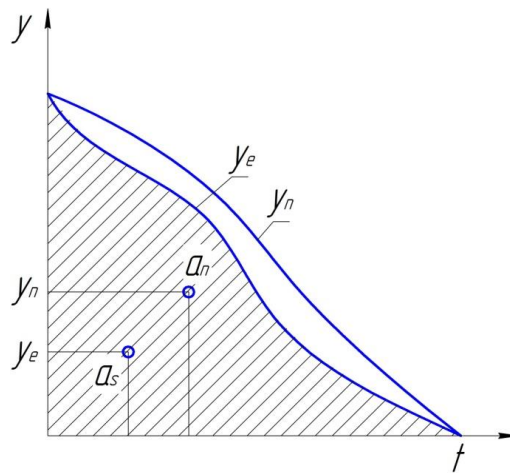
де  $L$  - лінійний оператор,  $F$  - позитивно визначена функція,  $\beta$  - вектор відхилення параметру стану, що визначається як різниця між дійсним ( $S$ ) та номінальним ( $S_H$ ) векторами стану,  $h_i = (h_1, \dots, h_m)$  -  $m$ -мірний вектор параметрів, що регулюються при технічному обслуговуванні тракторного агрегату.

При відновленні працездатності тракторного агрегату за динамічними параметрами, наприклад, по забезпеченню його стійкого руху під час гону, розв'язується задача забезпечення номінальних параметрів перехідного процесу при обуреннях. В цьому випадку критерій працездатності записується у вигляді:

$$I_s = \int_{t_0}^{t_f} F[\beta(t, h), a_s(t)] dt, \quad (2)$$

де  $a_s(t)$  - акцентуючі функції, призначення яких акцентувати відхилення параметру стану  $S$ .

Якщо параметр стану  $S$  реального тракторного агрегату відхиляється від номінального значення  $\beta \neq 0$ , то можна стверджувати, що його технічний стан зміниться пропорційно інтегральному відхиленню реальної перехідної характеристики  $y_n = y(t, \beta)$  від еталонної  $y_e = y(t, 0)$  (рис.1) [3].



**Рис. 1 – Інтегральні оцінки монотонного перехідного процесу  $y_n=y(t, \beta)$  та  $y_e=y(t, 0)$**

Зі зміною технічного стану тракторного агрегату центр тяжіння реальної перехідної характеристики ( $a_n$ ) зміщується на деяку величину  $l_{a_1}, l_{a_2}, \dots, l_{a_n}$ . Наприклад. При оцінці тракторного агрегату на орних роботах по критерію стійкості його руху на гоні розглядається поєднання монотонних перехідних процесів відхилення напрямку руху від заданої траєкторії і повернення його на необхідну траєкторію.

Працездатність тракторного агрегату при зміні його технічного стану оцінюється величиною і напрямком відхилення центру тяжіння реального перехідного процесу від еталонної моделі, що приводить до підвищення енергозатрат трактора на виконання технологічного процесу.

#### Список літератури

1. ДСТУ 7463:2013. Сільськогосподарська техніка. Трактори сільськогосподарські. Класифікація показників [Чинний від 2014-01-01]. К., 2013, 11с (національний стандарт України).
2. OECD standardcodefortheofficialtestingofagriculturalandforestrytractorperformance. CODE 2. February 2019. URL: <https://www.oecd.org/agriculture/tractors/codes/02-oecd-tractor-codes-code-02.pdf>
3. Лебедев А.Т., Шуляк М.Л., Холодов А.П. Динамічний метод оцінки працездатності тракторного агрегату. Вісник НТУ «ХПІ». Серія Автомобіле- та тракторобудування № 1. 2022. С. 48 – 60.
4. Шуляк М.Л., Лебедев А.Т., Артёмов М.П., Калінін Є.І. Оцінка функціонування сільськогосподарського агрегату за динамічними критеріями. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, № 4, – 2016. с. 218-226.

**64. А. В. Подлесний, М. Л. Шуляк, Сумський національний аграрний університет**

### **МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИШКОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА ТРАКТОРА В СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ**

Тенденція підвищення енергонасиченості тракторів все частіше розглядається у сфері тракторної енергетики, оскільки відкриває нові погляди у застосуванні тракторної енергії для покращення продуктивності використання складних ґрунтообробних та широкозахватних машино-тракторних агрегатів (МТА). Вони можуть здійснювати кілька операцій за один прохід, що суттєво економить людські та паливно-енергетичні ресурси, попереджує руйнування та ущільнення ґрунту, забезпечує максимальне завантаження енергонасичених тракторів та ін. Саме тому доцільно встановити спектр використання тракторів тягової та тягово-енергетичної концепції з окресленням проблем, що постають при спробах підвищення ефективності МТА.

Метою роботи є аналіз методів використання надлишкової потужності двигуна трактора в сучасному землеробстві.

Проблематика тракторної енергетики та шляхи її розв'язання розглядається в працях [1-5], де висвітлюється перспективність застосування активних приводів ходових систем і робочих органів сільськогосподарських знарядь з точки зору підвищення ККД технологічного процесу. Вирішення питання застосування активних приводів в машино-тракторних агрегатах потребує підвищення потужності тракторних двигунів до рівня, який не може бути повною мірою реалізований тільки ходовою системою самого трактора. Зростання потужності веде за собою підвищення енергонасиченості тракторів [6, 7], що обумовлено поступовим переходом від тягової до тягово-енергетичної та енергетичної концепції розвитку трактора. Підвищення енергонасиченості

сільськогосподарських тракторів потребує уточнення складових балансу потужності і ККД машино-тракторних агрегатів [6], урахування різних способів передачі потужності від двигуна трактора до сільськогосподарської машини [7].

Одна з головних проблем – випередження зростання маси технологічної частини МТА стосовно зростання маси трактора, що унеможливило його використання в якості тягача. А отже, створило такий швидкісний та тяговий бар'єр, який практично неможливо подолати. При збільшенні потужності та швидкості руху МТА, все ж, залишились невід'ємними агротехнологічні і фізіологічні обмеження.

Серед агротехнічних обмежень слід відмітити якість виконання технологічної операції, яка визначається впливом швидкості агрегату, що є сталою для конкретних сільськогосподарських робіт. Технічні обмеження зумовлені тягово-швидкісними та тягово-зчіпними можливостями агрегату. Фізіологічні обмеження виникають при зміні умов роботи МТА, коли швидкість залишається високою чи постійно підвищується.

Отже, збільшення швидкостей руху МТА – це показник високої потужності двигуна та його продуктивності, водночас – зниження якості обробітку ґрунту, до певних, допустимих значень. Так само можна стверджувати, що і збільшення ширини захвату сільськогосподарської машини можливе до певної межі. З вище викладеного слідує, що ефективний розвиток енергонасичених тракторів в межах тягової концепції можливий у разі переходу до тягово-енергетичної концепції.

Необхідність розвинення технології виробництва сільськогосподарських культур, зумовила перехід від тракторів-тягачів, до більш легких енергонасичених тракторів, даний напрям розвинений Кутьковим Г.М. [1]. Використовуючи трактори тягово-енергетичної концепції можливо вийти з залежності між потужністю двигуна та масою трактора-тягача, бо тільки частина потужності буде реалізовуватися по системі «ґрунт-рушій».

Радикальний спосіб збільшення відносної частки зчіпної ваги в агрегаті, або активізації ваги МТА – оснащення його технологічної частини провідними колесами, які приводилися від системи відбору потужності або гідравлічної системи трактора. При даному підході тільки частина потужності двигуна буде реалізуватися через ходову систему трактора, а його питома матеріаломісткість може бути знижена. При використанні таких тракторів з сільськогосподарськими машинами невеликою питомою матеріаломісткістю, доцільно доповнювати їх проміжними візками з провідними колесами, яку при необхідності можна збалансувати. У залежності від співвідношення зчіпної ваги трактора та сільськогосподарської машини з активним привідними колесами можна забезпечити приріст тягового зусилля від 50 до 100%. Енергонасиченість тракторів в такому агрегаті можна підвищити в 1,5-2 рази у порівнянні з сучасними тракторами тягової концепції. Настільки істотна зміна енергонасиченості призводить до переростання трактора-тягача в тягово-енергетичний засіб і до створення на його основі тягово-привідних машинно-тракторних агрегатів.

Аналіз тягово-привідних МТА показує, що «надмірна» частина потужності двигуна трактора тягово-енергетичної концепції може бути використана наступним чином:

- для зменшення питомого тягового опору сільгоспмашин шляхом приводу робочих органів не від ходових коліс сільгоспмашини, а від ВОМ або гідравлічної системи трактора. Тоді при тій же тяговій потужності і робочій швидкості трактора можливе одночасне проведення декількох операцій за один прохід при зниженні питомої енергоємності робіт.

- для приводу рушіїв сільгоспмашин (технологічних модулів) і робочих органів-рушіїв. У цьому випадку використовується вся маса агрегату для створення тягового зусилля, за рахунок чого відбувається збільшення продуктивності з одночасним розосередженням зчіпної маси по площі поля (за рушій), що знижує питому енергоємність робіт з одночасним зменшенням ущільнення ґрунту.

Висновок. Для продуктивного використання машино тракторних агрегатів у сучасному землеробстві потрібно розробити ефективну методику використання надлишкової потужності двигуна з урахуванням бажаного рівня потужності, що відбирається на привід активних ходових та робочих органів машини при різних сільськогосподарських операціях. Удосконалити чи адаптувати вітчизняні сільськогосподарські машини до роботи з енергонасиченими тракторами, окреслити оптимальні межі використання трактора в режимі «тягача» та «енергоустановки» в складі МТА. Забезпечити зниження втрат потужності та підвищення загального ККД трактора та МТА.

#### Список літератури

1. Кутьков Г.М. Основы теории трактора и автомобиля. М.: Колос, 1996. 274 с.
2. Лебедев А. Т. Некоторые проблемы теории трактора тягово-энергетической концепции. Вісник ХНТУСГ. 2012. Вип. 124. Т.2. С 5 – 15.

3. Лебедев А. Т. Тракторна енергетика: проблеми та їх розв'язання. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- і тракторобудування. НТУ «ХПІ», 2015. №9 (1118). С 9 –16.
4. Лебедев А. Т., Кравчук В. І., Лебедев С. А. Тракторна енергетика: проблеми та рішення Техніка і технології АПК. 2014. № 1 (1). С 6 – 11.
5. Лебедев А. Т. Научно-инновационные аспекты теории трактора. Вісник ХНТУСГ, 2015. Вип. 156. С 272 – 281.
6. Ребров А. Ю. Мощностной баланс и КПД пахотного МТА при работе в тяговом режиме НТУ «ХПІ», 2012. № 20. С 67 – 72.
7. Шуляк М. Л. Методи використання надлишкової потужності двигуна енергонасиченого трактора. Вісник ХНТУСГ, 2014. Вип. 146. С 219 – 226.

**65. М. Л. Шуляк, В. О. Пирогов, Я. В. Мудрий, В. М. Погуляй, Сумський національний аграрний університет**

### **ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ РОСЛИННИЦТВА**

Стрімкий розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) сприяє змінам моделей виробництва у багатьох сферах, зокрема у сільському господарстві. Можливість досягнення економічної ефективності формує інтерес до використання безпілотних літальних апаратів. За витратами на експлуатацію авіаційні операції БЛА виходять дешевше за супутникові технології дистанційного зондування Землі (ERS) і дешевше за пілотовані літаки. Додатковими перевагами БПЛА є те, що вони програмується на польоти заданими маршрутами, можуть досліджувати територію автономно та зависати над нею. Ця властивість БПЛА – величезна перевага перед іншими літальними апаратами. До того ж, склався широкий спектр використання БПЛА: розпорошення реагентів, моніторинг стану посівів [1].

Використання БПЛА дозволяє вирішувати нагальні проблеми сільськогосподарського ринку України, за їх допомогою здійснюється: моніторинг ґрунтів, контроль за рослинами з повітря, аерофотозйомки фермерських угідь, картографування тощо. Передовими флагманами у застосуванні БПЛА в Україні є підприємства DroneUA та UkrSpec\_Systems. Останнє є одним з основних в Україні по використанню БПЛА планерного типу PD-1, на якому улаштоване новітнє обладнання і телевізійні камери [2].

Квадрокоптер ХК Х380 Detect GPS RTF (ХК-Х380)	
Матеріал: пластик	
Час польоту: 30 хв.	
Швидкість: 60 км/год.	
Ємність акумулятору 5200 мАч	
Маса : 945 гр.	
Радіус дії до 1 км	
Квадрокоптер DJI PHANTOM	
Матеріал: пластик	
Час польоту: 28 хв.	
Швидкість 72 км/год.	
Швидкість зльоту: (макс.) 6 м/с	
Маса : 945 гр.	
Радіус дії до 5 км	

**Рис. 1 – Технічні характеристики типових безпілотних літальних апаратів**

Наразі цифрова трансформація аграрного сектору вважається пріоритетом для вирішення численних викликів, які постають на полях. Моніторинг навколишнього середовища та дистанційне керування в сільському господарстві стрімко розвиваються в напрямку розробки більш продуктивних і конкурентоспроможних сільськогосподарських систем і інструментів. Майбутнє точного землеробства залежить від сучасних технологічних досягнень і методів дистанційного зондування за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) і різних типів розумних датчиків. Безпілотні літальні апарати, які використовуються для дистанційного моніторингу, є частиною безпілотних літальних систем (БЛА). БПЛА включають усі необхідні пристрої та процедури для роботи БПЛА, одночасно керуючи збором даних. БПЛА забезпечують спостереження землі (ЕО) для підвищення точності, виконання більш частого та кращого моніторингу полів і охоплення великих (нелегко доступних) територій [3].

Окрім зниження витрат на собівартість, використання безпілотних літальних апаратів також може збільшити точність та якість робіт на полях. Безпілотні літальні апарати здатні здійснювати зйомку з висоти та створювати карту рельєфу, що дозволяє точніше визначити місця, де необхідно здійснювати захисні заходи та зробити роботи більш ефективними. Також безпілотні літальні апарати можуть бути використані для моніторингу рослинності, зокрема, для визначення її стану та здоров'я. Для цього зазвичай використовуються спектральні камери, які здатні реєструвати різні види світла, включаючи інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання. Аналізуючи дані, отримані з таких камер, можна визначити стан рослинності та вчасно виявити можливі проблеми [4].

Датчики та БПЛА є частиною парадигми Інтернету речей (IoT). IoT – це сучасна комунікаційна мережа, яка передбачає використання величезної кількості розподілених інтелектуальних пристроїв у єдиній глобальній мережі. Його основна характеристика полягає в здатності розпізнавати та миттєво повідомляти користувачів про події в реальному часі за допомогою смарт-об'єктів. Розумні об'єкти-пристрої мають базові обчислювальні навички, обмежені ресурси та унікальні ідентифікатори для зв'язку. Впроваджуючи нові технології в сільськогосподарське виробництво та використовуючи сучасні методи спостереження землі (ЕО), виробники зможуть керувати своїми культурами на іншому та більш просунутому рівні в деталях, що раніше не було [3].

Використання безпілотних літальних апаратів в землеробстві дозволяє значно покращити ефективність та точність робіт, знизити собівартість продукції та витрати палива, збільшити врожайність та знизити ризик виникнення негативних наслідків від використання хімічних препаратів. Проте технологічні підходи до використання БПЛА розроблені відносно недавно, а їх запровадження у виробництво потребує подальших досліджень та вдосконалень.

Також існує проблема недостатньої кількості фахових спеціалістів, що мають необхідні знання та навички з експлуатації БПЛА.

#### Список літератури

1. Шуляк М. Л., Мікуліна М.О., Мудрий Я.В., Пирогов В.О. Вплив використання безпілотних літальних апаратів на підвищення ефективності технологічного процесу в рослинництві. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія «Автомобіле-та тракторобудування» 2023. № 1. С. 111 – 116. <https://doi.org/10.20998/2078-6840.2023.1.13>
2. Drony dlia ahrariiv. URL: <http://www.50northspatial.org/ua/drones-in-agriculture>
3. Triantafyllou A, Sarigiannidis P, Bibi S. Precision Agriculture: A Remote Sensing Monitoring System Architecture. *Information*. 2019; 10(11):348. <https://doi.org/10.3390/info10110348>
4. Rol bezpilotnykiv u silskomu hospodarstvi. URL: <https://www.imena.ua/blog/drones-in-agriculture>

**66. Р. І. Сивак, В. М. Боровський, О. М. Сукманюк, Поліський національний університет**

#### **ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРИСТИХ ТІЛ ЄДИНИМИ ФУНКЦІЯМИ**

Сучасний етап розвитку порошкової металургії супроводжується появою ідей для створення нових та удосконалення традиційних технологій отримання виробів з порошкових матеріалів, направлених на досягнення високих експлуатаційних характеристик та заданих властивостей. Істотною перевагою порошкової металургії є її безвідходність і, як наслідок, захист довкілля від забруднень за рахунок скорочення об'ємів відходів на подальших етапах виробництва. Це робить методи порошкової металургії ще більш ефективними. Потреба промисловості в отриманні виробів з необхідними експлуатаційними характеристиками привела до появи і розвитку нових технологічних процесів, які полягають в обробці тиском попередньо спечених пористих матеріалів. Одним із таких способів отримання виробів з пористих заготовок є холодна пластична деформація. Для дослідження процесів

пластичної деформації пористих тіл велике значення надається визначенню функцій пористості. Тому пропонується методика описання механічних характеристик пористих тіл єдиними функціями. Дана методика базується на основних положеннях механіки пластичної деформації пористих тіл і дозволяє отримувати достовірні функції пористості для даного матеріалу, шляхом уточнення теоретичних функцій експериментальними дослідженнями.

Для оцінки пластичності пористих тіл необхідно розробити критерії руйнування, які враховують вплив важливих фізико-механічних властивостей заготовок на їх деформовність [1, 2]. Постановка і розв'язок задач теорії пластичності пористого тіла суттєво відрізняється від постановки аналогічної задачі для суцільного тіла. Не всі основні положення теорії незворотного деформування стисливих середовищ є повністю встановленими. Для розв'язку технологічних задач обробки тиском пористих тіл найбільш широко використовуються модельні уявлення, основані на континуальному підході [3]. В цьому випадку локально-неоднорідне середовище розглядається як безперервне, стан якого може бути описаний за допомогою силових і кінематичних параметрів, що підлягають законам суцільного середовища.

При математичному моделюванні процесу незворотного формозмінення пористого тіла необхідною умовою є завдання реологічних властивостей пористих матеріалів. Отримали поширення теорії, основані на завданні поверхонь пластичності різного виду і використанні асоційованого з ними закону течії. Такий підхід дозволяє врахувати вплив зміцнення, викликаного величиною формо- і об'ємозмінення, а також виду напруженого стану. В той же час розвиток процесів пластичної деформації пористих матеріалів ставить задачу врахування історії деформування, яка чинить значний вплив на реологічні властивості в реальних процесах обробки тиском.

Для визначення функцій пористості  $f_1(\theta)$ ,  $f_2(\theta)$  та  $\alpha(\theta)$  були проведені досліди по осесиметричній осадці циліндричних зразків з малим тертям на торцях [4, 5]. Для досліджень застосовували порошоків зразки на основі заліза висотою  $h_0=15.9$  мм, діаметром  $d_0=4.32$  мм п'яти різних початкових пористостей:  $\theta_0=0.283$ ,  $\theta_0=0.246$ ,  $\theta_0=0.208$ ,  $\theta_0=0.164$ ,  $\theta_0=0.126$ .

За результатами осадки визначали наступні параметри.

Напруження стиску

$$\sigma = \frac{4P}{\pi d^2}. \quad (1)$$

Деформації

$$e_z = -\ln \frac{h_0}{h}, \quad e_r = e_\varphi = \ln \frac{d}{d_0}. \quad (2)$$

Із умови зберігання маси

$$\theta = 1 - \frac{V_0}{V} (1 - \theta_0) = 1 - \frac{d_0^2 h_0}{d^2 h} (1 - \theta_0), \quad (3)$$

де  $\rho_0=7.85$  г/см<sup>3</sup> густина матеріалу основи.

Графіки залежностей  $e_\varphi(t)$ ,  $\sigma_z(t)$ ,  $\theta(t)$  отримані за рівняннями (1), (2), (3) приведені на рис. 1-3. Тут

$t = \ln \frac{h_0}{h} = -e_z$  - параметр часу.

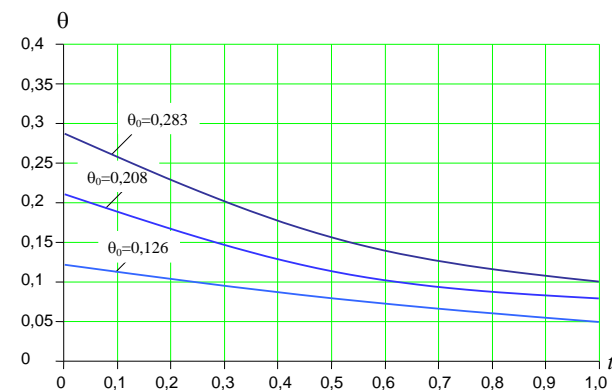
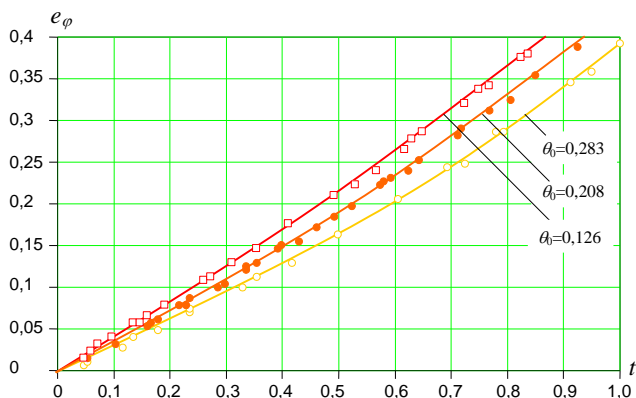


Рис. 1. Залежність деформації  $e_\varphi$  від ступеня осадки (залізо)

Рис. 2. Залежність пористості  $\theta$  від ступеня осадки (залізо)

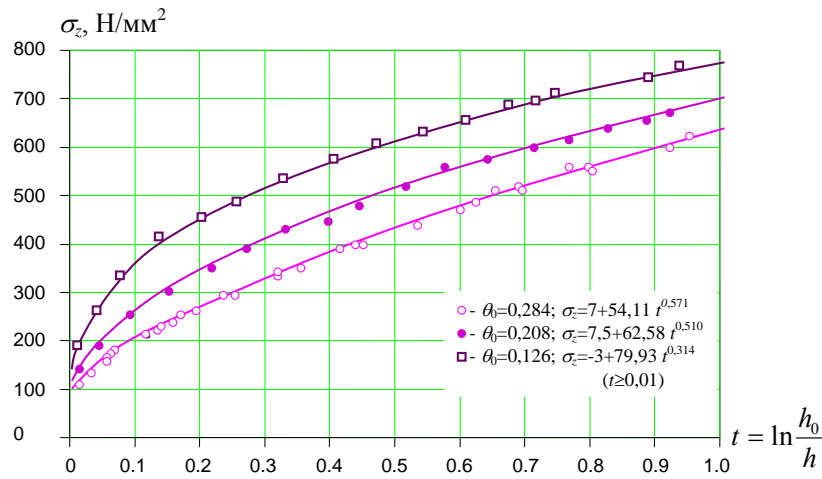


Рис. 3. Осьове напруження при осадці зразків з різною початковою пористістю  $\theta$  (залізо)

Остаточно для функцій пористості отримуємо наступні вирази:

$$f_1(\theta) = f_{10}^{1+n}(\theta) = \left( (1-\theta)^2 \right)^{1+1.75} = (1-\theta)^{3.5}, \quad (4)$$

$$f_2(\theta) = \frac{1}{6\alpha(\theta)} f_1(\theta) = \frac{1}{6\alpha_0^m(\theta)} f_2(\theta) = 0.546 \frac{(1-\theta)^{4.36}}{\theta^{0.86}}. \quad (5)$$

Залежності (4), (5) застосовуються для розрахунків напружень при пластичних деформаціях пористих заготовок в процесах обробки тиском. Функції  $f_1(\theta)$ ,  $f_2(\theta)$  та  $\alpha(\theta)$  приведені на рис. 4, 5.

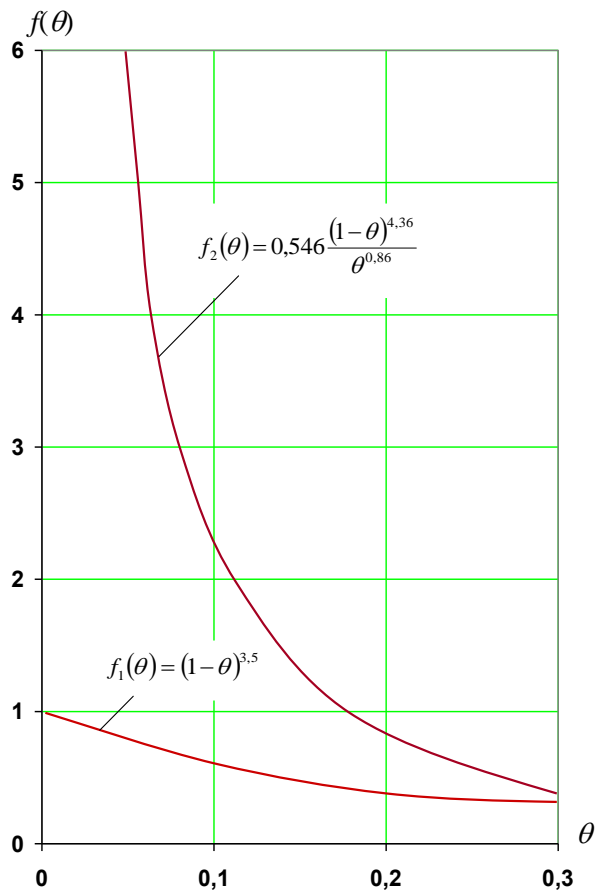


Рис. 4. Функції пористості  $f_1(\theta)$ ,  $f_2(\theta)$  для заліза

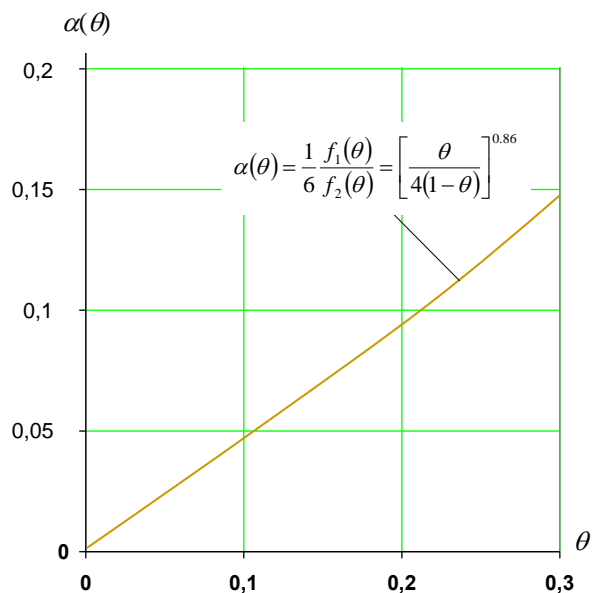


Рис. 5. Функція пористості  $\alpha(\theta)$  для заліза

Використовуючи основні положення механіки пластичної деформації пористих тіл розроблено методику описання механічних характеристик пористих тіл єдиними функціями, характер яких визначається властивостями матеріалу, з якого виготовлена пориста заготовка, і не залежить від початкової пористості. Розглянутий підхід дозволяє отримувати достовірні функції пористості для даного матеріалу, шляхом уточнення теоретичних функцій експериментальними дослідженнями.

Літературні джерела

1. Shtern, M. B., Mikhailov, O. V., Mikhailov, A. O. Generalized Continuum Model of Plasticity of Powder and Porous Materials. *Powder Metallurgy and Metal Ceramicsthis link is disabled*, 2021, 60(1-2), pp. 20–34.
2. Kuzmov, A. V., Shtern, M. B., Kirkova, O. G. The Effect of Additional Shear Strains Induced by Die Rotation on the Radial Pressing of Metal Powder Billets. *Powder Metallurgy and Metal Ceramicsthis link is disabled*, 2020, 59(3-4), pp. 127–133.
3. Gogaev, K. A., Voropaev, V. S., Podrezov, Y. N., Koval, A. Y., Yevych, Y. I. Mechanical and fatigue properties of powder titanium strips, obtained by asymmetric rolling. *Powder Metallurgy and Metal Ceramicsthis link is disabled*, 2017, 56(1-2), pp. 69–77.
4. Sivack I. O., Sakharov D. V., Babjuck T. I., Sivack R. I. The Determination of Prouisity Functions for Sintering Powder Materials // *Optimum Technologies, Technologic Systems and Materials in the Machines Building Field.* – 1998, TSTM-4. – P. 170-175.
5. Rud, V. D., Khrystynets, N. A., Rud, N. T. Vibrational Molding of Filtering Materials Using Stainless Steel and Saponite Powders. *Powder Metallurgy and Metal Ceramicsthis*, 2020, 58(11-12), pp. 623–630.

### **67. О. Р. Нагорнюк, Поліський національний університет**

#### **ВИКОРИСТАННЯ АВТОМОБІЛІВ З ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ – ШЛЯХ ДО СКОРОЧЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ**

В даний час автовиробники всього світу борються над проблемою економічності та екологічності автомобіля. Без автомобіля сьогодні неможливо уявити роботу жодної галузі економіки, і навіть життя звичайної людини вже не мислимо без транспортного засобу. Разом з тим, безперечний факт негативного впливу цього незмінного помічника людини на навколишнє середовище. Тому протягом багатьох років людство шукає можливості зменшення цього впливу шляхом пошуку нових технологій в автомобілебудуванні.

Ця проблема не існує відокремлено, вона, нарівні з проблемою переходу від традиційної економічної моделі на концепцію циркулярної економіки, яка ставить на перше місце вирішення питань екологічної безпеки, охоплює і автомобільну промисловість, як одне з джерел екологічної небезпеки [1].

Одним із інноваційних і навіть проривних напрямків автомобілебудування є виробництво гібридних силових установок. У автомобілях, де застосовані такі установки, для розгону та повноцінного руху використовується двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), тоді як електродвигун виконує підтримуючу функцію при прискоренні, а також використовується для запуску двигуна та підзарядки акумулятора в момент гальмування.

Електродвигун дозволяє значно зменшити кількість шкідливих викидів у міському режимі під час пробок, оскільки він дозволяє рухати автомобіль без запуску ДВС [2]. Ще однією перевагою гібридної установки є те, що при гальмуванні енергія не втрачається, а рекуперується в акумулятор і використовується для подальшого розгону автомобіля [3].

З усіх представлених різновидів гібридних силових установок «М'який гібрид» є найактуальнішим. Цей клас відрізняється простотою інтегрування, також має невелику батарею, що дозволяє при її утилізації зменшити шкідливі викиди у навколишнє середовище. Ще однією його позитивною якістю є те, що акумуляторна батарея має не високу напругу, що дозволяє обслуговувати такі автомобілі у більшості звичайних автосервісів.

Надзвичайно компактні розміри системи дозволяють розмістити її безпосередньо на колінчастому валу між двигуном та коробкою передач, де в класичній схемі автомобіля встановлюється маховик двигуна.

Виходячи з вищевикладеного, очевидно, що стартер-генератор з осьовим магнітним потоком має хороший потенціал широкого використання у вітчизняному автомобілебудуванні. Даний електродвигун має більший ККД, менші розміри і відповідно масу порівняно з асинхронним стартером-генератором з короткозамкненим ротором і синхронним стартер-генератором з постійними магнітами, які вже застосовуються відомими в усьому світі автовиробниками.

#### **Список літератури**

1. Про управління відходами: Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
2. Curtis Darrel Anderson, Judy Anderson *Electric and Hybrid Cars: A History.* McFarland, 2005. 189 p.
3. Tom Denton, Hayley Pells *Electric and Hybrid Vehicle.* London: Routledge. 2020. 260 p.



## ТЕХНІЧНИЙ АУДИТ У СФЕРІ ТРАНСПОРТУ

Технічний аудит є сукупністю експертних, професійно-технічних, контрольних та обліково-грошових заходів, що дозволяють детально дослідити об'єкти виробництва, у тому числі й технології виробництва, з метою підвищення їх ефективності та привабливості [1, с. 1]. Іншими словами, це спеціальна незалежна експертиза, яка ґрунтується на проведенні планових, позачергових, комплексних чи тематичних перевірок. Аудит проводиться за допомогою сторонніх інжинірингових систем чи власними силами підприємства.

Головна мета проведення цього заходу полягає в оцінюванні технічного стану та майна, ризиків виникнення аварійних ситуацій та відмов обладнання, а також у визначенні пріоритетів інвестування. Завдання технічного аудиту – уточнити рівень технічного оснащення підприємства поточного стану об'єкта, виявити порушення, розробити заходи щодо їх усунення, оптимізувати робочий процес.

Аудит проводиться у кілька етапів. На попередньому етапі виявляються підприємства, збирається та обробляється інформація, на аналітичному відбувається порівняння показників роботи в якісному та кількісному вираженні, на заключному розробляються рекомендації, готується звіт з пропозиціями від експертної комісії та інвестиційні розрахунки.

Існують різні види технічного аудиту - це технічна перевірка, перевірка технології виробництва та перевірка самого виробничого процесу.

Технічна перевірка необхідна для ще нереалізованого проекту, а й не побудованого, щоб виключити помилки. Будь-яка несправність є приводом до перевірки. На цьому етапі суворо відстежується дотримання протипожежних, будівельних, екологічних, санітарних та інших норм.

При перевірці технології виробництва увага приділяється дотриманню безпеки. Тут відстежують відповідність технологій сучасному рівню розвитку галузі, матеріаломісткості, енергоємності, трудомісткості.

При аудиті виробництва об'єктом перевірки є стан виробничих процесів, технічна документація виробництва відповідність норм законодавства, ефективність використання устаткування, наявність журналів і стан техніки. Після проведення технічного аудиту надається звіт з оцінкою стану виробництва рекомендації щодо модернізації.

Аудит транспортної компанії виконується методом дедукції, тобто вивчення від загального до приватного. На першому етапі вивчаються глобальні цілі та завдання підприємства, беруться до уваги поточні показники. На наступних – послідовний рух до детального дослідження для виявлення слабких місць і точок зростання. Стратегіям і цілям, що у найтіснішого зв'язку з логістикою, приділяється більше часу й ретельніше опрацювання. Завдяки даним перевіркам у компанії з'являється можливість досягти вагомій конкурентної переваги на ринку, а також гарантувати клієнтам безпеку.

При аудиті виробничих потужностей враховується раціональність організації та функціонування виробничого процесу технічного обслуговування, ремонту транспортних засобів, зон їх технічного обслуговування та стоянок, контрольно-пропускних пунктів.

Аудит транспортних засобів для перевезення небезпечних вантажів є однією з найважливіших перевірок, де перевіряється відповідність конструкції транспортного засобу, його оснащення та обладнання встановленим вимогам законодавства. Тут відбувається контроль типу транспортного засобу, проведення випробувань цистерн, формування рекомендацій щодо усунення порушень, після справності порушень або їх відсутності – складання пакета документів щодо відповідності вимогам.

Аудит перевізних процесів – невід'ємна частина перевірки. На даному етапі розглядається раціональність та правильність організації перевезень пасажирів та/або вантажів. Тут відбувається аналіз техніко-експлуатаційних показників роботи рухомого складу, оцінка продуктивності рухомого складу та раціональності вибору марки рухомого складу. При аудиті перевізних процесів також розраховується собівартість перевезень, щоб запобігти спаду фінансових результатів.

При проведенні аудиторської перевірки можна отримати фінансову звітність, до якої включено:

- інформація про правильність фінансової звітності;
- оцінка системи внутрішнього та бухгалтерського контролю;
- інформація про виявлені зони ризику та можливості їх моніторингу;
- рекомендації щодо покращення стану компанії.

Завдяки транспортній аудиторській перевірці фахівці в повному обсязі можуть оцінити ризики, пов'язані з порушенням транспортного законодавства, знизити економічні витрати експлуатації транспорту, усунути слабкі місця транспортної діяльності компанії та ефективність транспорту. Таким чином, проведення аудиту призводить до злагодженої та справної роботи, оптимального рівня сервісу,

зменшення пробігу транспорту за допомогою логічних та обґрунтованих маршрутів, тобто сформованої повноцінної дорожньої карти змін існуючої логістики, оптимізації витрат, зниження собівартості перевезень, наращування можливостей парку за незмінної чисельності транспортних засобів.

#### Список літератури

1. ДСТУ Б А.2.4-43:2009 «Правила виконання проектної та робочої документації металевих конструкцій». URL: <https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dstu/dstu-b-a-2-4-43-2009-pravila-vikonannya-proektno-ta-robocho-dokumentac-metalevih-konstrukc-j.pdf>
2. ДСТУ-Н Б А.2.4-44:2013 «Настанова з розроблення проектної та робочої документації металевих конструкцій. Креслення конструкцій металевих деталювальні (КМД)». URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=54277](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54277)

**69. В. Г. Зіневич, Поліський національний університет**

#### ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ НА НАВКОЛИШНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Окрім промислових підприємств, у містах головним джерелом забруднення атмосфери є автотранспортна мережа. Таким чином, місто є область перевищення ГДК шкідливих речовин. Крім забруднення атмосфери, шкідливі речовини випадають у вигляді опадів, забруднюючи гідросферу та ґрунт.

Розберемо техногенний вплив двигуна як екологічного чинника: насамперед слід зазначити виробництво двигуна промислового підприємстві. Ресурси на це постачає металургійний комбінат, на який, у свою чергу, надходять продукти розвідки та видобутку корисних копалин. Виходячи з цього, забруднення атмосфери починається з виготовлення конструкційних та експлуатаційних матеріалів, а потім виробництва двигуна.

Технологічні процеси виготовлення також супроводжуються шкідливими викидами, які концентруються головним чином межах заводських територій. Оцінка екологічних якостей технологічних процесів виготовлення (лиття, кування, механічна обробка, збирання) та їх порівняльний аналіз — важливе системне завдання, проте ми обмежимося загальною характеристикою, якою є величина витрат енергії, які мають місце при виробництві одиниці матеріалу (чавуну, сталі, бензину) ) або власне двигуна.

Отримання відомостей про величину викидів деяких речовин при виробництві основних конструкційних та експлуатаційних матеріалів (металів, пластмас, гумотехнічних виробів), палив та масел (величини є питомими, тобто віднесені до одиниці маси матеріалу) вимагає знання про витрати матеріалів на виготовлення двигуна; для існуючих двигунів відомості про фактичні витрати матеріалів відомі. Необхідно відзначити, що вся теплова енергія палива, що спалюється в ДВС, виділяється в навколишнє середовище, що призводить до її підігріву.

Одночасно витрачається кисень повітря, а також викидаються ОГ, велику частку в яких масою становить діоксид вуглецю CO<sub>2</sub>. Діоксид вуглецю екологічно небезпечний, тому що в сукупності з іншими хімічними речовинами він перешкоджає випромінюванню теплоти земною кулею в навколишній простір, що призводить до появи парникового ефекту - підвищення середньої температури атмосфери.

Розглянемо вплив роботи двигуна на атмосферу:

Продуктами вихлопів автомобільних двигунів є: нетоксичні речовини: азот, кисень, водень, водяна пара та вуглекислий газ, вміст яких в атмосфері у звичайних умовах не досягає рівня, шкідливого для людини; моноксид вуглецю, наявність якого притаманно вихлопів бензинових двигунів; оксиди азоту (~ 98% NO, ~ 2% NO<sub>2</sub>), які в міру перебування в атмосфері з'єднуються з киснем; вуглеводні (алкін, алкени, алкадієни, циклани, ароматичні сполуки); альдегіди; сажа; з'єднання свинцю; сірий ангідрид.

При роботі двигуна на збагачених сумішах через недостатню кількість кисню збільшується вміст CO та CH. Освіта NO<sub>x</sub> відбувається при високих температурах робочого циклу і достатню кількість кисню, збільшуючись з підвищенням його температури, і досягає свого максимуму при  $\alpha = 1,05$ . Мінімальна кількість CH досягається при  $\alpha = 1,05$  Ч-1,1. Збільшення CH в ОГ під час роботи на збіднених сумішах пояснюється малою швидкістю їх згоряння та значною нерівномірністю циклів згоряння. Максимальна концентрація NO<sub>x</sub> в ОГ карбюраторних та дизельних двигунів відповідає найбільш економічним режимам роботи. При цьому вміст CO мінімальний.

Зі збільшенням навантаження збільшується подача палива та змінюються склад робочої суміші та токсичність ОГ. При роботі двигуна на холостому ходу (XX) запалення утруднене і для успішного

пуску двигуна використовують збагачену суміш (повітряна та дросельна заслінки прикриті). В результаті вміст СО в ОГ досягає 10%.

При роботі на малих навантаженнях (заслінка відкрита до 25%) суміш погана, швидкість згоряння невелика і можливі пропуски в запаленні горючої суміші. При цьому вміст СО в ОГ може досягати 7%. Працюючи на середніх навантаженнях в циліндри надходить збіднена суміш і вміст СО в ОГ становить близько 1 %.

Знизити викиди СО<sub>2</sub> дозволяє перехід використання як палива природного стиснутого газу. Зниження викидів СО<sub>2</sub> можливе також при здійсненні безпосередньо на двигуні конверсії природного газу з водяною парою і СО<sub>2</sub>, частково вилучається з ОГ, з одночасним використанням їх теплоти та енергії, що йде в охолоджувальне середовище, так як конверсійні реакції є ендотермічними. При такій реалізації конверсії тепловикористання в ДВС виходить вищим, так як синтезований газ, що виникає в результаті конверсії, має більш високу питому теплоту згоряння, ніж вихідне газове паливо. Такі ж позитивні ефекти дає використання за аналогічною схемою спиртового палива метанолу. Метанол можна отримувати, наприклад, з біомаси, яка вирощується для цього. При вирощуванні зеленої маси СО<sub>2</sub> поглинається з атмосфери, а при зниженні метанолу у двигуні СО<sub>2</sub> викидає

#### Список літератури:

1. Транспортні енергетичні установки: навч. посіб. / О.М. Артюх, О.В. Дударенко, В.В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 264 с..
2. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії двигунів внутрішнього згоряння: підручник. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. 180 с.
3. Краснянський М.Ю. Екологічна безпека: навчальний посібник. К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. 180 с.
4. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз покращення. К.: НІСД, 2001. 312 с.

### **70. В. Г. Зіневич, Поліський національний університет**

#### **ЕФЕКТИВНЕ І ПЕРСПЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА**

Після винаходу Рудольфом Дизелем, його двигун, зазнавши деяких змін протягом ста років, став найбільш затребуваним та практичним у використанні у різних галузях діяльності. Головною його особливістю стала висока ефективність та економічність.

Сьогодні дизельний двигун використовують:

- на стаціонарних силових агрегатах;
- на вантажних та легкових машинах;
- на важких вантажівках;
- на сільгосп/спец/будівельній техніці;
- на тепловозах та судах.

При експлуатації двигуна важливі такі параметри:

- потужність двигуна;
- питома потужність;
- економічна і водночас надійна експлуатація;
- практичне компонування у силовому відсіку;
- комфорт та сумісність із навколишнім середовищем.

Від того, в якій галузі діяльності застосовується дизель, змінюватиметься його внутрішня конструкція.

Застосування дизельного двигуна:

1. Стаціонарні силові агрегати
2. Легкові автомобілі та легкі вантажівки
3. Важкі вантажні автомобілі
4. Будівельна спеціальна сільгосптехніка
5. Тепловози
6. Судна
7. Багатопаливні дизелі

Дизельні двигуни характеризуються займанням палива без використання свічки запалювання, запалення горючої суміші в циліндрі походить від стиснення. Це робить їх найбільш економічними, тому виробництво та застосування цих двигунів нині безперервно зростає. Тенденція розвитку автомобільного транспорту виявляється у постійному зростанні максимальної та середньої швидкості

руху, підвищенні вантажопідйомності або пасажиромісткості при одночасному зниженні витрати пального та токсичності газів, що відпрацювали. Найбільш повно цим вимогам відповідають автомобілі із дизельними двигунами. Процес заміни двигунів з іскровим запалюванням на економічніші дизелі називають дизелізацією автомобільного парку.

Поширеність дизелів обумовлена такими причинами:

1. Дизельний двигун відрізняється високим показником моменту, що крутить, на низьких оборотах, а це дозволяє домагатися відмінної розгінної динаміки з місця і впевненої тяги.

2. Дизельні двигуни є більш екологічними, оскільки вони повноцінніше та ефективніше спалюють паливний заряд. Внаслідок цього токсичність вихлопу сучасного дизельного двигуна внутрішнього згоряння значно знижена.

3. Конструктивні особливості та спосіб займання палива в циліндрах від стиснення забезпечують дизелю більш високий коефіцієнт корисної дії. Таким чином, в результаті спалювання палива більше енергії перетворюється на корисну роботу. Це означає, що потужність такого двигуна більша [1].

Принцип дії дизеля заснований на компресійному займанні палива, яке вводиться в камеру згоряння в краплинно-рідкому стані і поєднується з гарячою повітряною масою. Робочий процес дизеля залежить виключно від неоднорідності паливно-повітряної суміші. Подача паливно-повітряної суміші у такому типі двигуна відбувається окремо. Спочатку в циліндр засмоктується повітря, стискається поршнем до тиску 3,5-5,0 МПа (ступінь стиснення 15-17), у результаті температура стиснутого повітря підвищується до 500-700 градусів за Цельсієм. Потім упорскується паливо. Випаровуючись в таких жорстких умовах, паливо інтенсивно окислюється і самозаймається. Чим швидше йде процес окислення палива, тим рівніше і краще забезпечується робота двигуна.

Основні вимоги до якості дизельних палив:

1. Випаровуваність. На процеси випаровування та сумішоутворення в дизелі впливають такі показники як в'язкість, щільність, фракційний склад, тиск насиченої пари, поверхневий натяг, теплоємність.

2. Займистість. Займистість без впливу стороннього джерела запалювання, тобто. самозаймистість дизельного палива, що багато в чому визначає процес згоряння в дизелі, оцінюється цетановим числом. Цетанове число – це показник самозаймистості дизельного палива, чисельно рівний відсотковому (за обсягом) вмісту цетану в такій його суміші з альфа-метилнафталіном, яка за займистістю в циліндрі спеціального одноциліндрового двигуна за стандартних умов випробування рівноцінна випробуваному паливу. З чотирьох основних груп вуглеводнів, що зустрічаються в паливах, найвищим цетановим числом мають алкани (парафінові), а найнижчим – ацени.

3. Прокачування. На прокачування палив впливають в'язкість, температури помутніння та застигання палив, вміст механічних домішок та води, а також коефіцієнт фільтрації [2].

Переваги та недоліки дизеля.

Сьогодні дизельні двигуни мають ККД до 40-45%, великі двигуни понад 50%. Через свої особливості дизель не має жорстких вимог до палива, це дозволяє використовувати важкі масла. Чим важче паливо, тим вища ефективність двигуна та його теплотворність.

Дизель не може розвинути високі обороти - паливо не встигне догоріти в циліндрах, і для займання потрібен час. Тут використовуються дорогі механічні деталі, що робить двигун важчим.

У міру упорскування палива відбувається його згоряння. При низьких оборотах, двигун дає високий крутний момент - це робить автомобіль більш керованим «чуйним» при русі, ніж автомобіль з бензиновим двигуном. Тому на більшу кількість вантажних автомобілів ставлять дизельний двигун плюс це економічніше.

На відміну від бензинового двигуна, дизель має менше окису вуглецю у вихлопі. Що сприятливо позначається навколишньому середовищі. Найбільше забруднюють атмосферу старі та не відрегульовані вантажівки та автобуси.

В даний час особлива увага звертається на екологічні показники автомобільного транспорту в основному через високу токсичність газів, що відпрацювали, тому в останні п'ять років вітчизняна промисловість освоїла випуск так званих екологічно чистих дизельних палив зі зниженим вмістом ароматичних вуглеводнів і зниженим вмістом загальної сірки до 0, 05% мас.

#### Список літератури:

1. ДСТУ 7688:2015 «Дизельне паливо Євро. Технічні умови». URL: [https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu\\_7688\\_2015.pdf](https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_7688_2015.pdf)
2. Костів Б.Ф. Експлуатація автомобільного транспорту: Підручник. Львів: Світ, 2004. 496 с.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТО АВТОМОБІЛІВ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТИЗОВАНОГО ОГЛЯДУ І ОБСЛУГОВУВАННЯ

Впровадження роботизованого огляду та обслуговування автомобілів може підвищити їх ефективність та надійність. Роботизовані системи можуть бути використані для виконання рутинних завдань, таких як заміна олії та фільтрів, перевірка рівня рідин та інших процедур, які потрібні для підтримки працездатності автомобіля.

Такі системи можуть бути оснащені датчиками та камерами для виявлення дефектів та пошкоджень, а також для контролю якості роботи. Це дозволить швидко виявляти та усувати проблеми, що у свою чергу підвищить надійність автомобілів та зменшить ймовірність поломок.

Також роботизовані системи можуть працювати цілодобово та не вимагають перерв на відпочинок та харчування, що прискорить процес обслуговування та знизить витрати на персонал.

Однак, використання роботизованих систем може вимагати значних вкладень у початковий період, а також навчання персоналу для роботи з ними. Крім того, не всі види робіт можуть бути автоматизовані, і для деяких процедур, як і раніше, знадобиться навичка і досвід людини.

Роботизоване обслуговування автомобілів має кілька переваг:

Висока точність і якість роботи. Роботизовані системи мають високу точність і повторюваність, що дозволяє виконувати завдання з високим ступенем точності та якості. Це особливо важливо під час виконання складних процедур, таких як налаштування двигуна або системи гальмування.

Збільшення продуктивності. Роботизовані системи можуть працювати цілодобово без перерв на відпочинок та харчування, що дозволяє збільшити продуктивність та знизити витрати на персонал.

Зниження витрат на обслуговування. Роботизовані системи можуть обслуговувати велику кількість автомобілів одночасно, що дозволяє знизити витрати на обслуговування та скоротити час на проведення процедур.

Поліпшення безпеки. Роботизовані системи можуть виконувати небезпечні та трудомісткі процедури, які можуть загрожувати здоров'ю та безпеці людини. Це підвищує безпеку під час обслуговування автомобілів.

Зменшення помилок. Роботизовані системи не схильні до втоми, стресу та людських помилок, що дозволяє знизити кількість помилок і підвищити якість роботи.

Збільшення загальної надійності. Роботизоване обслуговування може допомогти запобігти поломкам і дефектам, що підвищує загальну надійність автомобілів і зменшує витрати на ремонт.

Використання роботизованого обслуговування може вимагати значних вкладень у початковий період. Крім того, можуть виникнути такі витрати:

Витрати на придбання обладнання. Для впровадження роботизованого обслуговування необхідно придбати спеціальне обладнання, яке може бути досить дорогим.

Витрати на розробку програмного забезпечення. Необхідно розробити спеціальне програмне забезпечення для роботи роботизованої системи. Це може вимагати значних витрат на розробку та тестування.

Витрати навчання персоналу. Роботизовані системи вимагають певних навичок для роботи з ними, і навчання персоналу може вимагати часу і ресурсів.

Витрати на технічне обслуговування. Роботизовані системи потребують регулярного технічного обслуговування та ремонту, що також може вимагати додаткових витрат. Витрати на інтеграцію з існуючою інфраструктурою: Роботизовані системи повинні бути інтегровані з існуючою інфраструктурою, що може вимагати додаткових витрат.

Витрати на усунення можливих проблем та помилок. У процесі роботи роботизованих систем можуть виникнути проблеми та помилки, що може вимагати додаткових витрат на їх усунення.

Підбиваючи підсумки всього сказаного, можна сказати, що використання роботизованого обслуговування може вимагати значних вкладень у початковий період, і навіть навчання персоналу до роботи з ними. Крім того, не всі види робіт можуть бути автоматизовані, і для деяких процедур, як і раніше, знадобиться навичка і досвід людини.

### Список літератури:

1. Технічний сервіс машин: навч. посібник. Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. 288 с.
2. Гурвич А.К., Ермолов И.Н. Ультразвуковая дефектоскопия сварных швов. Киев: Техника, 1972, 460с.
3. Білокур І. П. Основи дефектоскопії: Підручник. К.: Азимут-Україна, 2004. 496 с.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНІЗМІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

З розвитком технологій комп'ютерного моделювання стали можливі нові підходи оптимізації проектування деталей механізмів. Багато компаній та інженерів використовують такі методи для підвищення якості продукції та скорочення часу та витрат на її виробництво.

Комп'ютерне моделювання є основою для різних методів оптимізації, таких як формула обмежень, метод градієнтного спуску та методи штучного інтелекту, такі як генетичні алгоритми та нейронні мережі. Вони можуть бути використані для оптимізації форми, розмірів, матеріалів, конфігурації та технічних характеристик компонентів механізмів.

Одним із прикладів застосування комп'ютерного моделювання для оптимізації проектування є використання методу градієнтного спуску у проектуванні великих вантажних кораблів. Він дозволяє оптимізувати структуру корабля відповідно до кількох критеріїв, включаючи вантажопідйомність, швидкість та економію палива.

З використанням комп'ютерного моделювання також можна більш точно визначити межі міцності деталей, що дозволяє унеможливити їх поломку. Такий метод, наприклад, може бути використаний у проектуванні двигунів автомобілів.

З іншого боку, комп'ютерне моделювання допоможе скоротити кількість прототипів, які необхідні для тестування. Це дозволяє заощадити час та гроші на продукті. Також може бути проведена симуляція роботи механізму на різних швидкостях і різних умовах, включаючи сили, викликані на деталі в процесі роботи.

Введення комп'ютерного моделювання в процес проектування механізмів і деталей може вплинути на спосіб їх створення. Це дозволяє інженерам прискорити проекти, скоротити витрати та покращити якість продукції.

Розвиток технологічної бази сільгосп підприємств, її технічне облаштування на основі сучасних методик проектування адаптивних технологій виробництва продукції рослинництва висуває нові вимоги до техніко-економічних параметрів та умов використання машин та обладнання, тобто формує замовлення по номенклатурі та якості продукції, що випускається підприємствами сільгоспмашинобудування.

Модернізація підприємств галузі сільгоспмашинобудування створює можливості для розширення виробництва, оновлення номенклатури та підвищення якості продукції підприємствами галузі та на цій основі, задоволення потреб споживачів, тобто підприємств сільського господарства, у технічних засобах для освоєння сучасних адаптивних енергозберігаючих технологій виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції тощо.

### **Список літератури**

1. Арндаренко В.М., Іванов О.М., Назаренко О.О. Основи дослідження і проектування механізмів і машин. Навчальний посібник. Полтава, 2016. 272 с.
2. Борисенко В.Д., Устенко С.А., Устенко І.В. Основи комп'ютерного моделювання в інженерній діяльності: навчальний посібник. Миколаїв: МНУ, 2016. 276 с.
3. Князь І. О. Комп'ютерне моделювання динамічних систем. Розділ "Основи комп'ютерного моделювання": навчальний посібник. Суми: Сумський державний університет, 2011. 102 с.

## **ВИЇЗНА ДІАГНОСТИКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ЯК ОДНА З НАЙБІЛЬШ ЗАТРЕБУВАНИХ СЕРВІСНИХ ПОСЛУГ В СУЧАСНИХ РЕАЛІЯХ**

Комп'ютерна діагностика автотранспортних засобів (OBD, англ. On-board diagnostics) - діагностика різних систем автомобіля в тому числі сучасних тракторів, комбайнів, що здійснюється в блоці управління. Результати діагностики відображаються у вигляді сигналів про помилку на панелі приладів. Перші зачатки електронної автомобільної діагностики з'явилися 40 років тому, у 1980 році, коли компанія General Motors забезпечила автомобілі інтерфейсом для тестування модулів керування двигуном. Пізніше, з метою підвищення екологічності та економічності, замість карбюратора встановили інжекторний пристрій, а на форсунку встановили електронний блок управління (ЕБУ) під назвою «Мозок». ЕСУ контролює уприскування, випередження запалювання та подачу повітря. З тих пір минуло досить багато часу, і сучасні автомобілі можуть легко містити близько 80 елементів керування для різноманітних компонентів, від підігріву сидінь до автоматизованих систем паркування.

Система OBD-1 була офіційно запущена в 1991 році, а через п'ять років фахівці створили єдиний протокол діагностики (OBD-2), який набув чинності в 2021 році. Використовується на автомобілях, вироблених у Канаді та США. Є й інші аналоги в Японії та Європі, наприклад EOBD та JOBD відповідно. Функціонально комп'ютерна діагностика здійснює електронну перевірку систем автомобіля і виводить отримані дані у вигляді графічних індикаторів і у вигляді кодів помилок, що дозволяє виправити або попередити про несправності. Діагностика здійснюється за допомогою роз'єму, розташованого біля рульової колонки або в іншому місці (в залежності від моделі автомобіля). Стандартизація цього порту означає, що до нього підключаються електронні пристрої для перегляду даних з бортового комп'ютера. Крім основного коду, деякі виробники автомобілів також мають дані, що стосуються конкретної моделі їх автомобіля. Для отримання інформації, яка зберігається в пам'яті бортового ПК, використовується спеціальний сканер.

Для кожного водія несправності в транспортному засобі завжди виникають недоречно, тим більше, якщо це трапляється під час експлуатації транспортного засобу. Крім того, водій починає панікувати, метушитися і нерідко робить необдумані дії через вчтановлені терміни виконання поставлених задач. Першочергово необхідно візуально провести огляд транспортного засобу і зв'язатися з технічними службами.

Усувати поломку самостійно у ряді випадків може бути небезпечно: це може призвести до посилення ситуації та викликати ще більш серйозний та дорогий ремонт. Вирішити цю проблему, швидко виявити несправність та заощадити фінанси на технічних службах допоможе виїзний сервіс комп'ютерної діагностики. Комп'ютерна діагностика автомобіля проводиться з використанням мультимарочних сканерів, оснащених сучасними програмами для діагностики, наприклад ScanDoc, DashCommand, Scanmaster, OBD, OBD Car Doctor [1]. Спеціаліст за допомогою кабелю підключається з роз'єму Diagnostic Link Connector та визначає коди помилок. Виявивши коди несправностей, може зробити висновок про способи їх усунення. У ряді випадків ремонт можна виконати дома і без додаткових витрат. На прикладі цього випадку бачимо, як інноваційні технології дозволяють заощадити час і знизити витрати на усунення несправностей.

Ще одна можливість сервісу виїзної комп'ютерної діагностики – надання послуг з оцінки технічного стану техніки.

Крім вищеперелічених переваг, вчасно виїзна комп'ютерна діагностика продовжить термін експлуатації рухомого складу. Комп'ютерна діагностика дозволяє на ранньому етапі визначити несправності, вчасно їх усунути та уникнути дорогого ремонту вузлів та агрегатів рухомого складу [2].

Таким чином, можна зробити висновок, що виїзна комп'ютерна діагностика - це необхідна в наш час послуга, що дозволяє підтримувати рухомий склад у справному стані, економити час і фінанси при виконанні обробітку земель та врожаю при його непередбачених поломках.

#### **Список літератури:**

1. Комп'ютерна діагностика автомобілів. URL: <http://om.vpu11.vn.ua/study/avto/avto.php>
2. Криштопа С.І. Комп'ютерна діагностика автомобілів: метод. вказ. для вивчення дисципліни. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. 51 с.

#### **74. В. О. Літвінцев, Поліський національний університет**

##### **ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ (ПЕЛЕТ)**

Пелети (паливні гранули) – нормовані циліндричні вироби, які виготовляються шляхом пресування за допомогою великого тиску відходів сільського господарства, висушеної та подрібненої деревини чи іншої біомаси без застосування будь-яких сполучних елементів (рис. 1)



**Рис. 1. Пелети (паливні гранули):**  
**а) першого класу (без кори); б) торф'яні гранули**

В Америці та Європі паливні гранули називають «pellets» (кульки) тому, що в англійській мові є слово «гранульований», але відсутнє слово «гранули». Паливні гранули виготовляють з різної сировини, такої як: деревина, тростини, торф, енергетичні трави, лушпиння, солома, лігніну, багато інших видів рослинного льону і навіть курячий послід. Найпоширеніші у виробництві їх – це деревина і торф. Пелети є реальною альтернативою кам'яного вугілля та нафти, оскільки за своїми теплотворними характеристиками не поступаються вугіллю, а їх екологічні параметри взагалі поза конкуренцією.

Використання пелет як палива широко поширене нині у світі. Це не важко пояснити широким спектром їх незаперечних переваг. Найголовнішим із цих переваг є можливість повної автоматизації процесу горіння. Ця якість стала головною рушійною силою у процесі стрімкого розвитку систем автономного опалення замських будинків та дачних будиночків. В даний час виробництво автоматичних котлів, що працюють на паливних гранулах, у багатьох Європейських країнах поставлене навіть на промислову основу. Модельний ряд представлений великою кількістю варіантів на будь-який смак та потужність. Після освоєння пелетного виробництва, у Європі цей процес розпочався й в Україні. Виробництво таких котлів дуже добре налагоджено. Варто зауважити, що здійснено переведення багатьох вугільних котелень на опалення дерев'яними гранулами.

Щоб отримати якісні паливні гранули, необхідно виконання трьох основних умов: використання якісного обладнання, використання якісної сировини, ну і, звичайно, повне дотримання технології виробництва з використанням високопродуктивних автоматичних ліній.

Процес виробництва пелет умовно можна розділити на етапи: подрібнення (первинне, грубого помелу в рубальних машинах); сушіння; подрібнення (остаточне подрібнення – рафінація); пресування (грануляція – пелетизація); охолодження (кондиціонування); сепарація (відділення некондиційної фракції від повнорозмірних пелетів) [3].

Спрощена лінія технологічного процесу виготовлення пелет представлена на рис. 2.



**Рис 2. Технологічна лінія виготовлення пелет**



Найважливішими видами обладнання, визначальними якістю і продуктивністю процесу виробництва паливних гранул, є преси – гранулятори, а також млини для грубого та дрібного пресування, що виготовляються рядом зарубіжних та вітчизняних підприємств, проте їх технічні характеристики та ціна значно відрізняються.

#### Список літератури:

1. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування. Чернівці: ЧДТУ, 2005. 567с.
2. ДСТУ 8358:2015 «Брикетти та гранули паливні з деревинної сировини. Технічні умови». URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=73203](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=73203)
3. Стандарти якості та вимоги до опалювальних пелет і брикетів. URL: <https://tehnomashstroy.com.ua/ua/a404370-standarty-kachestva-trebovaniya.html>

75. *В. М. Зубко, Т. В. Хворост, Сумський національний аграрний університет*

#### ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Використання техніки для забезпечення польових робіт супроводжується зношенням механізмів і втратою фізичних властивостей робочих рідин. Режимы експлуатації техніки мають пряий вплив на терміни проведення регламентних робіт з її обслуговування. Технічне обслуговування (ТО) – етап експлуатації техніки, який базується на інтенсивності її експлуатації з визначеними матеріалами для її проведення. ТО складається з переліку регламентних робіт, вчасне виконання яких забезпечує безперервне функціонування техніки у господарствах і попереджає передчасне зношення деталей та механізмів [1].

Проблемами технічної експлуатації засобів механізації аграрного виробництва займалися багато українських науковців, таких як: М. Молодик, В. Войтюк, В. Ситник, О. Науменко, О. Сідашенко, В. Більський, О. Лудченко, М. Кропивка, Я. Білоуська, П. Музика, П. Саблук, Г. Підлісецький та інші. Проте, питання створення ефективної системи технічного обслуговування та ремонту аграрної техніки потребують подальшого вивчення.

Відповідно до «Правил технічної експлуатації тракторів, самохідних шасі, самохідних сільськогосподарських, дорожньо-будівельних і меліоративних машин, сільськогосподарської техніки, інших механізмів» від 2010 року визначаються такі види технічного обслуговування, як: ТО під час підготовки машини до експлуатації, щоденне, планові періодичні ТО, сезонне та ТО при зберіганні. При цьому перелік робіт та періодичність їх проведення для кожного з них визначається спираючись на інструкцію з експлуатації конкретної машини [2].

Відомі такі системи технічного обслуговування і ремонту (ТОР): система ТОР до 1977 року та система ТОР 1980-2000 рр. (Рис. 1), але жодна з даних систем не підходить під вимоги до ТО сучасних засобів механізації аграрного виробництва. Характерною особливістю старої системи є те, що вона не передбачала індивідуального обслуговування, а була розрахована лише на планування.

Планово-передбачувана система ТОР																												
Система ТОР тракторів до 1977 р. 60 мотогодин																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
3	1																											
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1
6	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1
7																												
8	Система ТОР комбайнів до 1977 р. 60 годин																											
9																												
10	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
13																												
14	Система ТОР протих агромашин до 1977 р. 60 годин																											
15																												
16	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19																												
20	Система ТОР тракторів 1980-2000 рр. 125 годин																											
21																												
22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
23	1	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
26																												
27	Система ТОР комбайнів 1980-2000 рр. 125 годин																											
28																												
29	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Рис. 1. Система ТОР тракторів, комбайнів, агромашин до 2000 року

На основі аналізу інструкцій з експлуатації аграрної техніки різних виробників встановлено, що кожен з виробників має свою систему технічного обслуговування. Водночас всі використовують визначення «мото година» і, наприклад, в інструкції з експлуатації зазначено, що ТО 1 повинно проводитись через 250 мото годин, а по факту проводиться через 250 астрономічних годин.

Через те, що сучасні господарства мають техніку різних виробників їм дуже складно формувати єдину ефективну систему для організації і проведення технічного обслуговування. І, як показує

практика, господарства проводять технічне обслуговування та ремонт аграрної техніки здебільшого дотримуючись правил, сформованих на основі власного досвіду.

На сьогоднішню вимогу аграрного бізнесу нами розроблена система SATSRAM (Рис. 2), яка враховує тип робіт, час їх проведення, кількість і вартість матеріалів та обґрунтування можливості проведення ТО в умовах господарства.

ТОР самохідної агромашини														
Case-1680														
Робота, матеріали	№ з/п	Об'єм	Виконати при досягненні кожних мотогодин											Ціна грн
			100	10	50	125	250	500	750	1000	1250	1500	2000	
Перевірка місця тертя проводів і шлангів	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00
Перевірка рівень моторної оливи	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00
Перевірка рівень трансмісійної оливи	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00
Перевірка рівень охолоджуючої рідини	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00
Перевірка рівень електроліту в АКБ	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1.00
Перевірка шланги повітрязабору	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1.00
Перевірка тиску оливи трансмісії	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1.00
Перевірка моменту затяжки колісних гайок	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1.00
Перевірка тиску у шинах	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1.00
Перевірка оливи у перед. мосту і борт. редукторах	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1.00
Перевірка щільності антифризу	11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1.00
Перевірка шлангів і хомутів системи охолодження	12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1.00
Перевірка кількості холодоагента	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1.00
Перевірка паливних форсунок	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1.00

Рисунок 2. Система ТОР агромашини

Особливістю системи є те, що у структурі враховано різні типи аграрної техніки: енергетичні засоби, самохідні машини та агромашини, які працюють в агрегаті з енергетичними засобами, автомобілі з їхніми особливостями і, відповідно, регламентами. Сформована база даних у комплексі з розробленим алгоритмом дозволяють організувати процес проведення ТО

Розроблена система SATSRAM дозволяє організувати процес проведення технічного обслуговування для аграрної техніки підприємство. Сплановане обслуговування техніки забезпечує потоковість процесу і ефективне використання машини у виробничому процесі з їх максимальним завантаженням. Водночас планове ТО дозволяє значно підвищити якість виконання механізованих технологічних операцій і вплинути на строки їх виконання. Задачами подальших досліджень є розширення бази даних аграрної техніки і проведення аналізу можливостей різних підприємств (людський потенціал та спеціалізований інструмент та обладнання) до проведення різних видів ТО.

#### Список літератури

1. Система технічного обслуговування тракторів. <https://ua.waykun.com/articles/sistema-tehnichnogo-obslugovuvannja-traktoriv.php>
2. Правила технічної експлуатації тракторів, самохідних шасі, самохідних сільськогосподарських, дорожньо-будівельних і меліоративних машин, сільськогосподарської техніки, інших механізмів. 06.04.2010 N 173
3. Аграрій розповів про оптимальний підхід в обслуговуванні тракторів. AgroTimes. Техніка 2023 <https://agrotimes.ua/tehnika/agrarij-rozproviv-pro-optimalnyj-pidhid-v-obslugovuvanni-traktoriv/>
4. Войтюк В.Д., Демко А.А., Надточій О.В. та ін. Структура і загальні положення концепції технічного сервісу енергонасиченої с.г. техніки. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Вип. 15, 2014. 214 с

76. М. О. Іванів, Д. М. Ковтун, Херсонський державний аграрно-економічний університет

#### ВПЛИВ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РОЗВИТОК ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА

Сучасне сільське господарство розвивається в кількох напрямках, з основним акцентом на застосуванні нових технологій. Використання передових методів сприяє сталому розвитку галузі через більш обґрунтовані управлінські рішення. Агротехнології підвищують врожайність та оптимізують прибутковість сільськогосподарських підприємств. Фермери успішно комбінують перевірені та нові методи виробництва, наприклад, використовуючи цифрові технології для ефективного планування сівозміни та моніторингу врожайності полів за допомогою супутникових знімків.

Сучасні інновації в сільському господарстві охоплюють широкий спектр напрямків та інструментів, спрямованих на підвищення продуктивності та ефективності сільськогосподарських підприємств. Вони включають використання сучасної техніки, робототехніки, комп'ютерів, супутникового зв'язку, дронів, мобільних пристроїв та програмного забезпечення. Використання

аналітики великих даних та штучного інтелекту (ШІ) також відображає сучасну тенденцію до впровадження інноваційних технологій у сільському господарстві.

За останнє десятиліття підходи до управління фермерськими господарствами значно еволюціонували, сприяючи успішному вирощуванню сільськогосподарських культур та підвищенню врожайності відповідно до принципів сталого сільського господарства. Нові технології в аграрному секторі спрямовані на оптимізацію бізнес-процесів та підвищення продуктивності. Розробка та вдосконалення сільськогосподарських технологій постійно розвивається, тому фахівці галузі повинні йти в ногу з часом і розуміти найкращі практики в сільському господарстві.

Завдяки новим технологіям у сільському господарстві агрономи можуть точно дозувати зрошення, добрива, пестициди та інші засоби, враховуючи специфічні потреби кожного поля. Такий індивідуальний підхід забезпечує ефективне використання ресурсів та оптимізацію процесу сільськогосподарського виробництва.

Інновації в сільському господарстві не обмежуються використанням комп'ютерів і нових машин. Вони також включають вдосконалені матеріали, добрива та нові хімікати. У сільському господарстві існує чотири основних типи інновацій:

- селекція і генетика - це робота по виведенню високопродуктивних сортів та гібридів сільськогосподарських культур з урахуванням їх продуктивності та якості продукції;
- економічний - передбачає розробку більш ефективних методів організації та управління виробництвом сільськогосподарської продукції;
- соціально-економічний - це розвиток сільського господарства з урахуванням таких соціально-економічних аспектів, як активна соціальна політика, створення ефективних інституційних умов і механізмів контролю за діяльністю суб'єктів;
- виробництво - це використання інноваційних ресурсів, таких як роботи та нові технології, для більш ефективного вирішення сільськогосподарських проблем[1].

Застосування сучасних підходів у сільському господарстві приносить користь усім ланкам агропродовольчого ланцюга. Використання сучасних технологій у цьому секторі дозволяє оптимізувати та автоматизувати сільськогосподарську діяльність, заощаджуючи час та ресурси. Основними перевагами використання нових сільськогосподарських технологій є: економія ресурсів, таких як зрошувальна вода, добрива та пестициди, що дозволяє агровиробникам зменшити витрати та зберегти прибуток; сприяє стійкості сільського господарства та покращенню стану навколишнього середовища шляхом зменшення хімічного забруднення та захисту водних ресурсів від забруднення; підвищує продуктивність при одночасному зниженні витрат на робочу силу; покращує координацію та взаємодію між зацікавленими сторонами в сільському господарстві за допомогою мобільних пристроїв, спеціалізованих додатків та онлайн-ресурсів; спрощення доступу до сільськогосподарського страхування, фінансових послуг та ринкових даних; зменшення втрат від шкідників, стихійних лих та несприятливих погодних умов завдяки системам сільськогосподарського моніторингу; підвищення доходів фермерів завдяки покращенню якості продукції та контролю якості; виявлення дефіциту поживних речовин у рослинах та надання рекомендацій щодо використання добрив для підвищення врожайності; прогнозування потенційних проблем у полі шляхом аналізу даних та візуалізації виробничих моделей; прогнозування загальної врожайності дозволяє фермерам більш точно планувати свій бюджет і готуватися до непередбачуваних подій.

Інновації в галузі сільського господарства, орієнтовані на точне землеробство та інтенсивне використання ІКТ, ознаменували переломний момент у підвищенні ефективності та стійкості галузі. Автоматизація сільськогосподарської діяльності призвела до значної економії часу і підвищення точності в застосуванні таких ресурсів, як гербіциди, інсектициди і добрива. Крім того, впровадження цифрових інструментів, включаючи машинне навчання, розширило сферу застосування сільського господарства не тільки за рахунок підвищення продуктивності, але і за рахунок вирішення найважливіших екологічних проблем, таких як зміна клімату і якість води. Інтеграція ІКТ у сільське господарство сприяла управлінню знаннями та впровадженню інновацій, оптимізації управління природними ресурсами та підвищенню якості кінцевої продукції[2].

Технологічний прогрес у сільському господарстві, особливо завдяки Інтернету (IoT) та використанню безпілотних літальних апаратів, надав необхідні інструменти для прогнозування змін мікроклімату та адаптації до них, а також для більш точного та ефективного збору даних. Ellenex виробляє сенсори для сільського господарства, що працюють по різних технологіях зв'язку, таких як LoRaWAN, супутниковий зв'язок, Sigfox і Wi-Fi. Ці сенсори живляться від акумуляторних батарей і вимірюють параметри води та температури, що дозволяє фермерам моніторити їхню діяльність.

AgriLinx розробляє мережу LoRaWAN під назвою FLEX для фермерів, яка дозволяє передавати дані на відстань до 10 км. Ця мережа дозволяє фермерам отримувати дані про ферму на своїх мобільних пристроях і відстежувати рівень зрошення та сільськогосподарське обладнання. AgriLinx також надає бездротовий зворотний зв'язок для підключення віддалених об'єктів до інтернет-сервісів для їх керування. Ці нові технології не тільки підвищують продуктивність сільського господарства та ефективність управління інформацією, але й мають вирішальне значення для вирішення проблем, пов'язаних зі зміною клімату, та забезпечення сталого розвитку галузі. Дрони зробили революцію в області збору даних, дозволивши проводити більш точний і регулярний моніторинг стану сільського господарства, що призвело до зниження витрат і підвищення ефективності управління рослинництвом. Стартап Equinox's Drones використовує технологію дронів для різноманітних послуг, таких як моніторинг посівів, аероінспекція, обробка та аналіз даних. Вони пропонують рішення для топографічної аерофотозйомки дронами, використовуючи ортомозаїчні карти, хмари 3D-точок, цифрові моделі, контурні карти та інше. Стартап обробляє зображення та відео з дронів, спрощуючи аеріальний моніторинг посівів та аналіз даних. Крім того, вони здійснюють оцінку врожайності на основі даних, отриманих від дронів. У сукупності ці технології являють собою фундаментальну трансформацію в сільському господарстві, пропонуючи інноваційні рішення для управління ресурсами та адаптації до екологічних викликів.

Мобільні програми та технології штучного інтелекту (ШІ) оптимізують дозування добрив у сільському господарстві, надаючи інтуїтивно зрозумілі та настроювані інтерфейси, які адаптуються до різних агроєкосистем. Ці знання можна використовувати для розробки системи рекомендацій на основі підходів машинного навчання. Ці інструменти не тільки спрощують керування та отримання даних, але й покращують ефективність використання ресурсів і зменшують забруднення навколишнього середовища. Здатність цих додатків з'єднуватися з нейронними мережами та адаптуватися до змін у ґрунті значно підвищує врожайність і прибутковість, покращуючи екологічну стійкість.

Доповнення ШІ програмами машинного навчання в сільському господарстві дає цінну інформацію для оптимізації сільськогосподарських рішень. Системи на основі алгоритмів, такі як опорні векторні машини, дають точні рекомендації щодо типів і кількості добрив, підвищуючи продуктивність і мінімізуючи вплив на навколишнє середовище. Ці технологічні досягнення сприяють більш ефективному управлінню поживними речовинами в ґрунті, сприяючи його родючості та довгостроковій стійкості.

Інтеграція моделей машинного навчання в інтелектуальні системи внесення добрив є значним прогресом у точному землеробстві. Ці системи не тільки покращують прогнози врожайності сільського господарства, але й забезпечують ефективне управління ресурсами в умовах обмеженого ґрунту та навколишнього середовища. Застосування штучного інтелекту на основі азотно-фосфорно-калієвої (NPK) спектроскопії в теплицях і гідропонних системах підкреслює здатність цих технологій підвищувати продуктивність сільського господарства на невеликих просторах, таким чином вирішуючи виклики сучасного сільського господарства. Arva Intelligence, американський стартап, використовує штучний інтелект для індивідуального планування врожайності, збираючи та аналізуючи дані про генетику рослин, родючість ґрунту, клімат та врожай. Їх програмний інтерфейс надає класифікацію ґрунту та клімату для конкретних культур, а також сприяє аналізу врожаю, допомагаючи фермерам визначати обмеження та оцінювати ефективність посівів. Компанія Ask Attis, бельгійський стартап, розробляє застосунок Planticus, який виявляє хвороби та шкідників рослин за допомогою штучного інтелекту. Їх технології моніторингу допомагають забезпечити продовольчу безпеку, дозволяючи фермерам вчасно реагувати на потенційні загрози для врожаїв[3].

Вплив інноваційних технологій на сільськогосподарський сектор є важливою складовою сучасного розвитку аграрної галузі. Засоби та методи сучасної технології дозволяють підвищити ефективність виробництва, зменшити витрати, покращити якість продукції та забезпечити стійкий розвиток сільськогосподарського сектору. Інновації у галузі сільського господарства включають в себе використання різноманітних технологій, таких як сільськогосподарські датчики, автоматизовані системи поливу, агродрони, розумні агротехнології та багато іншого. Завдяки цим інноваціям сільське господарство стає більш продуктивним, екологічно чистим та конкурентоспроможним. Для максимального використання потенціалу інновацій потрібна підтримка від уряду, інвестиції в дослідження та розвиток, а також освіченість та готовність фермерів до впровадження новітніх технологій. Разом з тим, важливо зберігати баланс між впровадженням новацій та збереженням традиційних методів сільськогосподарського виробництва для забезпечення сталого розвитку галузі.

## Література

1. Гончарук І. В., Томашук І. В. Вплив інноваційних процесів на підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств //Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2023.№ 1 (63). С. 30-47. DOI: 10.37128/2411-4413-2023-1-3. – 2023.
2. Дорогань-Писаренко Л. О., Єгорова О. В., Панченко І. Г. Особливості аналізу ефективності впровадження технологічних інновацій в сільському господарстві //Наука та інновації. – 2020.
3. Вишневецька О. В. Особливості інноваційної діяльності в сільському господарстві //Theoretical and science bases of actual tasks. – 2022. – Т. 14. – С. 86.

*77. В. М. Зубко, А. В. Чепіжний, В. Є. Коваленко, В. В. Шутко, Сумський національний аграрний університет*

## **ОСНОВНІ АСПЕКТИ В СУЧАСНІЙ КЛАСИФІКАЦІЇ ХОДОВИХ СИСТЕМ АГРАРНОЇ ТЕХНІКИ**

В більшості літературних джерел існує доволі велика кількість різноманітних класифікацій ходових систем енергетичних засобів [1]. Відповідно до яких виконується розподіл на колісні, гусеничні та напівгусеничні енергетичні засоби. При такій класифікації зовсім не враховується інші їх особливості, що також мають значний вплив на показники роботи енергетичних засобів. Іншим аспектом в класифікації ходових систем є майже повна відсутність класифікації ходових систем причіпних, начіпних та напівначіпних агромашин [2].

Необхідно також зазначити, що високі темпи розвитку різноманітної аграрної техніки породжують виникнення нових чи вдосконалених ходових систем, що пристосовані під певні умови їх використання. Такі тенденції розвитку не дають чіткого розуміння споживачам аграрної техніки при її виборі в дилера під конкретні умови. А отже доволі часто виникають ситуації, коли дилер продає дороговартісну техніку, що не здатна повністю проявити себе в умовах господарства. Результатом такої співпраці є витрата господарством значних коштів та повна неефективність роботи різноманітної аграрної техніки.

Виходячи з такої проблематики та фактично відсутності зведеної класифікації ходових систем різноманітних енергетичних засобів нами пропонується виконати зведену класифікацію ходових систем аграрної техніки, що здатна буде охарактеризувати їх особливості та надати розуміння з напрямками їх використання в конкретних умовах їх використання. Необхідною умовою для складання такої класифікації є її універсальність в застосуванні для існуючих зразків аграрної техніки іноземного та вітчизняного виробництва, з врахуванням особливостей попереднього та подальшого її розвитку.

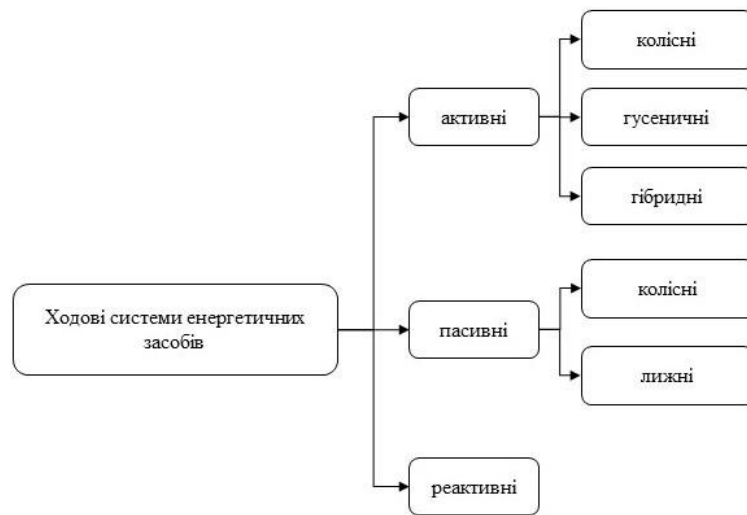
Іншою значною умовою при проведенні класифікації ходових систем є врахування вже існуючих класифікацій для розуміння виробникам та різноманітним споживачам аграрної техніки, що дасть їй більшої універсальності при застосуванні. [5]

Для прикладу пропонується розглянути фрагменти класифікацій ходових систем різноманітних енергетичних засобів (рис. 1) та ходових систем причіпних, начіпних і напівначіпних агромашин (рис. 2). При складанні даної класифікації проводився аналіз різноманітних енергетичних засобів та агромашин.

Початковим розподілом для енергетичних засобів було обрано три типи коліс: активне, пасивне та реактивне. Такий поділ дає можливість аналізу та подальшого покращення тягово-зчіпних властивостей енергетичного засобу без відриву від виконання операції на полі.

Даний розподіл енергетичних засобів на групи дає можливість аналізу подальших особливостей реалізації їх ходових систем з врахуванням типу рушія та матеріалів з яких виготовляються складові частини.

Подальша класифікація надає відмінності в ходових системах, що стосуються таких особливостей, як реалізація «крабового ходу», відгалуження гусеничного рушія типу «Quadtrac» та інші. Результатом такого розподілу є більш чітке розуміння тягово-зчіпних характеристик рушіїв, особливості їх використання та повнота їх реалізації в конкретних умовах. Зазначимо, що нами розглянуто лише фрагмент з загальної класифікації, а отже подальший розподіл включає різноманітні особливості такі, як особливості повороту, тип приводу та інші.



**Рис. 1. Фрагмент класифікації ходових систем енергетичних засобів**

Далі пропонується провести аналіз основних ходових систем різноманітних агромашин, що також має певний вплив на реалізацію роботи агрегату в кінцевому випадку та його тягово-зчіпні властивості.



**Рис. 2. Фрагмент класифікації ходових систем причіпних, начіпних і напівначіпних агромашин**

Основним напрямком розподілу ходових систем різноманітних агромашин (рисунок 2) є початковий їх поділ на три типи такі ж, як і для енергетичних засобів. Далі враховується тип рушія та особливості його будови з врахуванням матеріалів. Такий розподіл дає можливість для подальшого аналізу особливостей взаємодії рушія з ґрунтом та його особливостей реалізації на агромашині.

Особливістю запропонованої класифікації є можливість закладання в неї ходових систем, що на сьогодні є лише на прототипах різноманітної аграрної техніки. Надалі дана класифікація надасть можливість аналізу особливостей взаємодії рушія з ґрунтом з більш чітким врахуванням всіх можливих відмінностей та факторів впливу на реалізацію тягового зусилля агрегату. Не менш важливим фактором застосування даної класифікації залишається і можливість виокремлення додаткових функцій аграрної техніки, що не використовуються в певних умовах, але нав'язується різноманітними дилерами.

Все це підтверджує універсальність та ефективність застосування даної класифікації при виборі, аналізі та проведенні розрахунків аграрної техніки.

#### Список літератури

1. Лебедєв А.Т. Опір перекочування колеса, що працює з буксуванням / А.Т. Лебедєв, Є.І. Калінін, М.Л. Шуляк // Збірник наукових статей Луцького НТУ. Сер.: Сільськогосподарські машини. – 2015. – Вип. 32. – С. 109–115.
2. Ребров О.Ю. Теоретичне обґрунтування основних параметрів колісних сільськогосподарських тракторів / О.Ю. Ребров // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2017. – №8. – С. 243–254.
3. Ребров О.Ю. Формування математичної моделі динамічної навантаженості ходової системи колісного трактора з напівпричіпним агрегатом / А.Г. Мамонтов, А.П. Кожушко, О.Ю. Ребров // Вісник Національного технічного університету «ХП». Сер. Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : НТУ «ХП», 2019. – № 1. – С. 29–41.
4. Надикто В. Визначення максимального буксування колісних рушіїв з урахуванням обмеження їх тиску на ґрунт / В. Надикто // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 7. – С. 34–38.

5. Техніка сільськогосподарська мобільна. Методи визначення дії ходових систем на ґрунт : ДСТУ 4428:2005. – Чинний від 2006-07-01. – Київ: Держспоживстандарт України, 2006. – 9 с. – (Національні стандарти України).

6. Agriculture tires and tracks [Electronic resource] // Firestone. – 2020. – Access mode: www.firestoneag.com. – Date of the application: 15.09.2020.

7. Лебедев С. Підвищення агроекологічних якостей сільськогосподарських колісних тракторів / С. Лебедев // Техніка і технології АПК. – 2016. – № 1. – С. 16–21.

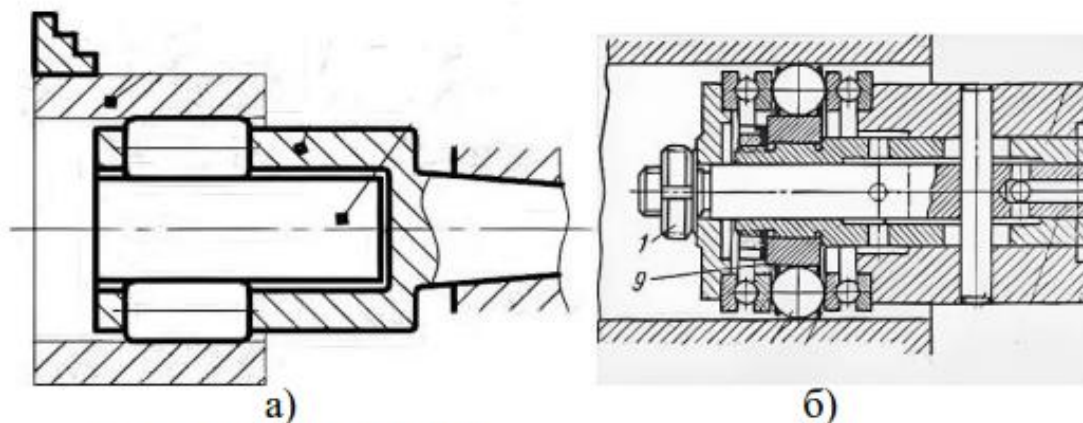
**78. А. В. Горвий, аспірант, Вінницький національний аграрний університет**

### **ПОКРАЩЕННЯ ПІСЛЯОБРОБКИ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ ГІЛЬЗ ГІДРОЦИЛІНДРІВ**

У сучасному інженерному ландшафті гідроциліндри є невід'ємною частиною гідравлічних систем, що працюють в різних галузях, включаючи промислове виробництво та сільське господарство. У сільському господарстві гідроциліндри відіграють важливу роль у техніці. Це забезпечує оптимальну ефективність виробничих процесів та сприяє високій якості сільськогосподарської продукції, що змушує інженерів зі всього світу шукати шляхи поліпшення та вдосконалення гідроциліндрів.

Враховуючи інновації та дослідження в галузі обробки циліндричних деталей, можливо збільшити ресурс гідроциліндрів на 20-30% та більше, що робить це питання важливим для подальшого розвитку сучасних промислових та технологічних процесів.

Одним за таких процесів є покращення робочої поверхні гідроциліндрів методом розкатування, що полягає в механічній обробці поверхні гільзи інструментом, де в якості робочої частини застосовуються ролики, рис. 1. а), або кульки б) високої міцності, які встановлюються у певних пристосуваннях, де під дією тиску відбувається розкатування, це дозволяє видалити дефекти на поверхні, як наприклад наростоутворення після операцій різанням, що дає можливість збільшити її міцність та зменшити шорсткість [1]. Цей метод використовує спосіб поверхневопластичного деформування (ППД) [2, 3].



**Рис. 1. Розкатний інструмент**

Метод поверхневого пластичного деформування включає в себе механічний вплив на поверхневий шар матеріалу з метою зміни його кристалічної решітки та структури. Під час цього процесу, деформаційні зусилля змушують атоми матеріалу зміщуватися, що може призводити до зміни їхньої позиції у кристалічній решітці. Ковзання атомних шарів відбувається, передусім, вздовж тих площин, напрямком яких утворює кут  $45^\circ$  відносно напрямку дії стискального зусилля  $P$ , рис. 2. а). Унаслідок пластичної деформації рис. 2. б) кристали витягуються в напрямку найбільшого струміння металу та набувають витягнутої форми рис. в).

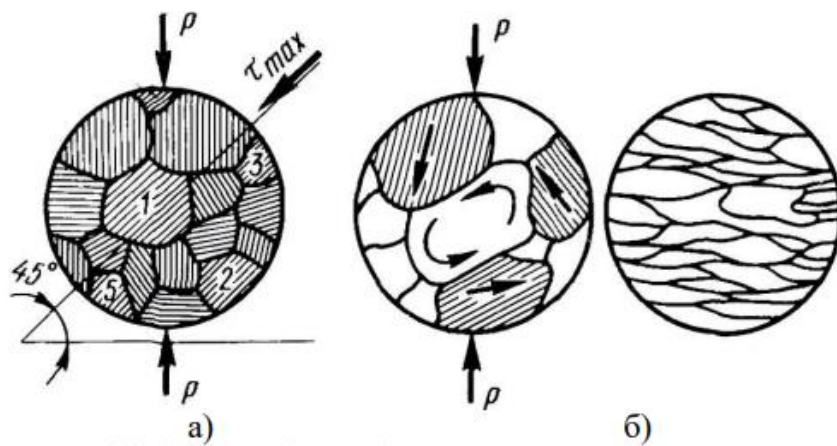


Рис. 2. Зміна кристалічної решітки чорного металу при холодному ППД

Оброблення гільз гідроциліндрів методом розкатування покращує їхню міцність, стійкість до зношування та тривалість служби, зменшує шорсткість, що сприяє підвищенню продуктивності обладнання, зменшуючи час та зусилля, які витрачаються на технічне обслуговування та ремонт.



Рис. 3. Порівняння рівня шорсткості по методу обробки

Метод обробки розкатуванням поступається лише доведенню та притиранню рис. 3. у порівнянні з ним, цей метод обробки виявляється менш затратним у відношенні до ресурсів, що робить його привабливішим для застосування. Потенційним є розробка інтегрованого інструменту на базі даного методу, для кращої ефективності та продуктивності.

Список використаних джерел

1. Паладійчук Ю. Б. Дослідження характеристики наростування після деформаційного зміцнення при деформуючому протягуванні. Colloquium-journal 2021 №2 (89), С. 30-34
2. URL:[<https://www.alliedmachine.com/PRODUCTS/ItemDetail.aspx?item=RDKT-200-13290>] (дата звернення: 08.04.2024).
3. Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. Способи зміцнення металів: Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2021, С. 7-27.

79. С. М. Герук, Житомирський агротехнічний фаховий коледж

### КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОСІВНИХ АРЕГАТІВ З РОБОЧИМ ОРГАНОМ КУЛЬТИВАТОРНОГО ТИПУ

Від якості використовуваної посівної техніки значною мірою залежить урожайність сільськогосподарських культур. В даний час на регіональних ринках та виставках сільськогосподарської техніки пропонується широкий асортимент посівних агрегатів із робочими органами у вигляді стрічастих лап [1,2].

Посівні агрегати культиваторного типу становлять інтерес у зв'язку з наступними перевагами:  
 - універсальністю по культурах, що висіюються (зернові, бобові та дрібнонасінні культури);



- суміщенням операцій, що дозволяють за один прохід виконувати декілька операцій (посів з одночасним внесенням мінеральних добрив, передпосівну культивування та коткування посівів). Поєднання цих операцій призводить до зменшення ущільнення ґрунту, скорочення потреби техніки в період посіву та економії ПММ;

- можливістю використання агрегату як для посіву, так і для культивування (при від'єднанні бункера);

- застосуванням сошника у вигляді стрілкової лапи, що дозволяє виробляти смуговий посів посівного матеріалу та одночасне знищення бур'янів.

Коротка технічна характеристика посівних агрегатів з робочим органом культиваторного типу приведена в табл.

Таблиця

Технічна характеристика посівних агрегатів з робочим органом культиваторного типу

Показники	ATD 18.35	Сіріус -10	АПК- 7,5	John Deere 1830	Conser t 2000	DKT 975/ 55	ПК- 8,5 «Куз- бас»	Flexi Coil	Salfor d
Агрегується з трактором, к.с.	від 500	від 300	від 300	від 350	від 508	від 300	від 500	від 300	від 375
Число: робочих органів рядів робочих органів	52 4	40 6	24 4	48 3	79 4	32 5	28 3	37 7	50 5
Робоча ширина захвату, м	18,2	10	7,5	12,2	18,0	9,7	8,3	8,5	12,0
Ширина міжрядь, мм	350	254	300	254	229	300	250	230	240
Об'єм бункера, л в тому числі: для насіння для туків	10000 5500 4500	8730 5250 3480	3500 2500 1000	9516 5286 4230	12721 6537 6184	7000 3500 3500	7000 4200 2800	8139 5144 2995	8670 4335 4335
Норми висіву, кг/га для насіння для туків	1-290 0,2-480	0,7-400 25-200	0,3-350 40-260	10-266 10-300	10-350 -	2-474 33-248	3-345 35-390	50-300 -	4-297 53-357
Продуктивність за 1 год основного часу, га	21,2	10	5,79	10,7	16,13	9,84	7,8	8,02	12,3
Робоча швидкість, км/год	11,65	8-10	12,0	8,8	9,0	10,1	9,4	9,4	10,2
Габаритні розміри у транспортному положенні, мм	14300x 5780x 5100	14000x 6200x 4220	11800x 6000x 3000	16538x 5810x 5840	17500x 6070x 5800	17400x 6950x 3910	15980x 6050x 3450	24550x 5700x 3800	15270x 6770x 4610
Маса, кг	17740	-	4800	-	16652	10770	7200	13230	10365

Як правило, агрегати з культиваторними лапами призначені для сівби по мінімально обробленому ґрунту та забезпечують можливість одночасного висіву насіння та добрив. У той же час, деякі зразки посівних агрегатів мають можливість проводити прямий посів.

У залежності від розташування відносно сільськогосподарського знаряддя автоматична висівна система має « тягуче » (трактор - бункер - посівні секції) або « буксирувальне » (трактор - посівні секції - бункер ) виконання . У сівалках Сіріус-10, Primera DMC 602, ПК- 8,5 «Кузбас » ; DKT975/55 ; Salford ; Concord2812/2000 ; FlexiCoil ; ATD 18.35 ABC - буксирувальне виконання , у сівалках Bourgault 8810(Канада), Concept 2000, GREAT PLAINS 3N-4010HDA і JohnDeere 1830, John Deere DB120, Янтар-12+Голіодор-12DS – тягуче, а у АППМ-4, АППМ-4Д, АППМ-4А4ДО, АКПД-6Р

(Білорусія), СКСС-2,5 (Барнаул, РФ), Spirit C Strip Drill(Väderstad-Verken), AGRATOR COMBIDISK-5200 – над культиватором.

Бункери представлених агрегатів поділені на дві секції: один з них для насіння, інша для добрив.

Всі представлені пневматичні агрегати обладнані самозавантажуючими шнеками діаметром від 170 до 254 мм, які дозволяють проводити завантаження матеріалу безпосередньо з транспорту, що підвозить, забезпечують повне очищення бункера від насіння і добрив.

Самозавантажувальні шнеки являють собою транспортер, з нижній частині приймальним лотком, а у верхній – еластичним рукавом для подачі насіння та добрив у люки бункера. Для приводу шнек забезпечений гідромотором, з'єднаним із гідросистемою трактора. На бункерах сівалок Concept2000 ; Salford ; JohnDeere 1830; FlexiCoil ; ATD 18.35 - від гідромотора, а у ПК- 8 , 5 «Кузбас » ; DKT975/55 і Concord2812/2000 - від автономного дизельного двигуна.

Привід вентилятора пневматичних агрегатів здійснюється від гідромотора чи автономного двигуна.

На всіх розглянутих сівалках встановлені сошники у вигляді стрільчатої лапи.

Особливістю сошників сошники сівалки ATD18.35 є те, що вони дозволяють застосовувати систему одночасного внесення рідких або гранульованих добрив під смуги посіву на глибину 4-5 см нижче її горизонту.

За конструкційним розташування робочих органів сівалки виготовляють трирядні (JohnDeere1830; Concord2812/2000 та ПК- 8 , 5 «Кузбас » ) , чотирирядні (ATD18.35; Concept2000 і ATD18.35 ) , п'ятирядні ( DKT975/55 і Salford ) , шестирядні Сіріус-10 та семирядні (FlexiCoil ). Сівалки із збільшеною рядністю робочих органів забезпечують більш рівномірний розподіл висівних матеріалів.

Рами посівних агрегатів Сіріус-10; ПК- 8 , 5 «Кузбас » ; DKT975/55 ; Salford; JohnDeere1830 ; Concord 2812 / 2000 і FlexiCoil складаються із трьох секцій , а рами сівалок Concept2000 і ATD18.35 - з п'яти. В транспортне положення переводяться гідроциліндрами.

Запобіжним засобом у культиваторних лап служать пружини або зрізні болти.

Привід висівних апаратів сівалок здійснюється від заднього колеса бункера.

Представлені сівалки мають по дві великогабаритні висіваючі котушки , які встановлюються під відповідними відсіками бункера. Характерна відмінність агрегату DKT975/55 - застосування двох шнекових висіваючих апаратів.

#### Список літератури

1. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / В.В. Адамчук, Г.Л. Баранов, О.С. Барановський та ін.; за ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалюка. – К.: Аграрна наука, 2004. -396 с.
2. Герук С.М. Тенденції розвитку конструкцій посівних агрегатів / Герук С.М., Петриченко Є.А. // Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». №1(1). - Харків: ХНТУСГ, 2014.-С.31-4.
3. Петухов Д.А., Сердюков В.В. Современные посевные машины / Д.А.Петухов, В.В. Сердюков// Техника и оборудование для села.- 2012.- №1.С.18-21.
4. Борзенко В . Багатофункціональні посівні агрегати/ В.Борзенко//Агробізнес сьогодні.-2013. №22(269).С.58-64.
5. Шустік Л. Сівалки для різних систем обробітку ґрунту / Л. Шустік, С. Маринін, Л. Мариніна // Пропозиція. – 2013. – № 3. – С. 140–144; № 4. – С. 132–134.
6. Шустік Л. Машина для обробітку ґрунту і сівби / Л. Шустік, С. Маринін, Л. Іваненко [та ін.] // Техніка і технології АПК. – 2013. – № 7. – С. 16–21.
7. Тенденції розвитку конструкцій сівалок / В. Ясеневський, Л. Шустік, С. Маринін, О. Панайотова // Пропозиція. – 2011. – № 1. – С. 18–27.

#### **80. С. М. Герук, Житомирський агротехнічний фаховий коледж**

#### **КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОСІВНИХ АРЕГАТИВ З РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДИСКОВОГО ТИПУ**

Як правило, посівні агрегати та сівалки з робочим органом дискового типу володіють гарною прохідністю, можливістю індивідуального копіювання нерівностей поля та надійністю технологічного процесу у всьому діапазоні ґрунтових умов [50, 60].

Деякі зразки дискових сівалок та агрегатів застосовуються як для посіву по мінімально обробленому полю, так і для посіву без обробки ґрунту.

Найбільш поширеними є: Опіон-9,6-1 (ПАТ «Червона Зірка, Україна»); С-6ПМ-1(ОАО «Радио-завод», Росія); JohnDeere730 і JohnDeere1895 (фірма «Джон Дір, США ») ; Солітер 12 (фірма « Lemken », Німеччина ) ; Citan12000 ( фірма « Amazonen -Werke » , Німеччина ) та NTA - 3510 , 3N – 4010 ( « GreatPlains » , США).

Найбільш поширеними є: Опіон-9,6-1 (ПАТ «Червона Зірка, Україна»); С-6ПМ-1(ОАО «Радио-завод», Росія); JohnDeere730 і JohnDeere1895 (фірма «Джон Дір, США ») ; Солітер 12 (фірма « Lemken », Німеччина ) ; Citan12000 ( фірма « Amazonen -Werke » , Німеччина ) та NTA - 3510 , 3N – 4010 ( « GreatPlains » , США).

Коротка технічна характеристика посівних агрегатів з робочим органом дискового типу наведена в табл.

За способом транспортування висівного матеріалу з бункера у сошники посівні агрегати підрозділяються на механічні: D9-40/120 , 3N - 4010 і пневматичні: Опіон-9,6-1; С-6ПМ1, JohnDeere730, JohnDeere 1895 , Солітер 12 , Citan 12000 та NTA - 3510.

Посівні секції сівалок JohnDeere730 і NTA - 3510 - транспортуються на власних ходових колесах, С-6ПМ - 1, Солітер 12 і Citan12000 - розташовуються на візку бункера, сівалка JohnDeere1895 має схему « трактор - посівні секції - бункер ».

На посівних агрегатах Солітер 12 та Citan12000 встановлені односекційні бункери , так як ці машини здійснюють посів без внесення мінеральних добрив, а на Опіон 9,6-01, John Deere730 , John Deere 1895 , NTA - 3510, 3N - 4010 - двосекційні.

Сівалка JohnDeere1895 має два ряди робочих органів , призначених для висіву зерна , і один ряд - для висіву добрив.

За виключенням сівалки John Deere730, у якої робочі органи розміщені в один ряд, у всіх інших вони розміщені у два ряди.

Рами сівалок Солітер 12 , Citan12000 – двосекційні, Д9-40/120 , Опіон 9,6-01, JohnDeere730 , JohnDeere 1895 , NTA - 3510 і 3N - 4010 - трьохсекційні.

Привід висівних апаратів сівалок NTA - 3510 здійснюється від приводного колеса , у Citan12000 - від приводного колеса або електродвигуна, Солітер 12 - від електродвигуна, а у С- 6 ПМ- 1 , Д9-40/120 , John Deere730 , John Deere 1895 та 3N - 4010 - від опорного колеса, Опіон 9,6-01 від гідромотора, а Опіон 9,6 - від автономного дизельного двигуна.

Бункери машин (С-6ПМ-1, John Deere 730, John Deere 1895, NTA-3510, 3N-4010) розділені на дві секції: одна з них для насіння, інша для добрив. На сівалки (СЗУ-6, Д9-40/120, Солітер 12, Citan 12000) встановлені односекційні бункера, т.к. ці машини здійснюють посів без внесення мінеральних добрив.

У посівних агрегатів John Deere 730, John Deere 1895 та NTA-3510 розвантаження насіння здійснюється за допомогою самозавантажувального шнека, привід якого здійснюється від гідромотора. Завантаження решти сівалок проводиться за допомогою зернозавантажувача.

Таблиця

Технічна характеристика посівних агрегатів з робочим органом дискового типу

Показники	Оріон 9,6-01	С-6ПМ- 1	John Deere 730	John Deere 1895	NTA- 3510	3N- 4010 HDA	Citan 12000	Solitai r 12/12 00 K- DS
Агрегується з трактором, к.с.	від 300	від 130	від 270	від 350	від 480	від 325	від 295	від 250
Число: робочих органів радів робочих органів	- 2	48 2	46 1	52/26 уд. 2/1 уд.	55 2	64 2	96 2	96/80 2
Робоча ширина захвату, м	9,6	5,8	8,74	13,10	10,70	12,20	12,20	11,63
Ширина мізрядь, мм	200	125	191	254	195	190	125	125/1 50
Об'єм бункера, л в тому числі: для насіння для туків	9633 5217 4416	1600 1200 400	7800 4510 3290	9516 5286 4230	6000 3000 3000	3400 2040 1360	5000 5000 -	5800 5800 -
Норми висіву, кг/га для насіння для туків	0,7- 400 25- 200	18-354 -	27- 234 28- 220	3-380 -	- -	- -	60-300 -	30- 300 -
Продуктивніс ть за 1 год основного часу, га	8-10	5,89	8,62	13,10	10,70	12,30	14,64	13,64
Робоча швидкість, км/год	8-12	10,2	9,86	10,00	10,00	10,00	12,20	11,73
Габаритні розміри у транспортном у положенні, мм	14400 x 4800 x 3600	4160x 3900x 2620	15460 x 4890x 3775	5100x 5590x 5220	10620x 5130x 4220	21330x 4200x 3650	8600x 3000x 3520	5835 3055 3970
Маса, кг	-	1640	9125	14100	10960	9000	-	5330

Привід вентилятора пневматичних сівалок та агрегатів (John Deere 730, Солітер 12, Citan 12000, John Deere 1895 і NTA-3510) здійснюється від гідромотора, лише у сівалки С-6 ПМ-1 від ВОМ трактора [1,2].

На всіх розглянутих агрегатах та сівалках встановлені дискові сошники.

#### Список літератури

1. Герук С.М. Тенденції розвитку конструкцій ґрунтообробних удобрювально-посівних агрегатів / Герук С.И., Петриченко Є.А. // Механізація і електрифікація сільського господарства. Випуск 99. Т.1. - Глеваха, 2014. - С.272-282.
2. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / В.В. Адамчук, Г.Л. Баранов, О.С. Барановський та ін.; за ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалю. – К.: Аграрна наука, 2004. - 396 с.
3. Петухов Д.А., Сердюков В.В. Современные посевные машины / Д.А. Петухов, В.В. Сердюков // Техника и оборудование для села. - 2012. - №1. С.18-21.

4. Борзенко В . Багатофункціональні посівні агрегати/ В.Борзенко//Агробізнес сьогодні.-2013. №22(269).С.58-64.

5. Шустік Л. Сівалки для різних систем обробітку ґрунту / Л. Шустік, С. Маринін, Л. Мариніна // Пропозиція. – 2013. – № 3. – С. 140–144; № 4. – С. 132–134.

**81. О. О. Дубровіна, Вінницький національний аграрний університет**

### **ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІБРАЦІЙНИХ СУШАРОК**

На даний момент у харчовій, переробній промисловості, у сільському господарстві потреба в промисловому удосконаленні існуючих типів сушарок із застосуванням інтенсивних методів висушування зростає у зв'язку зі збільшенням обсягів виробництва та зі збільшенням вимог до якості сушіння, поліпшення товарного вигляду, скорочення ручної праці, автоматизації та механізації процесу, економної витрати енергії та інших допоміжних матеріалів. Технологічні процеси сушіння та охолодження повинні зберігати і покращувати властивості харчових продуктів. Готові продукти та сировину для тривалого зберігання висушують до вологості, що не перевищує 10-14°. При цьому важливе значення мають збереження вітамінів, ферментів, ароматичних та інших поживних речовин, запобігання розтріскуванню поверхні [1]. Усі ці показники залежать від швидкості та рівномірності нагрівання й охолодження, швидкості віддачі вологи, допустимих температур нагріву матеріалу.

Метою роботи було дослідження актуальності впровадження вібраційних технологій в процес сушки сипких сільськогосподарських матеріалів. Процес сушіння матеріалу передбачає його термічну обробку з метою поліпшення фізико-механічних властивостей, надання нових властивостей, покращення транспортабельності, зменшення ваги тощо. В результаті сушіння можливе здешевлення транспортування матеріалів (завдяки зменшенню їх маси), підвищення стійкості під час зберігання та консервування зерна. Також даний процес сприяє підвищенню теплоти згорання у таких матеріалах як паливо, та збільшенню міцності деревини, кераміки тощо.

Видалення вологи з продукту вимагає використання енергії, тому даний процес можна розглядати з енергетичної точки зору [2]. Таким чином виділяється два основні принципи зневоднення. Перший заснований на видаленні вологи у вигляді рідини без зміни агрегатного стану, а саме механічне видалення вологи, яке застосовується при наявності вільної вологи, та сорбційне сушіння для сипких матеріалів, які не витримують термічного сушіння або втрачають цінні властивості при нагріванні. Другий принцип заснований на витратах теплоти на зміну агрегатного стану вологи, перетворення її з рідкого стану в газоподібний. За способом підведення тепла до об'єктів сушіння розрізняють такі методи: конвекційний, кондукційний, радіаційний, електричний і комбінований.

З численних термічних способів сушіння, які відрізняються способом передачі тепла матеріалу, найбільш поширеним є конвективне сушіння. Суть цього методу полягає в тому, що тепло від теплоносія, який поглинув вологу, передається конвекцією і віддається в атмосферу (Рис. 1). Інші способи термічного сушіння є більш складними і менш ефективними, а тому використовуються рідше.

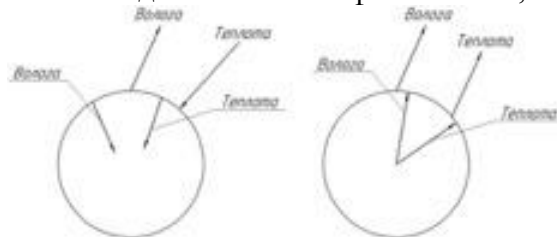


Рис. 1. Явище термодифузії: а-підведення теплової енергії (нагрів); б – відведення теплової енергії (охолодження);

У галузі сушильної техніки основними завданнями є вдосконалення устаткування, створення нових високопродуктивних механізованих і автоматизованих сушарок, які дають змогу застосовувати нову, більш ефективну технологію виробництва, що поліпшує якість готового продукту. Ця проблема має велике значення у зв'язку з тим, що сушінню й охолодженню піддається велика кількість різноманітних сипких і гранульованих матеріалів харчової, переробної промисловості, сільського господарства тощо. Водночас відомо, що сушіння є енергоємним процесом. Тому створення нових установок з меншими витратами енергії, матеріалів з меншою вартістю виготовлення дасть значну економію в масштабах країни [3,4].

В основу розробленої експериментальної сушарки поставлена задача інтенсифікації процесу сушіння шляхом зменшення адгезійних сил між частинками матеріалу за рахунок використання вібраційного впливу (Рис. 2).

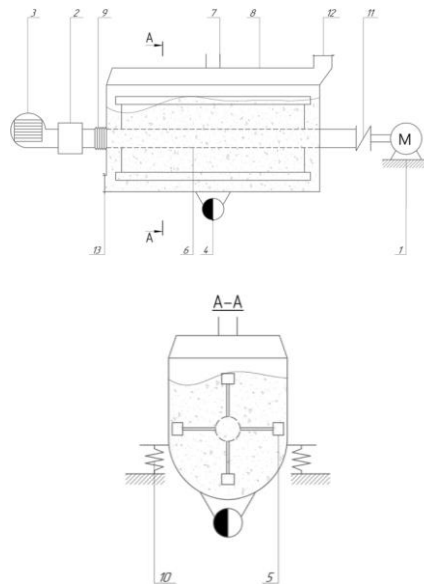


Рис.2. Принципова схема експериментальної вібраційної сушарки:

- 1- двигун-редуктор; 2 – теплогенератор; 3 – вентилятор; 4 – вібропривод; 5 – лопать;  
 6 – перфорований вал; 7 – термопара; 8 – корпус; 9 – гофра; 10 – пружинні елементи; 11 – муфта; 12 – завантажувальний бункер; 13 – розвантажувальний лоток

Вібраційна сушарка працює наступним чином: матеріал надходить через завантажувальний бункер 12, в сушильну камеру. Одночасно із завантаженням вмикається мотор – редуктор 1, який через муфту 11 приводить в дію перфорований лопатевий вал 6, в який подається теплоагент вентилятором 3 із теплогенератора 2. Герметичність з'єднання перфорованого валу та теплогенератора забезпечує гофра 9. Вібропривод 4 приводить в коливально-вібраційний рух корпус 8, що змонтований на пружних опорах 10, разом із завантаженим у нього матеріалом. Завдяки комбінованій дії лопатевого інтенсифікатора 5 та вібраційного впливу на частинки матеріалу відбувається перемішування зернового матеріалу із зменшенням товщини пограничного шару та збільшення інтенсивності безперервного оновлення поверхні розділу взаємодіючих фаз.

Перспективи подальшого розвитку техніки сушіння в харчовій і суміжних з нею галузях промисловості пов'язані з розробкою вібраційних установок. Накладання імпульсів коливальних рухів на шар сипучого матеріалу інтенсифікує тепло-масообмін під час сушіння та охолодження за рахунок оновлення поверхні теплообміну та інтенсивного знімання вологи теплоносієм. Якість готового продукту при цьому поліпшується за рахунок вирівнювання температури за обсягом шару. Аналіз існуючих технологій віброзневоднення показав, що підвищення ефективності даного процесу вимагає створення нових способів та засобів, зокрема використання нових технологічних процесів та конструкцій сушарок. Це дозволить значно покращити технологічні показники кінцевої продукції та зменшити енерговитрати підприємств.

#### Список літератури

1. Ткаченко С. Й., Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2007. - 76 с.
2. Ломейко О.П., Стручаєв М.І., Ялпачик В.Ф. Вивчення класифікації, конструкції та принципу дії сушарок. Методичні вказівки для студентів спеціальності 181 «Харчові технології», - Таврійський державний агротехнологічний університет, 2017 – 17с.
3. Пазюк О. Д., Паламарчук І. П., Пазюк В. М. (2010) Вібраційні зерносушарки як спосіб інтенсифікації та підвищення економічності процесу сушіння зерна. Вібрації в техніці та технологіях. № 4(60). С. 115–123.
4. Берник П.С., Денісов П.Д., Зозуляк І.А. (2000). Вібраційні лоткові сушарки. Вібрації в техніці та технологіях. № 1 (13). С. 32–33.

## 82. В. І. Ребенко, Національний університет біоресурсів і природокористування України ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МОДУЛЬ КОНТРОЛЬОВАНОГО УТРИМАННЯ ОВЕЦЬ В ПРИРОДНИХ УМОВАХ

Найбільш ефективні способи випасання овець є порційний і погодинний, реалізацію яких можна здійснити тільки за умови використання електроогорож. Тому особливої уваги сьогодні заслуговують

малозатратні технології пасовищного утримання овець в природних умовах, які базуються на загінному та порційному використанні пасовищ за допомогою електроогорож.

Технологічний модуль розроблено для контрольованого утримання овець в природних умовах, конструктивно-технологічна схема якого представлена на рис. 1, а.

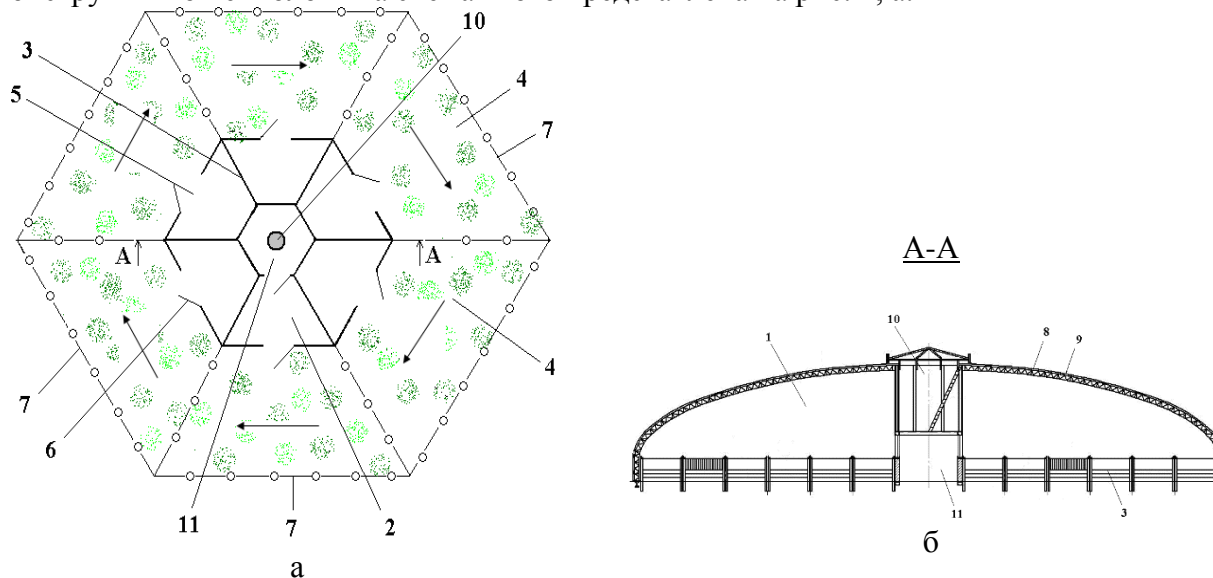


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема технологічного модуля (а) та легкозбірна споруда технологічного модуля /баз-навіс/ (б)

Технологічний модуль містить легкозбірну споруду 1 з загонами 2 для тварин. Загони 2 розділені між собою щитами 3 і з'єднані з огорожуваними ділянками 4 пасовища проходами 5 з ворітьми 6. Ділянки 4 пасовища по чергово огорожуються переносною електроогорожею 7. Легкозбірна споруда 1 виконана у вигляді багатогранної конусної піраміди з металевих арокних конструкцій 8 з тентовим покриттям 9 і забезпечена вентиляційною шахтою 10. В центрі легкозбірної споруди 1 розміщене приміщення для персоналу 11. По периметру приміщення для персоналу 11 розташовані загони 2 у вигляді сегментних блоків. По чергово огорожуються ділянки 4 пасовища розташовані навколо легкозбірної споруди 1 і мають сегментно-пелюсткову форму.

Стержнем базової моделі технологічного модуля є дешева легкозбірна споруда низького енергоспоживання з металевих арокних конструкцій і тентовим покриттям у вигляді базу-навісу для укриття овець в нічний час і в негоду (рис. 1, б).

Технологічний модуль працює таким чином. Стадо овець з урахуванням статі й віку розбивають на групи і розміщують в загонах 2, розділених між собою щитами 3 легкозбірної споруди 1, виконаної у вигляді багатогранної конусної піраміди з металевих арокних конструкцій 8 з тентовим покриттям 9.

В центрі легкозбірної споруди 1 розміщене приміщення для персоналу 11, де він знаходиться в комфортних умовах поряд з вівцями в негоду, спеку і вночі.

В загонах 2, що виконані у вигляді сегментних блоків, розташованих по периметру приміщення для персоналу 11, сформовані групи овець контрольовано під наглядом персоналу утримуються в комфортних умовах в негоду, спеку і вночі, а саме: відпочивають, підготовуються й вільно напуваються водою.

Вранці кожна група овець окремо з загонів 2 по проходах 5 через ворота 6 переганяється в розташовані навколо легкозбірної споруди 1 окремі по чергово огорожуються переносною електроогорожею 7 ділянки 4 пасовища сегментно-пелюсткової форми, де вони в природних умовах контрольовано випасаються та вільно напуваються водою з водопійних корит.

Комфортні умови утримання овець в загонах 2 легкозбірної споруди 1 і перебування обслуговуючого персоналу в приміщенні 11 забезпечуються за рахунок використання природної вентиляції через вентиляційну шахту 10.

В спеку чи негоду вівці направляються в загони 2 легкозбірної споруди 1 на відпочинок, де вони в комфортних умовах підготовуються і вільно напуваються водою.

Після спадання спеки (або після негоди) вівці направляються на чергові огорожені переносною електроогорожею 7 ділянки 4 пасовища, де і випасаються до пізнього вечора.

На ніч групи овець переганяють з огорожуваних ділянок 4 пасовища по проходах 5 через ворота 6 в окремі загони 2 легкозбірної споруди 1, де вони контрольовано під наглядом персоналу

утримуються протягом ночі. Далі цикл контрольованого утримання овець в природних умовах повторюється в такій же послідовності.

Технологічний модуль передбачає довготривале утримання овець за замкнутим циклом контрольовано й почергово в загонах легкозбірної споруди і на огорожуваних ділянках пасовища, які утворюють пасовищний конвейєр, що поєднує багаторічні трави з природними кормовими угіддями та однорічними травами у співвідношенні: багаторічні трави -39 %, природні кормові угіддя -36 % і однорічні трави -25 %.

Випасання груп овець на ділянках пасовищного конвейєра здійснюється за наступною схемою: березень (30 діб) - однорічні озимі трави (краще озиме жито); квітень-травень (60 діб) - багаторічні трави (злакова суміш) та природні пасовища; червень-липень (60 діб) - багаторічні трави (злаково-бобова суміш) та природні пасовища; серпень-вересень (60 діб) - однорічні трави (посухостійкі - суданська трава та ін.); жовтень-листопад (60 діб) - однорічні трави з коротким періодом розвитку (ефемери).

Випасання овець на огорожуваних ділянках пасовищного конвейєра проводиться почергово не менше 10 діб на кожній. Повернення на першу ділянку не менше чим через 40 діб. Тривалість перебування овець на пасовищі літом до 10-14 год. на добу, а восени - до 7-8 год. Це дозволяє організувати регульоване надходження зеленого корму за циклами його поїдання. Поїдання травостою вівцями рекомендується починати при досягненні травами пасовищної стиглості при висоті сіяних трав 15-20 см, а природного травостою - 10-15 см. Стравлювання травостою на низькотравних пасовищах проводять до висоти 3-4 см, на високотравних - до 5-7 см.

Тривалість пасовищного періоду - 270 діб.

В залежності від напрямку продуктивності овець змінюється термін утримання і почергове використання ділянок пасовища.

#### **Технічна характеристика**

Обслуговуване поголів'я, голів	- до 1000
Площа виробничої зони, га	- 110
Площа угідь під пасовища, га	- 103
Площа тирла, га	- 6,3
Корисна площа базу-навісу, м <sup>2</sup>	- 504
Кімната для обслуговуючого персоналу, м <sup>2</sup>	- 8
Обслуговуючий персонал, чол.	- 5

**Висновки.** Розроблений технологічний модуль забезпечує зниження затрат енергії до 40 % та підвищення продуктивності пасовищ на 25 % за рахунок довготривалого контрольованого утримання овець на почергово огорожуваних ділянках пасовищного конвейєра навколо легкозбірної споруди (базу – навісу) за замкнутим циклом.

Створений пасовищний конвеєр дозволяє підвищити ступінь використання природного травостою до 80-85 % за рахунок організації регульованого почергового надходження зеленого корму за циклами його контрольованого стравлення, починаючи з березня і закінчуючи в листопаді місяці.

### **83. В. І. Ребенко, В. С. Хмельовський, Національний університет біоресурсів і природокористування України**

#### **ОБҐРУНТУВАННЯ ФОРМИ СПОРУДИ ДЛЯ УТРИМАННЯ КІЗ НА СІМЕЙНИХ ФЕРМАХ**

Аналіз конструкцій різних тваринницьких будівель, в яких утримують тварин, приводить до висновку, що однією з раціональних форм тваринницького приміщення для утримання кіз є коло. Така форма приміщення обумовлена типом тварин та їх фізіологічними невибагливими потребами. В приміщеннях, які мають вигляд кола, є можливість легкого забезпечення функціонування машин та обладнання усіх виробничих процесів, при цьому, значно зменшуються витрати матеріальних та людських ресурсів. Дослідження споруд, які у поперечному перерізі мають форму кола, дали можливість виявити, що найбільш привабливими є конструкції зернових силосів з плоским дном. Аналіз зоотехнічних вимог, що ставлять до тваринницьких приміщень показав, що конструкція зерносховища за багатьма показниками може відповідати тваринницьким приміщенням. Конструктивно такі приміщення можуть забезпечити найбільш оптимальну висоту стін у 2,5-3 м. Стіни такої будівлі можуть мати утеплення, а міцнісні та протипожежні характеристики відповідають найвищому класу. При цьому, машини, під час виконання технологічних процесів, будуть характеризуватись мінімальним переміщенням та енергозатратами. Так, для роздавання кормових компонентів можна використати



кран-балку, змінні її робочі органи можуть з легкістю забезпечити внесення підстилки та видалення гною із стійл. Конструкція даху приміщення, що має ухил у  $30^\circ$  дасть можливість забезпечити на належному рівні мікроклімат для тварин. В приміщеннях круглої форми легко утримати оптимальні показники: температуру  $8-20^\circ$ , відносну вологість повітря  $65-75\%$ , швидкість переміщення повітря  $0,2-0,5$  м/сек., вміст аміаку  $< 5$  см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, освітленість  $20-75\%$ . Напування тварин здійснюється груповими поплавковими або вакуумними напувалками. Приміщення всередині розділено на сектори (рис. 1) в яких безприв'язно утримують тварин, а з південної сторони приміщення встановлюють вхідні ворота.

Площу  $S_{пр}$  секторів приміщення для утримання тварин визначаємо із виразу з врахуванням даних таблиці 1.

$$S_{пр} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} - S_{прох}, \quad (1)$$

де  $D$  – діаметр приміщення, м;

$d$  – діаметр зони обслуговування м,  $(0,3-0,35 D)$ ;

$S_{прох}$  - площа технологічних проходів.

При утриманні кіз за умови використання глибокої підстилки (приблизно  $0,5-1$  кг/гол, щодоби) можна створити зони для відпочинку та їх годівлі у кожному секторі.

У центрі приміщення можна розміщати добову потребу кормових компонентів для наступних роздавань. Таке рішення дає можливість мінімізувати витрати праці на годівлю тварин, оскільки зберігається мінімальна відстань між місцем тимчасового зберігання кормових компонентів та годівницею.

Фронт годівлі  $l_{фс}$  кожного сектора визначимо за формулою

$$l_{фг} = \frac{\pi R f}{180}, \quad (2)$$

де  $l_{фс}$  – фронт годівлі кожного сектора, м;

$R$  – радіус за яким розміщено годівниці, м;

$f$  – кут сектора, градуси.

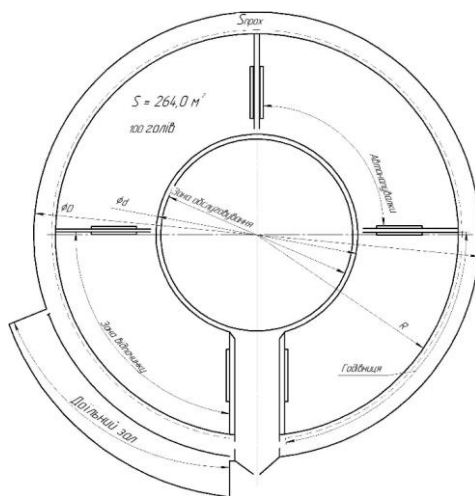


Рис. 1. Схема будівлі для утримання кіз

Кількість місць для годівлі у кожному секторі  $n_{мг}$  становить

$$n_{мг} = \frac{\pi R f}{180 \cdot l_{см}} = \frac{l_{фс}}{l_{см}}, \quad (3)$$

де  $n_{мг}$  - кількість місць для годівлі у одному секторі, м;

$l_{см}$  – ширина місця годівлі на одну голову, м.

Кратність зміни тварин  $k_{зт}$  біля годівниці в одному секторі рівна

$$k_{зт} = \frac{n_{мг}}{n_t}, \quad (4)$$

де  $k_{зт}$  - кратність зміни тварин біля годівниці в одному секторі;

$n_t$  - кількість тварин в одному секторі, голів.

Прибирання гною із приміщення забезпечує скребковий транспортер типу КСГ-7, а для його транспортування у сховище, використовуються мобільні засоби механізації. Процес доїння кіз може

реалізовуватись, для забезпечення більш високої якості молока, в доїльному залі, який входить до конструкції приміщення. В доїльному залі доцільно використовувати паралельно-прохідну доїльну установку. Освітлення у денний період забезпечують вікна, які розміщують на висоті не менше 1,4 м. від підлоги, а у вечірній - максимально реалізується штучне освітлення. Крім цього, забезпечення мікроклімату може бути виконане, як за допомогою примусової так і природньої вентиляції.

Отже, будівлі круглої форми можуть ефективно використовуватись для утримання кіз на сімейних фермах.

#### **84. О. П. Мельник, Житомирський агротехнічний фаховий коледж**

### **ФАКТОРИ ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ УМОВИ ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ШНЕКІВ ТА ЇХ ЗНОСОСТІЙКІСТЬ**

Сьогодні в аграрному секторі ефективне використання спеціалізованої техніки забезпечується своєчасним технічним обслуговуванням та якісним проведенням ремонтних робіт. При цьому слід враховувати, що вартість запасних частин становить майже 70 % від загальних витрат на ремонт, а вартість відновлених деталей 40-60% від вартості нових. Тому існує нагальна потреба у ремонті робочих вузлів і механізмів спеціальної техніки та їх придатності до подальшого використання.

Проблеми ремонту та відновлення сільськогосподарської техніки на разі приділяється значна увага. Зокрема, слід розглянути такі рішення, як модернізація існуючих моделей техніки, ремонт деталей, механізмів і вузлів із застосуванням нових технологічних процесів і матеріалів, а також посилення експлуатаційних аспектів.

Як показує практика, використання шнекових конвеєрів в аграрному секторі є дуже актуальним на сьогоднішній день завдяки їх високій ефективності та ремонтпридатності. При цьому умови їх експлуатації безпосередньо залежать від фізико-механічних властивостей матеріалу, що транспортується.

У багатьох випадках шнекові конвеєри використовуються для комплексної механізації технологічних процесів і транспортних операцій. Цей тип конвеєрів використовується в таких галузях, як будівництво, хімічна промисловість, харчова промисловість, сфера послуг, комунальне господарство, легка промисловість і сільське господарство. У більшості цих галузей цей тип конвеєрів використовується для транспортування різних абразивних сумішей, таких як відходи шкіряного виробництва, вапно і хімікати.

Шнекові конвеєри найбільш широко використовуються в сільському господарстві, особливо для транспортування зерна, абразивних порошкових сумішей різної фракції і щільності, сипучих матеріалів і хімічних порошкових компонентів.

Зокрема, шнекові конвеєри використовуються для безпосереднього транспортування зерна і продуктів, отриманих після його переробки на сільськогосподарських підприємствах.

Транспортування порошкових матеріалів різної фракції і щільності вимагає великої кількості транспортних і навантажувально-розвантажувальних робіт. На кожен тону порошкоподібної абразивної суміші потрібно 7-9 тонн навантажувально-розвантажувальних робіт. Як наслідок, на транспортування порошкових матеріалів витрачається величезна кількість трудових і матеріальних ресурсів.

Шнеки мають ряд конструктивних і технічних переваг, таких як компактність, простота в експлуатації і надійність, і тому широко використовуються в конвеєрах. Для того, щоб детально дослідити ступінь зносу робочих поверхонь шнека (гвинтової та циліндричної поверхонь), були проаналізовані умови експлуатації та фактори, що впливають на зносостійкість.

#### ***Вхідні фактори***

- Навантаження
- Швидкість
- Температура
- Проміжне середовище
- Природа тіл, що труться

#### ***Внутрішні фактори***

- Зміна шорсткості
- Зміна властивостей плівок
- Теплоvidілення
- Зміна структур

- Зміна механічних властивостей

### **Вихідні фактори**

- Сила тертя
- Інтенсивність зношування

Алгоритм роботи шнека включає себе захоплення змішаного абразиву в механізмі завантаження, переміщення абразиву в корпусі і вивантаження в механізмі вивантаження. Під час цього процесу рухомий вантаж (абразивний матеріал) змінює свою траєкторію руху. При русі абразивних матеріалів різної щільності, фракції і ваги по робочій поверхні шнека створюється пара тертя "абразивна суміш - шнек" і в результаті цієї взаємодії відбувається значне зношування робочої поверхні.

Процес тертя та зносу деталі, включає наступні фактори: вхідні, внутрішні та вихідні. При проведенні досліджень з оцінки та визначення сили тертя в даній роботі визначено необхідність в обліку наведених факторів, що утворюються при терті робочих поверхонь шнека та абразивної суміші, оскільки фрикційна пара «абразивна суміш-шнек» володіє власними характеристиками та фізико-механічними властивостями, які впливають на величину сили тертя та інтенсивність зношування.

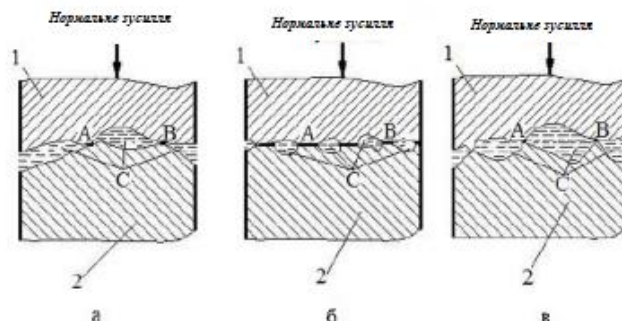
#### Список використаних джерел

1. Адамчук В. В., Насонов В. А., Кюрчев В. М., Надикто В. Т. Розроблення і впровадження в агропромислове виробництво комплексів технічних засобів для вирощування зернових та інших культур за енерго-, ресурсоощадними технологіями: монографія. Київ. Аграрна наука. 2016. 368 с.
2. Войтюк В. Д. Техніко-технологічний розвиток системи сервісу енергонасиченої сільськогосподарської техніки : дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11. Таврійський державний агротехнічний університет. Мелітополь, 2012. 382 с.
3. Козаченко О. В. Проблеми ресурсозбереження у сільськогосподарських агрегатах: монографія. Харків. Торнадо, 2008. 272 с.
4. Новицький А. В. Моніторинг матеріально-технічного забезпечення та надійності техніки АПК в системі розвитку інноваційних процесів. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 3, P. 87–94.

### **85. С. С. Добрянський, І. О. Бучко, М. І. Шмалюк, Житомирський агротехнічний фаховий коледж** **ОЦІНКА РЕСУРСУ МАТЕРІАЛІВ ПРЕЦИЗІЙНИХ ПАР РОЗПИЛЮВАЧІВ У** **ВУГЛЕВОДНЕВИХ РІДИНАХ**

Зміна структури матеріалів поверхонь деталей, що сполучаються розпилювача форсунки відбувається за трьома стадіями: припрацювання, нормальна експлуатація, аварійний знос.

Перша стадія - у процесі виготовлення прецизійних пар, поверхні запірного пристрою (голки) і сідла корпусу розпилювача мають мікронерівності (шорсткість). Під час комплектації прецизійних пар розпилювача, виступи і западини мікронерівностей конусних поверхонь голки і сідла корпусу розпилювача поверхонь голки і сідла стикаються між собою, утворюючи посадковий зазор, величина якого від 2.0 до 4 мкм (Рис. 1).



«А, В» - точки контакту голки і сідла корпусу розпилювача: «С» - шари палива: «а» - початковий період експлуатації сполучення: «б» - період нормальної експлуатації сполучення: «в» - період аварійного зношування сполучення.

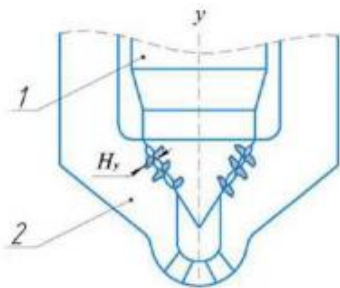
Рис. 1 - Схема контакту в сполученні «голка - корпус розпилювача» форсунки

Інтенсивність зношування визначається числом дискретних, випадково розташованих майданчиків на поверхні фактичного контакту.

Фактична поверхня контакту між голкою і корпусом розпилювача, в умовах припрацювання, становить соті частки від розміру геометричної поверхні контакту. При цьому, в процесі контакту голки виникають напруги, що перевищують межу пластичності матеріалу, що призводить до пластичного деформування мікронерівностей у точках контакту. Таким чином, основна частина енергії удару витрачається на пластичну деформацію мікронерівностей. Крім того, частина енергії контакту витрачається на витіснення із зазору палива і на подолання пружності поверхневих шарів палива. Частина енергії удару, що підводиться, накопичується в поверхневому шарі, що призводить до утворення і розвитку дефектів кристалічної решітки. Знос мікронерівностей голки і посадкового місця, призводить до зменшення зазору між сполученими деталями, збільшення фактичної площі контакту і порушення герметичності ущільнювального сполучення розпилювача.

Друга стадія - етап нормальної експлуатації розпилювача форсунки на припрацьованому сполученні. У цьому випадку прохідний перетин між запірним пристроєм і сідлом мінімальний, а фактична площа контакту і гідросцільність запірного конуса розпилювача максимальна. В точках контакту під час удару голки, поряд із пластичними напруженнями виникають і пружні. Величина пластичних деформацій істотно нижча, ніж на етапі припрацювання, а енергія удару, в основному, йде на пружні деформації. Зазор у сполученні і фактична площа контакту змінюються не значно, а гідросцільність сполучення досягає максимального значення.

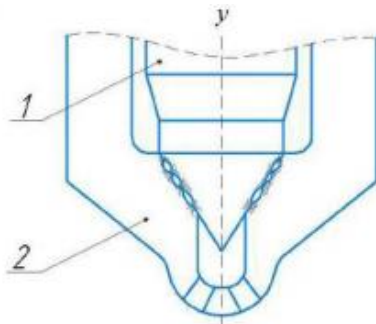
На другій стадії триває накопичення енергії в поверхневому шарі, кількість дефектів кристалічної решітки збільшується, утворюються мікротріщини, які не виходять на поверхню і не спричиняють істотної зміни мікрогеометрії поверхонь і, як наслідок, прохідний перетин. наслідок, прохідний перетин між деталями запірного сполучення, що зіштовхуються, змінюється незначно. сполучення змінюється незначно. Гідросцільність розпилювача на припрацьованому сполученні максимальна. У результаті накопичення енергії під час одиночного удару голки об сідло в точках контакту в тонкому шарі  $H_y = 20 \dots 60$  мкм виникають контактні напруження (Рис. 2).



1 - голка; 2 - сідло корпусу розпилювача;  $H_y$  - товщина поверхневого шару, що накопичує напруження удару.

Рис. 2 - Епюра контактних напружень конусної поверхні сполучення «голка - корпус розпилювача форсунки»

У разі збільшення циклічного навантаження в цих же точках під впливом контактних напружень виникають мікротріщини, що не виходять на поверхню деталей (рис. що не виходять на поверхню деталей (Рис. 3).



1 - голка; 2 - сідло корпусу розпилювача форсунки.

Рис. 3 - Схема процесу формування мікротріщин у поверхневому шарі сполучення «голка-корпус розпилювача форсунки»

Третя стадія - аварійне зношування, характеризується накопиченням у поверхневому шарі енергії до критичного значення, що дорівнює енергії активації зносу, що призводить до значного збільшення контактних напружень, це супроводжується збільшенням контактних напружень, це супроводжується

збільшенням розмірів тріщин, при цьому тріщини виходять на поверхню. Відбувається відшарування значної частини поверхневого шару, з утворенням заглиблень (місцевих зносів).

Наслідком цього є зміна мікрогеометрії поверхні, а також збільшення прохідного перерізу і зниження гідрощільності розпилювачів форсунок.

Процес зношування деталей розпилювача форсунки на третій стадії показано на схемі (Рис.1).

Таким чином, зношування деталей і зміна прохідного перерізу розпилювача характеризується пружним і пластичним плином матеріалу деталей і відокремленням його від поверхні, що контактує.

**86. С. С. Добранський, І. О. Бучко, Д. В. Герасимчук, Житомирський агротехнічний фаховий коледж**

### **ВИМОГИ ДО ПРИСТРОЇВ ПОДАЧІ ПАЛИВА**

Розпилювачі форсунок, за заданого тиску і закону впорскування, повинні забезпечити необхідну тривалість впорскування, тонкість і рівномірність розпилювання, форму і далекобійність паливного факела тощо, для забезпечення необхідної інтенсивності випаровування палива, залучення його парів до дифузійного процесу змішування з повітрям, самозаймання і, як наслідок, найповнішого згорання палива в камері згорання двигуна.

Процес уприскування палива залежить від значної кількості чинників і насамперед від конструктивних особливостей розпилювача: кількості розпилювальних отворів; тиску впорскування; гідрощільності та герметичності прецизійних сполучень. Так само процес уприскування залежить від експлуатаційних властивостей палива.

Розпилювачі форсунок виконують такі функції:

- рівномірний розподіл палива в об'ємі камери згорання;
- дисперсність розпилювання палива, яка характеризується дрібними й однорозмірними краплями:

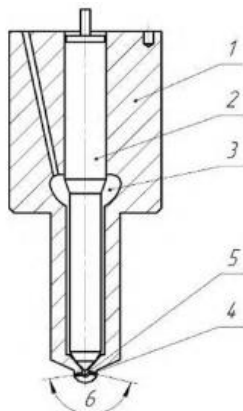
Згідно з дослідженням ресурс розпилювачів дизельних ДВЗ мобільних енергетичних засобів (МЕС) має становити не менше 1/2 ресурсу форсунок, (не менше 3500 мотогодин).

Виконання вимог, що висуваються до розпилювачів, значною мірою залежить від стану і функціонування значною мірою залежить від стану і функціонування конструктивних елементів: напрямного (циліндричного) і запірного (конічного) сполучень, розпилювальних отворів, а також стану функціональних елементів форсунки, що забезпечують роботу розпилювача.

Нині 90...95% вітчизняних і зарубіжних ДВЗ оснащені форсунками закритого типу з багатоструменевими розпилювачами і гідравлічно керованою голкою. Діаметри отворів у розпилювачах становлять 0.15...0.8 мм, а кількість отворів від 2 до 8.

У конструкцію розпилювача форсунки закритого типу (Рис. 1) входить гідравлічно керований прецизійний запірний клапан (голка) 2. Голка є замикаючим конструктивним елементом і герметизує магістраль високого тиску конічною поверхнею ущільнювального сполучення. Підйом голки в розпилювачах форсунок дизельних ДВЗ становить 0,2... 1.3 мм. Діаметр голки розпилювача форсунки становить від 4 до 10 мм. Функцію змащення прецизійних сполучень розпилювача і відведення тепла забезпечує дизельне паливо.

Конструкція форсунки закритого типу з багатоструменевими розпилювачами і гідравлічно керованою голкою передбачає:



- 1 - корпус розпилювача; 2 - запірний клапан розпилювача (голка); 3 - кишень; 4 - соплові отвори; 5 - передсопловий канал (колодязь); 6 - кут між сопловими отворами.

## Рисунок 1 - Схема типового багатоструменевого розпилювача форсунки закритого типу з гідравлічно керованою голкою

Недоліками форсунок закритого типу є:

- підвисання і прихоплювання голки форсунок;
- пластична деформація металу запірного конуса розпилювача;
- зміна пружності пружини;
- закоксовування розпилювальних отворів;
- порушення співвісності голки з корпусом розпилювача;
- знос по торцях усіх сполучень форсунки;
- зниження тиску впорскування, проти нормативів.

У процесі роботи розпилювачів форсунок відбувається зменшення тиску палива в моменти початку і кінця подачі через вплив тиску газів у циліндрі двигуна, що призводить до погіршення потужносних та економічних показників дизельного двигуна.

Таким чином, із проведеного аналізу процесу зношування випливає, що основним критерієм працездатного стану є гідросільність конусної поверхні сполучення «голка - корпус розпилювача» форсунки

### **87. А. В. Новицький, Національний університет біоресурсів і природокористування України АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕМОНТНОЇ СЛУЖБИ**

В останні десятиліття відмічається актуальність досліджень в напрямку точного рослинництва та точного тваринництва [1]. В останні десятиліття в Україні спостерігається зниження рівня оновлення машинно-тракторного парку, а залишковий ресурс значної кількості видів сільськогосподарської техніки не перевищує 20-25% вихідного. Як показує аналіз, сезонне навантаження на трактори, зернозбиральну та кормозбиральну техніку в 2,5-3 рази перевищує нормативні показники [2]. Аналіз умов експлуатації техніки та накопичений досвід проведення ремонтно-профілактичних робіт показує, що система технічного обслуговування і ремонту (СТОР) сільськогосподарської техніки потребує удосконалення. Серед основних причин можна назвати наступні: збільшення терміну служби з 5 до 10 – 15 років при залишковій придатності 30...40%; значне зниження експлуатаційної надійності; відсутність у сільських товаровиробників матеріально-технічної бази діагностування, проведення технічного обслуговування і ремонту (ТОР).

Враховуючи широке коло питань, що виникають в процесі проведення досліджень, виходячи з аналізу та синтезу інформації щодо ефективності підтримання працездатності та забезпечення надійності машин та обладнання, реалії вказують на те, що ринок сільськогосподарської техніки в нашій державі залишається одним з найбільш перспективних у світі [3, 4]. Відмічається постійне зростання попиту на сільськогосподарські машини та обладнання, а це привертає до України значну кількість інвесторів та іноземних виробників. В цих умовах не можна не звернути увагу на стан забезпечення сервісного обслуговування техніки, і особливо на ремонт. Особливе місце в останні роки займають процеси світової глобалізації, які реалізуються в сільськогосподарському машинобудуванні шляхом консолідації галузі та формуванні кількох десятків великих та багатьох малих міжнародних компаній на ринку техніки.

Разом з тим, як показує аналіз досліджень стану матеріально-технічного забезпечення аграрної галузі, поза увагою вітчизняних вчених залишились питання аналізу та синтезу стратегій на забезпечення працездатності машин, та зменшення витрат на ремонт сільськогосподарської техніки. Усунення несправностей та відмов може відбуватися за різними стратегіями СТОР [2, 5]: за вимогою після відмови; за регламентною періодичністю, згідно планово-попереджувальної системи ТО і ремонту; прогнозування відмов за технічним станом згідно з результатами діагностування. Кожна з представлених стратегій СТОР має свої переваги та недоліки, а також різну вартість для її реалізації.

В Україні в останні десятиліття спостерігається подальше фізичне й моральне старіння сільськогосподарської техніки, суттєво скоротився парк тракторів, комбайнів, інших сільськогосподарських машин та обладнання. Близько 80% наявної у сільськогосподарських підприємствах різних форм власності техніки відпрацювало амортизаційний термін експлуатації та потребує значних витрат на підтримання її у працездатному стані.

Ефективне функціонування аграрних підприємств стане можливим лише за умови оновлення матеріальної і технологічної бази, збільшення інтелектуалізації техніки та впровадження інноваційних технологічних процесів, які стають визначальним фактором підвищення конкурентоспроможності

сільськогосподарської продукції. Дослідження, які спрямовані на забезпечення працездатності сільськогосподарської техніки на основі дослідження витрат на ремонт мають важливе наукове і практичне значення.

#### Список використаних джерел

1. Morrone, S.; Dimauro, C.; Gambella, F.; Cappai, M.G. Industry 4.0 and Precision Livestock Farming (PLF): An up to Date Overview across Animal Productions. *Sensors* 2022, 22, 4319. <https://doi.org/10.3390/s22124319>.
2. Novytskyi A. V., Bannyi O. O. Statistical analysis of functioning of repair service of Ukraine. *Machinery and Energetics*, 2021, 12 (2), pp. 39–47. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85179946633&origin=resultslist>
3. Захарчук О. В. Технічне забезпечення сільськогосподарських підприємств в Україні. *Економіка АПК*. 2019, №2. С. 48–56.
4. Новицький А. В., Банний О. О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 2, p. 115–124.
5. Новицький А. В. Моніторинг матеріально-технічного забезпечення та надійності техніки АПК в системі розвитку інноваційних процесів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. P. 101-108.

**88. К. Г. Сировицький, М. Л. Шуляк, Сумський національний аграрний університет**

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЩІЛИННИХ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗПИЛЮВАЧІВ**

Більшості польових обприскувачів доводиться обробляти площі 2000 га/рік і більше. При таких навантаженнях на техніку зношування вузлів і агрегатів може стати серйозною проблемою, через що рекомендується їх щорічна перевірка. Своєчасне виявлення прихованих дефектів та їх усунення може стати вирішальним чинником успішної роботи в «гарячу пору».

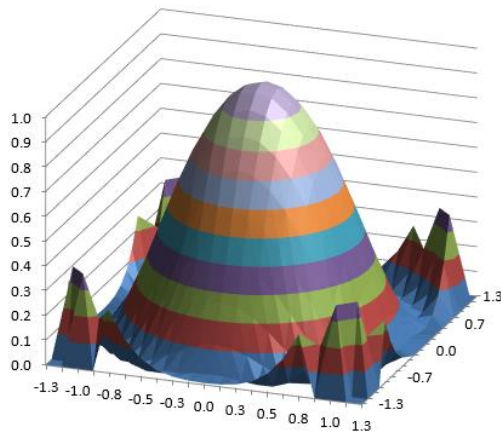
Визначальним чинником ефективності використання пестицидів є якість їх внесення. Основними критеріями якості обприскування є норма внесення робочої рідини, дисперсність розпилювання, густина покриття краплинами поверхні, що обробляється, та рівномірність розподілу по ній. Усі показники якості обприскування значною мірою залежать від типу, параметрів і режимів роботи розпилювачів. Нині є багато різновидів розпилювачів, тож і постає актуальне питання добору оптимального з них для конкретних умов роботи. Сучасні обприскувачі комплектуються здебільшого гідравлічними розпилювачами.

Для дослідження основних параметрів та технічної діагностики стану гідравлічних розпилювачів для хімічного захисту рослин було виготовлено дослідний стенд. Розпилювач встановлювався в центрі балки точно по-середині матриці. Робоча рідина подавалась під різним тиском. При відкритті запірного крану та виході тиску в системі на однаковий рівень відкривали кран подачі рідини в сам розпилювач. Кожен дослід проводився тривалістю 1 хвилина. Після проведення дослідів кожен пробірник зважували на електронних вагах. Отримані дані оброблялись за допомогою налаштування для Microsoft Excel на базі Visual Basic for Application (VBA). Microsoft Excel при отриманні даних з порту USB 2.0 автоматично вносив в необхідну клітину отримане значення для подальших розрахунків (рис. 1).

1725	№ пробірки	Вага, мгм	№ пробірки	Вага, мгм	№ пробірки	Вага, мгм
1726	y1	x1	y2	x2	y3	x3
1727	1	30	32	68	34	40
1728	2	33	31	66	35	68

**Рис. 1. Фрагмент отриманих даних в Microsoft Excel**

Отримані дані оброблялись за допомогою сплайн-інтерполяції та отримувалися поверхні відгуку. На рис. 2 представлено «збудовану поверхню» розподілу рідини після одного з дослідів.



**Рис. 2. Приклад отриманої поверхні відгуку стану розпилення рідини**

Такий метод діагностування робочого стану щілинних гідравлічних розпилювачів для хімічного захисту рослин дозволяє проводити якісну оцінку технічного стану та проводити ефективне дефектування нових розпилювачів.

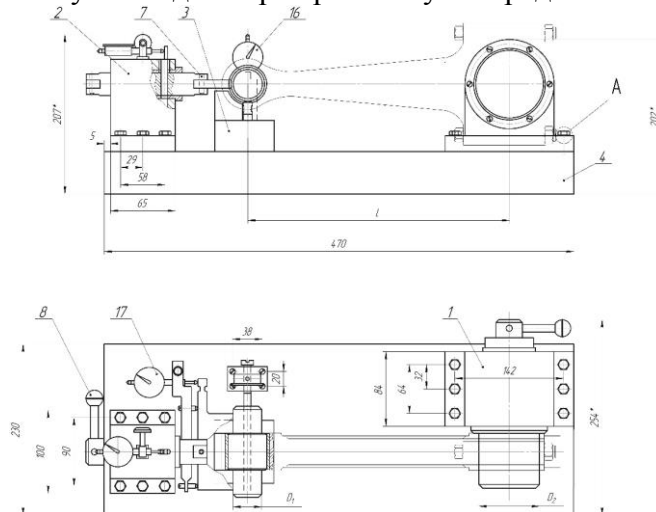
**89. І. О. Бучко, С. С. Добранський, Житомирський агротехнічний фаховий коледж**  
**ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ШАТУНА**

Пристосування, що розглядається, призначено для перевірки геометрії шатунів на згин і скручування стрижня. Воно складається з основи, правої опори з базовим пальцем, лівої опори, стійки з настановним пальцем.

Недоліком даного пристосування є те, що відсутня можливість регулювання міжосьової відстані головок шатуна, внаслідок чого цей пристосування можна використовувати тільки для дефектації шатунів двигуна певної марки.

Пропонується змонтувати пропонований пристрій на чотирьох швелерах, ліву опору пристрою жорстко закріпити на підставі, а в правій частині основи під ліву опору вирізати пази, що дозволить її вільно переміщати. Також пропонується використовувати змінні насадки для базового та настановного пальців для головок шатунів двигунів різних марок. Перевагою цієї конструкції є її універсальність, так як права опора, що переміщається, і змінні насадки дозволять проводити дефектацію шатунів двигунів різних марок.

Загальний вигляд пристосування для перевірки шатунів представлено на рис. 1.



**Рис. 1. Пристосування для перевірки шатунів**

Пристрій містить основу 4, що складається з п'яти швелерів, з'єднаних між собою зварними з'єднаннями. На підставі встановлена плита. На плиті змонтовані ліва 2 і права опори 1 і стійка 3. У лівій опорі встановлені індикаторні нутроміри 17. На основу, поруч зі стійкою встановлений нутромір 16. У стійку і в праву опору вбудовані базовий і настановний пальці зі змінними насадками. До лівої та правої опор пальцями 7 прикріплені ручки управління індикаторними нутромірами.

Принцип роботи пристрою є наступним. У верхню головку шатуна вставляють палець, надягають шатун отвором нижньої головки на базовий палець і кладуть виступаючими поверхнями пальця на упор.



Непаралельність осей отворів верхньої та нижньої головок не повинна перевищувати 0,04 мм на довжині 100 мм. Осі отворів повинні лежати в одній площині, відхилення не більше 0,03 мм на довжині 100 мм. Перевіряють збіг отворів у втулці та шатуні.

#### **Список використаних джерел**

1. Дашивець Г.І., Паніна В.В. Дослідження факторів, що впливають на якість ремонту двигунів. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2014. Вип.4. Т.1. С.101 – 106.
2. Паніна В.В. Методика забезпечення вхідного контролю якості запасних частин. Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК: матеріали міжнародної науково-практичної конференції за результатами досліджень 2016 р. Мелітополь: 2017.

### **90. O. V. Velgas, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine**

#### **SMART TECHNOLOGY OF GRAIN HARVEST MARKET**

There are a number of important reasons that are influencing the agricultural environment, and these factors are driving the substantial development that the Smart Harvest Market is seeing. A number of the most important growth drivers are as follows:

**Shortages of Labor:** The agricultural sector is confronted with difficulties that are associated with labor shortages, notably in the harvesting of seasonal crops. In order to provide a solution, smart harvest technologies, which include autonomous harvesting equipment and robotic systems, are utilized. These technologies reduce the reliance on manual labor and ensure that harvesting activities are carried out efficiently.

**Increasing Demand for Food Production:** As the number of people living on the planet continues to expand, there is an increasing demand for more food to be produced for consumption. Productivity and efficiency are increased through the use of smart harvest technology, which enables farmers to satisfy the growing demand for agricultural products.

**Precision Agriculture Practices:** The implementation of precision agriculture practices is on the rise. Precision agriculture techniques are becoming increasingly popular. Smart harvesting solutions include the exploitation of technology such as sensors, data analytics, and machine learning in order to optimize harvesting processes. This optimization ultimately results in increased crop output, decreased waste, and enhanced resource efficiency.

**Developments in Technology:** The development of smart harvest solutions that are more sophisticated and efficient is being driven by ongoing technological breakthroughs. These advancements include robots, artificial intelligence, and automation. These advancements are a significant contributor to the Smart Harvest Market's overall growth and development since its inception.

**Initiatives Regarding Sustainability:** The application of smart harvest technologies is being prompted by the emphasis placed on environmentally responsible agricultural operations. The goals of sustainable farming practices are aligned with these technologies because they facilitate the optimization of resource utilization, the reduction of waste, and the reduction of environmental effect.

**Assistance and Initiatives from the Government:** Numerous governments are beginning to acknowledge the potential advantages that smart farming technologies may bring, and as a result, they are providing financial incentives, subsidies, and support programs in order to stimulate the use of these solutions. It is because of this support that the Smart Harvest Market has been able to see significant growth.

**Increasing Investment in AgTech:** The smart harvest industry is experiencing a surge in innovation as a result of the growing investment in agricultural technology (AgTech) startups and companies. Through the provision of this financial assistance, the development and commercialization of cutting-edge harvesting technologies are sped up.

**Data-Driven Decision-Making:** The adoption of smart harvest technology is being propelled by the emphasis placed on data-driven decision-making in the agricultural industry. Real-time data and analytics are being utilized by farmers in order to facilitate the making of well-informed decisions, enhancement of crop harvesting, and overall improvement of farm management.

**Global Connectivity:** The adoption of smart harvest solutions is made easier by the improvement of connectivity in rural areas, which is facilitated by global connectivity. The ability to integrate and control intelligent harvesting equipment and systems in a smooth manner is made possible by having access to the Internet of Things (IoT) and other communication technologies.

The Smart Harvest Market is positioned to become a dynamic and developing sector within the larger agricultural business as a result of the confluence of several growth drivers to create this position. The market

for intelligent harvesting solutions is anticipated to grow even more as technological advancements continue to be made and the need for agricultural methods that are both environmentally friendly and productive increases.

#### References

1. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv, Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146.
2. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv, Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138.
3. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Iwona Mastowska, Mikola Ohienko, Igor Sivak, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss. *Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises*. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2022; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 244, illus., tabs., bibls. [https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon_Rogovskii.pdf).
4. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.
5. Rogovskii I.L., Reznik N.P., Osadchuk N.V., Ivanova T.M., Zinchenko M.M., Melnyk L.Yu., Ryzhakova H. (2024). Institutional aspects of development of budget system: theory and practice of Ukraine. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 489. pp 925–937. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0\\_78](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_78).
6. Rogovskii, I.L., Reznik, N.P., Druzhynin, M.A., Titova, L.L., Nychay, I.M., Nikulina, O.V. (2024). Non-uniform field of concrete deformations of circular cross-section columns under cross bending applying digital image correlation method. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 489. pp 939–951. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0\\_79](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_79).
7. Volokha M., Rogovskii I., Fryshev S., Sobczuk H., Virchenko G., Yablonskyi P. Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, 2023, Vol. 10(2), pp. F1-F9, doi: 10.21272/jes.2023.10(2).f1.

#### **91. D. V. Zadorozhnyuk, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine AI-POWERED COMBINE HARVESTERS HYDROSYSTEMS**

Artificial intelligence (AI) is revolutionizing the agriculture machinery market, offering unprecedented levels of efficiency, precision, and productivity [1-7]. Across the sector, AI-powered solutions are enabling farmers to optimize resource management, reduce waste, and increase yields. Companies like John Deere, Case IH, Fendt and Estes(Performance) Concaves are all working feverishly to integrate AI technology into their harvest products. AI is reshaping traditional practices and transforming the capabilities of farm equipment like never before. You have likely already seen John Deere's See and Spray technology where AI-powered sensors and imaging systems can detect and differentiate between crops and weeds, allowing for targeted harvesting and more efficient use of herbicides.

Another significant area where AI is making its mark is in the realm of combine harvesters and AI is enhancing their functionality in several ways. With the integration of machine learning algorithms and AI, combine harvesters can analyze real-time data and this data-driven approach enables combine harvesters to make autonomous adjustments, optimizing settings to maximize the combine harvester's performance.

John Deere has introduced innovative AI-powered solutions like Combine Advisor to revolutionize the capabilities of John Deere Combines. Combine Advisor is a comprehensive suite of technologies designed to optimize harvesting operations and maximize yield while minimizing waste and downtime. One key feature of Combine Advisor is ActiveVision cameras, which utilize AI algorithms to provide real-time imaging and analysis to detect and differentiate between grain and non-grain material, such as weeds, chaff, and foreign objects. By accurately identifying and separating unwanted material from the grain. Additionally, John Deere's Combine Advisor™ includes features such as HarvestSmart™ automatic feedrate control, which uses AI algorithms to adjust combine settings to maximize efficiency and productivity.

Case IH, has also embraced AI-driven technologies to enhance their combine harvesters. One notable example is the Case IH Harvest Command system, which utilizes advanced AI algorithms to automate the harvesting process and optimize performance. This system continuously monitors crop conditions, machine

settings, and performance metrics to make real-time adjustments for maximum efficiency and yield. Further, Harvest Command can analyze historical data and trends, it can predict potential issues such as crop variability or equipment wear, allowing operators to take preventive measures and avoid downtime. The industry is eager to see what new technology the recently released Case IH AF Combines, AF10 and AF11, has to offer in terms of further integrating AI.

Estes Concaves, a pioneer in Case IH and John Deere Concaves, has recently released their XPR3 Concaves. The Estes XPR3 Concave System represents a significant advancement in combine harvester technology, complementing the efforts of industry leaders like John Deere and Case IH by streamlining harvesting operations and enhancing machine autonomy. With its innovative design, the XPR3 Concave System eliminates the need for downtime to manually change concaves or install covers between crops, allowing the combine harvester to operate seamlessly across different field conditions without interruption. Moreover, the XPR3 serves as Estes Concaves' platform for integrating AI technology, enabling real-time analysis of crucial data such as crop conditions and the combine's productivity, which are composed of many factors. This data is leveraged to dynamically adjust concave characteristics and optimize concave settings and positioning for maximum performance. By continuously monitoring crop conditions and combine sensors, the XPR3 ensures optimal throughput and grain quality while minimizing grain loss, all while reducing operator fatigue and simplifying operation. The integration of AI into the XPR3 Concave System marks a significant step forward in the quest for precision harvesting, empowering farmers with enhanced user experience and performance never before achieved.

Estes Concaves, alongside industry leaders like John Deere and Case IH, is at the forefront of integrating AI technology into combine harvester systems, with the introduction of the XPR3 Concave System representing a significant step forward in precision harvesting. However, these companies are only scratching the surface of what AI can accomplish in the agriculture industry. As AI continues to evolve, its potential to revolutionize farming practices, increase efficiency, and improve yields is immense. With ongoing research and development, combined with the adoption of AI-driven solutions, the agriculture industry stands poised for transformative change. These companies are just beginning to explore the vast possibilities that AI offers, and its impacts on agriculture are likely to be profound and far-reaching in the years to come.

#### References

1. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146.
2. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138.
3. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Iwona Mastowska, Mikola Ohienko, Igor Sivak, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss. *Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises*. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2022; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 244, illus., tabs., bibls. [https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon_Rogovskii.pdf).
4. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.
5. Rogovskii I.L., Reznik N.P., Osadchuk N.V., Ivanova T.M., Zinchenko M.M., Melnyk L.Yu., Ryzhakova H. (2024). Institutional aspects of development of budget system: theory and practice of Ukraine. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 489. pp 925–937. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0\\_78](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_78).
6. Rogovskii, I.L., Reznik, N.P., Druzhynin, M.A., Titova, L.L., Nychay, I.M., Nikulina, O.V. (2024). Non-uniform field of concrete deformations of circular cross-section columns under cross bending applying digital image correlation method. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 489. pp 939–951. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0\\_79](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_79).
7. Volokha M., Rogovskii I., Fryshev S., Sobczuk H., Virchenko G., Yablonskyi P. Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, 2023, Vol. 10(2), pp. F1-F9, doi: 10.21272/jes.2023.10(2).f1

**FORAGE HARVESTERS COMBINE READY FOR FALL**

There are generally between 25 and 50 major functions or pieces of a combine that must be checked each year. Keep that process simple by starting in the front of the machine and work your back, starting with the header and looking for worn parts or damage. Yes, a lot of fieldwork will need to be done before harvest begins. But it is never too early to get a jump-start on your preseason combine checklist.

As soon as that thing comes out of storage, it's a good opportunity to give it that once-over initial check. This includes checking for fluid leaks, rodent damage, unusual smells, or listening for unusual sounds.

It's also always recommended maybe to have an infrared thermometer, and after the machine has been running for a little bit to kind of just walk around and take some scans of, you know, some high- heat areas of the combine where there are a lot of bearings and belts – and chains – and see if there's anything out of the ordinary.

Reference your operator’s manual as all machines are different and will have different things to check and listen for. Rodent damage, especially, can be problematic and found quickly.

A burning smell usually means a belt has been frayed or belt tension is too high. If you hear any grinding or high-pitched noises, this usually means that something isn’t calibrated or set properly. Franceschetti says that there are generally between 25 and 50 major functions or pieces of a combine that must be checked each year. Whether you have a self-propelled forage harvester or a pull-type machine, the preharvest maintenance checklist is similar to a combine, but there are big differences.

Then, make sure to check and maintain the parts that meet the crop, including the cutter heads, knives and shear bars.

If you have a pull-type machine, the PTO is one of the most important things to check.

Keep this checklist handy for things to look for on your chopper:

Preharvest maintenance checklist for self-propelled forage harvesters		
Task	To do	Status
Clean	Thoroughly clean the forage harvester of any dirt or debris from storage.	✓ ✗
Repair	Visually inspect the forage harvester and header to make note of any parts needing repair or replacement.	✓ ✗
Maintain	Perform basic preseason maintenance, including fluid and filter checks and lubrication.	✓ ✗
Test	Test and inspect major forage harvester functions, including in-cab adjustments; feed rolls, cutterhead and crop processing; belts, chains and bearings; chute wear liners and blower paddles; and safety features.	✓ ✗
Calibrate	Calibrate sensors and monitors.	✓ ✗
Update	Test precision farming features, and confirm software is updated.	✓ ✗
Inspect	Stop by your local dealership and consider a preharvest inspection.	✓ ✗
Prepare	Be sure to keep general maintenance and wear products on hand to quickly get back to harvesting when breakdowns happen.	✓ ✗

**SMART TECHNOLOGIES AND TRENDS IN SUGAR BEET HARVESTING TECHNOLOGY**

113 countries around the world produce sugar – 42 of them from sugar beet; these are primarily countries with moderate climates such as those in Western, Central and Eastern Europe, the United States, China and Japan. The vast majority – a good three quarters – of the world's sugar is obtained from sugar cane in (sub)tropical climate zones. Around five million ha of sugar beet have to be harvested globally [1]. Bioethanol production, which necessitates additional cultivation areas for both sugar cane and sugar beet, is often coupled to sugar production. Not only since the emergence of discussion surrounding the 'energy revolution', this has been joined by a further development, particularly in Germany, i.e. the fact that sugar beets are used in biogas plants to break up maize-heavy substrate compositions. An essential role is played here by the finding that the sugar beet has one of the highest dry substance yields of any crop in an easily fermentable form [2]. Sugar companies and beet producers in the EU had geared up for liberalisation as of 2017. After five years under

liberalised market conditions, however, it has become increasingly apparent that conscious production for the global market cannot be achieved profitably (without state subsidies) [3]. Competitiveness is also linked to the cost-optimised capacity utilisation of the existing systems, resulting in the implementation of restructuring measures with factory closures. Even prior to the Ukraine war (from February 2022), poor harvests due to weather conditions and yellowing calamities actually led to reductions in acreage, lower sugar production, market shortages and consequently to rising sugar and beet prices, which is qualified by the sharp rises in (energy) costs for cultivation and processing at the same time.

Despite all of this, the 'cultivation boom' seen over the past decade, with increased demand for reliable harvesting technology, currently appears to have been superseded by a 'status quo' phase: replacement and renewal of used machines (Fig. 1).



**Fig. 1.** Basic principle: harvesting what has grown

It should be possible to harvest the sugar that has grown on the field and can be extracted profitably in the factories as completely as possible and store it on the clamps – as far as is climatically feasible. The expert finding that the beet head now stands out through its significantly smaller leaf base and contains fewer harmful non-sugar substances – due to breeding and cultivation progress – with the result that it can also be used for efficient sugar extraction is additionally coming into play. A technical response to rapid yield growth in beet cultivation is also required – ever increasing volumes have to be transported from the field.

These relationships are unavoidably impacting the requirements of harvesting technology: gentle on the soil, low-loss, as little damage and as few (cutting) injuries as possible, no (green) leaf residues, easy – optically, comfortably and automated – to operate and nevertheless remaining cost-efficient and reliable. A certain plateau appears to have been reached in the beet harvesting segment in the general trend towards performance- and cost-oriented, fully automated mechanisation in agriculture. Large self-propelled machines, usually with 6 rows, increasingly frequently with 9 rows and even 12 rows, and with (intermediate) bunkering are now the standard worldwide. What started back in 1974/1975 with the first six-row beet harvesters with bunkers, the 'Südzucker-Betaking 3000' and the 'Holmer-System Paintner', has been, and continues to be, perfected over the last few decades. Since then, no clear trend has been apparent with regard to optimum row widths/growing spaces; whether (30) 45, 50, 56 or 60 cm is the best row spacing depends on a number of other factors in the agricultural enterprise. However, a harvesting system must be capable of properly and cleanly harvesting 100,000 plants per ha and transporting them carefully from the field. Further developments in the areas of low-injury handling of the sugar beet and a low soil content with nevertheless low harvest losses – all with maximum soil protection – are now usually found only in the multi-row, self-propelled machines which complete harvesting with a single operator [4]. 12-row versions always necessitate additional, sophisticated removal technology/logistics on the field – however, focus is always placed on reducing soil loads. Hauled 6/8- and 12-row variants (topper + harvester-loader) have only survived on the extensive plains of North America and in the black earth regions of Eastern Europe, in which maximum power in the shortest space of time is crucial – short harvesting periods due to the weather conditions – and the transport width on the road is not subject to any special regulations. The prerequisite for this is extensively standardised operating conditions

(large, absolutely flat areas; uniform, humic, sandy-loamy soils ...). Local differences in slope gradients, soil types and area structures quickly bring these simply designed machines to their limits in terms of losses.

Changing demands in the external quality of the beets (scalping/whole beet) for biogas use and long-term storage are also driving innovations. High mobility, manoeuvrability, fast operational readiness and operating reliability are parameters for efficient operation on plots of all sizes (with or without slope). Great attention must be paid to ergonomic operation and training the operating personnel in comfortable high-tech driver's cabs. Camera monitoring, including for entire machine assemblies, and touch screen operation via or on monitor interfaces demand maximum attention from the driver, who is thankful for any and all automation – driver assistance systems remain the major trend. However, this must not negate basic knowledge of the soil and harvested crop, i.e. keeping sight of top quality work with acceptable soil conditions. Projects to offer assistance for navigability and the optimum deployment time for the large machines have also been tested. In order to simplify the highly complex harvesting process, particularly when more than 6 rows are involved, machine manufacturers are investing a great deal of cash and manpower in the development of driver assistance systems, performance-dependent automation and the appropriate sensors required for this – often across companies in cooperation with scientists (e.g. adaptation of the vehicle's speed depending on the operating rate of the lifting and cleaning units). Use of the latest tyre technology with balance and roll stabilisation for two- and a growing number of three-axle machines is not only increasing operating flexibility on sloping terrain. This is also the objective of extended, folding bunker booms for constructing larger clamps for 10-metre loaders ... or a digging unit on which the lifting tools (vibration shares and Oppel wheels) are mounted individually and adapt automatically, precisely and independently of one another to the (uneven) surface of the soil. This capability is likely to be increasingly appreciated, particularly for larger working widths, whilst it is a must for 12 rows. With regard to the weight, lighter but simultaneously robust materials are increasingly being used, and heavy skids or sensor wheels are being replaced with 'light' sensors. Machines for professionals can not only be (remotely) maintained with the aid of smartphones and/or tablet PCs; their settings can also be optimised (telematics), thus reducing working time and costs and making driving even better.

The common practice in the USA of sugar beet defoliation/topping using shafts with rubber and steel flails, whose rotational speed and working height have to be individually adapted to the crop, has also led to the further development of scalping work with the skid contact sensor. At the same time, all manufacturers are providing an efficient and inexpensive response to defoliation with solutions for what is referred to as minimum scalping. Topping and minimum scalping methods have quickly been accepted by farmers, as they equate to mass yields that are three to four percent higher; in the majority of countries/companies, the sugar industry's negotiating partners have agreed on specifying a 'target beet without leaves' – the technology has the appropriate answer. Defoliation with two independently operating, front-mounted flail shafts is a fully-fledged alternative on the self-propelled beet harvester with bunker both for beets for biogas use and in the sugar factory. The hauled, 3-shaft defoliator with/without scalper is sold or operated in two-phase systems (e.g. overseas/in Eastern Europe); it must be possible to operate this, even in the 12-row version, at the same speed as the separately hauled harvester-loader.

Efficient beet processing in the sugar factories (or biogas plants) necessitates the management of vast flows of goods. With campaign lengths of 120 days and more, the beet clamps must be loaded around the clock. A key role in this is played by the (self-propelled) cleaning loader. All manufacturers have completed the move to a 10 metre intake width – with the patented difference of the flexible working angle of the pick-up table. Wider, higher clamps necessitate the adaptation of the harvesting technology (but also the intake technology on the cleaning loaders) as well as the logistics chains, which are supported and networked with diverse software programs. One hurdle is always operating under difficult, moist conditions with high percentages of wet, sticky soil in the clamps. The majority of manufacturers have shifted towards having seven (instead of six) rollers work in the intake downstream of the lifting assembly, equating to 15% more cleaning area. At any rate, the following is true in the dispute amongst experts regarding the advantageousness of turbine and/or roller cleaning: it depends on the setting! Turbine technology appears to be setting the tone amongst harvester manufacturers as regards flexibility, weight, fuel and cost reduction! Conversely, roller intake and cleaning forms part of the standard equipment for the 'Maus' manufacturers. Stationary loaders are now only available for special usages (with a picking table for large clamps) – hardly any further development is now being undertaken here.

Harvesting is completed for suppliers of sugar beets to a sugar factory with pre-cleaning and the evaluation of the exterior quality (primarily of soil/foreign object/leaf components). Unlike for fermentation in a biogas plant, dry or wet cleaning and, above all, stone removal are required depending on location and soil type. With growing interest from operators of biogas plants, an increasing number of established machine

manufacturers are offering technical solutions for appropriately preparing these (sugar) beets. The potential procedure is determined by the method of long-term preservation of the beet material. Here, whole beet silage has become established due to reasons of loss and cost minimisation. Innovative, compact machines – in stationary or mobile operation – make use of the mechanical and physical properties of the sugar beets, such as their static buoyancy in water, for instance; beet washing can be carried out at the end of this process, but does not have to be.

The development of technology for sugar beet harvesting and transport is characterised by the extensive use of electronics for regulation and control functions – be it in the sugar factory or up to the fermenter in a biogas plant. The touch screen technology is aimed at relieving the machine operator even further; operations are being increasingly automated in order to maintain or increase the quality of work and set-up times with changing drivers in 24-hour operation. Manufacturers are able to offer an entire package of networking: harvesting management, to-the-second video documentation of the entire work process or transport logistics with the sugar factory/biogas plant. The transport plan triggers the harvesting job for the harvesting community or contractor – in Germany, the majority of land is harvested on a cross-farm basis. On completion of the work, this in turn forms the basis for subsequent mechanised clamp uncovering and removal – and without manual intervention up to and including the provision of data relevant for invoicing.

Stricter exhaust emission regulations in the EU (exhaust emission standard Euro V is specified) are necessitating new engine technology (with the addition of AdBlue) without any loss of power output, but this is not 'needed' when selling to countries in the East. Automotive work with increasingly lower engine speeds is reducing fuel consumption and the volume level with ever more high-performance machines.

The self-propelled beet harvester with bunker – usually with 6 and 9 rows, also often with 12 rows – is setting the standard worldwide. In combination with the latest tyre technology, offset track driving in 3- or 2-axle machines ensures efficient, soil-protecting harvesting and creates a 'breathing space' in operation for periods of poor weather in the autumn. Progress in tyre technology (with the reduction of the tyre inflation pressure to 1.4 bar and thus an increase in the contact surface) primarily benefits the soil. Directional stability, lateral slope suitability and axle weight distribution have been improved in combination with sophisticated (hydraulic) suspension concepts. Simple, hauled 6/8/12-row harvesting systems (with separate defoliation) that are designed exclusively for power and cost minimisation now only survive on the vast plains of Russia and North America. Hauled transfer vehicles with e.g. soil-protecting track running gear are now also used with beet harvesters with bunkers for intermediate transport on the field wherever extensive field lengths and high yields necessitate this. The variety of suppliers in the (field) transport segment has increased significantly.

Cleaning and loading play a key role in the logistics networked with the organisation of beet harvesting. In countries with pre-cleaning at the edge of the field, the self-propelled 'Maus' cleaner loader with 10 metre intake is now part of the standard procedure. In states with large collective clamps in the area (e.g. in France) the roller intake is replaced by a bunker that is loaded using a wheel loader/excavator. Smaller hauled or trailed machine variants are now only developed for special solutions (particularly stones!). The mechanisation of clamp care – especially on a non-woven cloth basis – has become established everywhere in the light of long campaigns. Digital networking of sowing, cultivation, harvesting, clamp care and transport is ensuring the optimisation of the entire process chain. At the same time, everything is becoming more digital in increasingly high-performance on-board electronics with the linking of harvesting process monitoring and subsequent beet transport logistics. As additional key factors in the operating quality and performance of the harvesting machine, the machine operator's comfort and workplace are not being overlooked either.

#### References

1. Rogovskii I. L., Palamarchuk I. P., Kiurchev S. V., Verkholtantseva V. O., Voinash S. A., Sokolova V. A., Gogolevski A. S. Mathematical modeling of the impulse bubbling process of bulk mass by the coolant flow. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 919. P. 052026. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/919/5/052026>.
2. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Sokolova V. A., Tarandin G. S., Polyanskaya O. A. Modeling the weight of criteria for determining the technical level of agricultural machines. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677. P. 022100. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022100>.
3. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146.
4. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138.

**94. О. В. Надточій, Національний університет біоресурсів і природокористування України**  
**КООРДИНТНІ ПІДХОДИ ДО ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ АГРОТЕХНІКИ**

Вічних машин немає [1]. Машини будь-якого технічного рівня та якості спрацьовуються, старіють, ламаються [2]. Тобто неминучі не тільки планові, а й непланові ремонти та обслуговування [3]. Залежно від якості, технічного рівня, інтенсивності, умов і кваліфікаційного рівня, для підтримування їх працездатності за строк експлуатації слід витратити 80–120% від початкової ціни для зарубіжної техніки й 200–300% для вітчизняно [4]ї. За приблизними розрахунками, щороку на ремонт техніки витрачається 10–15% її балансової вартості, що становить 8–9 млрд грн [5]. Тому значущість технічного сервісу важко переоцінити [6]. Сучасний стан сільськогосподарської техніки в АПК переконує, що сервіс як напрям виробничої діяльності, спрямований на підтримання техніки в працездатному стані, перестав існувати. Зарубіжний і вітчизняний досвід експлуатації техніки свідчить, що підтримання техніки в працездатному стані в споживачів є важливим народногосподарським завданням. Для підкреслення значущості сервісу в підтриманні працездатності техніки в споживачів у зарубіжній літературі використовують термін — “типи експлуатації”. Якщо так само розглядати значущість сервісу, то у вітчизняних сільгоспвиробників типів експлуатації немає. Є тільки передова лінія — робота в полі, а типи експлуатації кожен формує, виходячи із власних можливостей [7].

Соціально-економічні зміни в Україні потребують адекватних змін в управлінні та організації сільськогосподарського виробництва. Одним із основних напрямів реформування системи обслуговування має бути зміна технічної політики в АПК, у т. ч. і в технічному сервісі засобів виробництва як інструменту забезпечення працездатності техніки сільськогосподарського призначення у споживачів.

У ринкових умовах, що складаються в Україні, технічний сервіс в АПК потрібно розглядати як стратегічний напрям із забезпечення працездатності техніки в період експлуатації з позицій юридичного, економічного, нормативного, технічного, технологічного та кадрового забезпечення, як невід’ємну сполучну ланку між виробником і споживачем техніки. Це сприятиме завоюванню належного місця на вітчизняному та світовому ринках сільськогосподарського машинобудування. Основна маса вітчизняних і зарубіжних виробників сільськогосподарської техніки недооцінює роль і значення обов’язкового й надійного технічного сервісу для загальної виробничої діяльності. Серед власників техніки також не сформовано специфічної і природної потреби в дотриманні правил її технічного обслуговування.

Підхід до технічного сервісу має бути принципово іншим. Сукупність послуг, які надає виробник продукції через свої фірмові або дилерські центри до і після її реалізації, має надаватися за умови практичної підготовки споживачів і ретельного виконання ними вимог виробничої й технічної експлуатації.

Сьогодні промислові підприємства розвинутих країн дотримуються визначених стратегічних і тактичних напрямів менеджменту сервісу. У цих країнах сукупність послуг, які надає виробник продукції через свої фірмові або дилерські центри до і після її реалізації вибагливим, практично підготовленим і досвідченим споживачам, в умовах ринкової економіки є найпереконливішим аргументом під час вибору потрібної машини.

Останнім часом на передній план конкурентної боротьби за споживача винесено сервісні послуги. Зокрема, передпродажне та післяпродажне обслуговування та терміни поставок. За помітного вирівнювання експлуатаційно-технічних показників сучасних машин виробництва різних фірм сукупність послуг, їх обсяг і термін слугують для споживачів додатковим вагомих аргументом, який високо цінується під час вибору потрібної машини. Тому водночас із ринком техніки повинен формуватися потужний ринок сервісу, що має охоплювати принципи, нормативи та правила, яких дотримуються фірми-продуценти. Ці розробки треба вдосконалювати згідно з потребами та замовленнями споживачів. Зростаюче значення технічного сервісу зумовлено певними об’єктивними тенденціями:

- завдяки потужному інформаційному забезпеченню змінилися відносини між споживачем і виробником, а також підвищилися вимоги до якості промислових виробів;
- підвищилася складність промислових виробів, що зумовило додаткові вимоги щодо кваліфікації експлуатаційників і обслуговуючого персоналу;
- швидкий науково-технічний прогрес зумовлює передчасне моральне старіння машин і диктує споживачеві потребу в їх примусовій модернізації.



Щодо сервісу існують різні визначення. Основне — обсяг робіт із надання послуг для задоволення потреб споживача. Для сільськогосподарської техніки значення сервісу предметніше: це система консультацій, придбання, забезпечення запасними частинами та економічно вигідною експлуатацією технічно складного виробу впродовж зумовленого терміну, який може дозволити собі споживач, а також утилізація техніки.

Виходячи з цього, основними завданнями технічного сервісу має стати розв'язання таких проблем:

Консультація потенційних покупців перед придбанням машини або виробу даної фірми, що дасть їм змогу зробити правильний і свідомий вибір;

- Підготовка персоналу до майбутньої ефективної та безпечної експлуатації техніки;
- Передача потрібної технічної документації, що дасть змогу спеціалістам кваліфіковано використовувати техніку та обслуговувати її у межах чинних технічних норм;
- Передпродажна підготовка техніки до реалізації її споживачеві;
- Доставка техніки на місце експлуатації;
- Підготовка техніки за місцем експлуатації і демонстрація її покупцеві в роботі (пусконаладження);
- Забезпечення працездатності техніки впродовж терміну її експлуатації;
- Оперативне забезпечення запасними частинами;
- Збір і систематизація інформації щодо виробничої і технічної експлуатації техніки;
- Аналіз роботи конкурентів на ринку техніки та сервісу;
- Забезпечення служби маркетингу первинною інформацією щодо потреб у техніці й послугах;
- Утилізація техніки.

У практичній діяльності фірма-продуцент повинна використовувати низку основних правил із розробки норм і заходів, які зменшують імовірність помилок у період експлуатації техніки:

- Зважена цінова політика в сфері сервісу, що має бути не тільки джерелом додаткових прибутків, а й аргументом для придбання товару та каталізатором зміцнення довіри у покупців;
- Зручність сервісу. Сервіс потрібно надавати в тому місці, в зазначений час і в такій формі, що задовольняє споживача;
- Еластичність сервісу. Пакет сервісних послуг фірма повинна пропонувати від мінімально потрібних до максимально доцільних;
- Обов'язковість пропозицій і необов'язковість використання. Фірма пропонує клієнту сервіс, але клієнт не обов'язково ним користується;
- Технічна та технологічна адекватність сервісу конструктивній і технічній складності виробу. Для сервісних центрів потрібні спеціальне устаткування й технології, що скорочують терміни виконання робіт і підвищують їх якість;
- Адекватна вартість сервісу відносно вартості техніки;
- Постійний моніторинг стану техніки.

Нині на поля України виходить машинерія нового технічного рівня — як вітчизняна, так і зарубіжна. Вона оснащена системами для контролю технологічних процесів і діагностики стану її вузлів, агрегатів і систем. Водночас недостатня кількість і якість технічних засобів та інфраструктури технічного сервісу унеможливають організацію адекватного обслуговування сучасної техніки. Це призводить до збільшення простоїв через відмову агрегатів, що, враховуючи стислі агротерміни, зумовлює збільшення біологічних втрат урожаю.

Зважаючи на інтенсивний розвиток сучасних систем зв'язку і можливості бортових комп'ютерів, можна розглядати питання про формування нового нетрадиційного підходу до організаційних засад менеджменту технічного сервісу — дистанційного моніторингу стану техніки в процесі її виробничої експлуатації.

В основу організації технічного сервісу сучасних машин повинні бути покладені нові принципи: оперативність і об'єктивність автоматизованого контролю технічного стану та оперативність прийняття інженерних рішень щодо відновлення їх працездатності або усунення виявлених неполадок, розрегулювань, потрібного переналадження машин. Автоматизований дистанційний моніторинг контролю технічного стану техніки дасть змогу максимально вилучити оператора (механізатора) з його суб'єктивними оцінками проблем виробничої і технічної експлуатації.

Розв'язання зазначеної проблеми дасть змогу не тільки зменшити простої під час польових робіт, а й забезпечить можливість превентивного обслуговування, тобто до початку прояву відмови.

## Література

1. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146.
2. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138.
3. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Iwona Mastowska, Mikola Ohienko, Igor Sivak, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss. Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2022; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 244, illus., tabs., bibls. [https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon_Rogovskii.pdf).
4. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.
5. Rogovskii I.L., Reznik N.P., Osadchuk N.V., Ivanova T.M., Zinchenko M.M., Melnyk L.Yu., Ryzhakova H. (2024). Institutional aspects of development of budget system: theory and practice of Ukraine. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 489. pp 925–937. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0\\_78](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_78).
6. Rogovskii, I.L., Reznik, N.P., Druzhynin, M.A., Titova, L.L., Nychay, I.M., Nikulina, O.V. (2024). Non-uniform field of concrete deformations of circular cross-section columns under cross bending applying digital image correlation method. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 489. pp 939–951. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0\\_79](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_79).
7. Volokha M., Rogovskii I., Fryshev S., Sobczuk H., Virchenko G., Yablonskyi P. Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, 2023, Vol. 10(2), pp. F1-F9, doi: 10.21272/jes.2023.10(2).f1

### **95. І. М. Ничай, Національний університет біоресурсів і природокористування України**

#### **ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

Введення дистанційного моніторингу в комплексі з мобільними засобами обслуговування й ремонту сприятиме розробці сучасного економічно доцільного стандарту служб технічного супроводження техніки, надасть імпульс розвитку засобів діагностування й зв'язку, технологій превентивного обслуговування, а також організації управління пересувними механізованими загонами [1-3].

Все це значною мірою визначить працездатність техніки у споживачів і вплине на кількість замовлень на послуги від сільгоспвиробників і, відповідно, на потребу в ремонтно-обслуговуючій базі, її технічну потужність, технологічну оснащеність, кількість спеціалістів дилерських сервісних центрів і мобільних засобів для виконання замовлень.

Отже, як бачимо, стратегічні напрями менеджменту технічного сервісу повинні розв'язувати низку завдань, спрямованих на: розробку концепції і структури сучасного технічного сервісу як головної домінанти забезпечення працездатності техніки у споживачів; правове, економічне забезпечення переходу до фірмового сервісу як однієї з вагомих складових комплексу показників, які відображають конкурентоспроможність вітчизняної техніки на внутрішньому та зовнішньому ринках; формування засад конкурентного середовища як основи цивілізованого ринку техніки та сервісних послуг, спрощення й здешевлення процедурних правил реалізації техніки і введення її в експлуатацію; формування й розміщення матеріально-технічної бази технічного сервісу відповідно до потреб споживачів; поєднання таких чинників, як ціна — якість — сервіс.

Концепція розвитку технічного сервісу в умовах ринкової економіки полягає в удосконаленні організаційних форм, технічного й технологічного забезпечення технічним сервісом машин і обладнання АПК для забезпечення їх надійної та ефективної роботи. У сучасних умовах концепція розвитку фірмового технічного сервісу повинна охоплювати не тільки питання технічного обслуговування й постачання.

Отже, перехід до фірмового технічного сервісу має супроводжуватися розв'язанням організаційних, технічних заходів, ухваленням правових і економічних нормативів.

Стратегічні й тактичні напрями технічного сервісу повинні охоплювати сукупність певних сертифікованих тестів, показників, чинників, які споживачі оцінюватимуть не прикметниками, а числовими показниками: вартість послуг, їх оперативність, якість і обов'язковість. Зазначені показники визначатимуть попит і пропозицію, тобто формуватимуть ринок послуг із технічного сервісу в стратегічному напрямі:

- розробка сертифікаційних вимог щодо технічного, технологічного, кадрового, нормативного й методичного забезпечення, обслуговуючої бази сервісного супроводження відповідно до технічного рівня машин;
  - технічне й технологічне забезпечення організаційної схеми надання послуг замовникам у сервісних центрах і в умовах споживача;
  - інформаційно-консультативне забезпечення споживачів;
  - підготовка та перепідготовка кадрів для виробничої експлуатації і технічного сервісу.
- Тактичні напрями технічного сервісу мають охоплювати всі практичні питання забезпечення споживачів технікою та підтримання її працездатності в гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації;

- транспортування машин, їх передпродажна підготовка, ознайомлення з правилами виробничої технічної і технологічної експлуатації, забезпечення правил технічної та екологічної безпеки;
- раціональне використання паливно-мастильних та інших експлуатаційних матеріалів;
- інформація про забезпечення запчастинами, вузлами, агрегатами та ПММ; раціональне та ефективне зберігання техніки і її утилізація.

Вибір стратегічних напрямів і вирішення тактичних завдань, визначених ними, дасть змогу забезпечити формування правових і економічних засад ринкового технічного сервісу. Це, своєю чергою, наблизить послуги до споживача, забезпечить їх якість, обов'язковість і доступність.

Щодо структурного перетворення технічного сервісу слід розглянути такі основні принципи.

Перший обов'язковий принцип структурних змін повинен полягати в тому, що фірма-продуцент не тільки продає техніку, а й супроводжує її в процесі експлуатації. Досвід великих зарубіжних фірм свідчить, що на виробництві машин зайнята така сама кількість робітників (або менше), як і на передпродажному або післяпродажному обслуговуванні. Так, у всеяпонській асоціації автомобілебудівників випуском автомобілів і запасних частин до них займається близько 700 тис. робітників і службовців, а передпродажним і післяпродажним сервісом — понад 900 тисяч робітників.

Зарубіжний і вітчизняний досвід свідчить, що для підтримання техніки в працездатному стані витрачається 80–300% коштів від її початкової вартості. Тому значення технічного сервісу як способу забезпечення працездатності техніки важко переоцінити. В економічно розвинутих країнах надійний і якісний сервіс є невід'ємною складовою успіху фірми в боротьбі за ринки збуту.

Отже, можна стверджувати, що сервіс — це самостійна галузь.

Під час розробки напрямів реформування структури фірмового технічного сервісу слід враховувати, що низькі показники експлуатаційної надійності вітчизняних машин не дають змоги повною мірою реалізувати технічну ідеологію планово-запобіжної системи обслуговування, яка, з часом настання відмов, перетворюється в оперативне обслуговування за потребою. Крім того, доцільно глибоко проаналізувати вітчизняний досвід, уважно й критично вивчити досвід провідних фірм світу, врахувати соціальний устрій і менталітет для запобігання дискредитації самої ідеї фірмового сервісу.

По-друге, слід розуміти, що технічний сервіс як поняття та галузь виробничої діяльності має складатися з комплексу юридичних, економічних, технічних, технологічних та організаційних заходів щодо забезпечення працездатності машин у споживачів під час експлуатації (від придбання до списання): маркетинг та інженерний менеджмент; інформаційно-консультативне забезпечення споживачів; транспортування машин; передпродажна підготовка машин (дозбирання, доукомплектація); реалізація техніки споживачам; введення в експлуатацію (оформлення документації та обкатка, ознайомлення з правилами управління, виробничою й технічною експлуатацією); виконання регламентних видів обслуговування, діагностування й технологічне налагодження; усунення відмов у виробничих умовах; поточний ремонт машин у споживача (в домашніх умовах); забезпечення й використання паливно-мастильних та інших експлуатаційних матеріалів; забезпечення запчастинами, вузлами, агрегатами тощо; зберігання техніки; кадрове забезпечення, підготовка та перепідготовка фахівців; гарантування дотримання техніки безпеки під час виробничої та технічної експлуатації; гарантування екологічної безпеки в період експлуатації.

Надання зазначених послуг можливе лише за умови створення міжрайонних (регіональних) дилерських центрів. Крім того, вони повинні здійснювати свою роботу в таких напрямках: реалізація та прокат техніки; фірмове технічне обслуговування; ремонт техніки; інформаційно-консультативне забезпечення споживачів.

По-третє: формування мережі дилерських центрів, їх технічної і технологічної потужності, зони обслуговування має базуватися на науково обґрунтованих розробках у галузі технічного сервісу.

Поєднання в одній фірмі робіт із виробництва й обслуговування виробів означає, що кінцевою продукцією такої фірми є не сам виріб, а його безперебійна робота впродовж усього терміну служби без аварійних поломок і за мінімальної кількості профілактичних зупинок (тобто виконавцем сервісних робіт є безпосередньо виробник виробу).

Створення повномасштабної служби сервісу підприємством-виробником можливе в разі виконання таких умов:

- Значні розміри виробництва й збуту.
- Особливості виготовленої продукції (наприклад, виробники унікального виробничого устаткування часто не мають таких служб, а формують групи монтажників, технічних консультантів);
- Значне територіальне охоплення діяльністю збуту.

Розглянемо докладніше кожен з можливих форм організації сервісного обслуговування.

Можливі організаційні форми реалізації сервісу

Сервіс здійснює винятково персонал виробника.

Таке обслуговування доцільне тоді, коли реалізовані вироби (техніка) складні, покупців небагато, а обсяг сервісу великий і потребує висококваліфікованих фахівців. Прямий контакт між персоналом продавця й покупця, властивий цьому варіанту сервісу, особливо важливий, коли виробник тільки вводить товар на ринок; будь-які несправності усувають швидко й без широкого розголосу, а конструктори одержують дані про результати роботи виробів у реальних умовах експлуатації. Така форма сервісу має право на життя під час супроводу нових зразків збиральної техніки й тракторів.

Сервіс здійснює персонал філії підприємства-виробника.

Цей варіант має всі переваги над першим і, крім того, максимально наближає оперативних працівників сервісу до місць використання техніки. Рекомендується на етапі доволі широкого поширення товару, коли кількість покупців значно збільшилася.

Сервіс доручають незалежній спеціалізованій фірмі.

Це особливо вигідно в разі сервісу товарів індивідуального споживання й масового попиту. В цьому варіанті з виробника (постачальника) цілком знімаються всі клопоти щодо проведення сервісу, але вимагаються значні відрахування на користь посередника.

До виконання сервісних робіт залучають посередників (агентські фірми, дилери), які повністю відповідають за якість і задоволення претензій.

Цей варіант передбачає сервісне обслуговування автомобілів, тракторів, сільськогосподарської і дорожньо-будівної техніки. Посередник (дилер), сфера діяльності якого охоплює лише частину національного ринку, добре знає своїх покупців, нюанси експлуатації техніки в місцевих умовах, кваліфікацію фахівців-експлуатаційників.

Технічне обслуговування доручають персоналу підприємства-покупця.

Вигідно, якщо техніку експлуатує підприємство, яке саме є виробником складного промислового устаткування або її лізингодавцем. Воно забезпечене, зазвичай, висококваліфікованими кадрами робітників та інженерно-технічного персоналу, здатними після навчання в постачальника чи на місці експлуатації техніки вести всі потрібні роботи із сервісного супроводження.

Ринкові відносини в АПК формують свої вимоги й до техніки, й до сервісу. Не враховувати об'єктивні умови формування цивілізованого ринку сільськогосподарської техніки та сервісних послуг — значить остаточно втратити ринок для вітчизняної техніки.

В умовах ринкової економіки централізований сервіс через систему "Сільгосптехніка" та "Агростач" перестав діяти, тому затрати сільгоспвиробників на підтримання сільськогосподарської техніки в працездатному стані збільшились, а коефіцієнт технічної готовності значно знизився, що негативно впливає на виробництво сільськогосподарської продукції.

Для того щоб сформувати цивілізовані відносини між продавцем і покупцем сільськогосподарської техніки, потрібні відповідні закони або урядові постанови про інженерно-технічну службу в АПК і про відповідальність продавців (юридичну, матеріальну) за гарантію працездатності техніки у споживачів на термін від її придбання до списання.

Практика підтримування належного стану сільськогосподарської техніки в споживачів в економічно розвинутих країнах свідчить про потребу переходу від “тотального” до фірмового технічного сервісу через мережу дилерських фірмових центрів. Вони повинні наблизити послуги виробника до споживача, забезпечити їх обов’язковість за термінами та якістю.

Перехід від знеособленого “тотального” до фірмового сервісу дасть свої позитивні результати:

- фірми-виробники будуть зацікавлені в підвищенні технічного рівня своєї продукції (показників експлуатаційної надійності) для завоювання ринку збуту й зменшення витрат у гарантійний період;

- наблизить послуги до споживача, розширить сферу послуг, поліпшить їх якість і обов’язковість;

- підвищить коефіцієнт технічної готовності машин у робочий період і, відповідно, скоротить терміни виконання робіт.

Четвертим принципом формування структури технічного сервісу в АПК має бути врахування кількісного складу парку техніки, її технічного стану, надійності.

Слід враховувати, що під час формування структури технічного сервісу домінуючими, крім регламентних значень періодичності обслуговування, виступають показники експлуатаційної надійності:

- напрацювання на відмову, простої через імовірні відмови й трудомісткість їх усунення;
- виробничий цикл використання техніки впродовж року (сезону) й цикл використання її до списання;

- темпи морального й фізичного старіння техніки й темпи збільшення затрат на експлуатаційні потреби.

Наявність на машинах бортових комп’ютерів, автоматизованих систем контролю технічних і технологічних параметрів і показників, електрогидравлічних, гідростатичних систем потребує високої кваліфікації спеціалістів служби сервісу, відповідного рівня засобів для технічного діагностування, налагодження та обслуговування.

Для цього потрібна підготовка фахівців інженерно-технічного профілю, яку б здійснювали з урахуванням упровадження новітніх технологій у виробництво й переробку продукції АПК із використанням сучасної та перспективної техніки, що потребує відкриття нових спеціальностей:

#### Література

1. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146.

2. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138.

3. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Iwona Mastowska, Mikola Ohienko, Igor Sivak, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss. *Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises*. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2022; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 244, illus., tabs., bibls. [https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon_Rogovskii.pdf).

#### **96. Л. Л. Тітова, Національний університет біоресурсів і природокористування України**

#### **ЗЕРНОЗБИРАЛЬНІ КОМБАЙНИ З КЛАСИЧНИМ МСП НА ЗБИРАННІ ЗМІШАНИХ ПОСІВІВ**

Збирання зернового збіжжя забезпечується за наступних технологічних параметрів зернозбирального комбайна з «класичним» МСП:

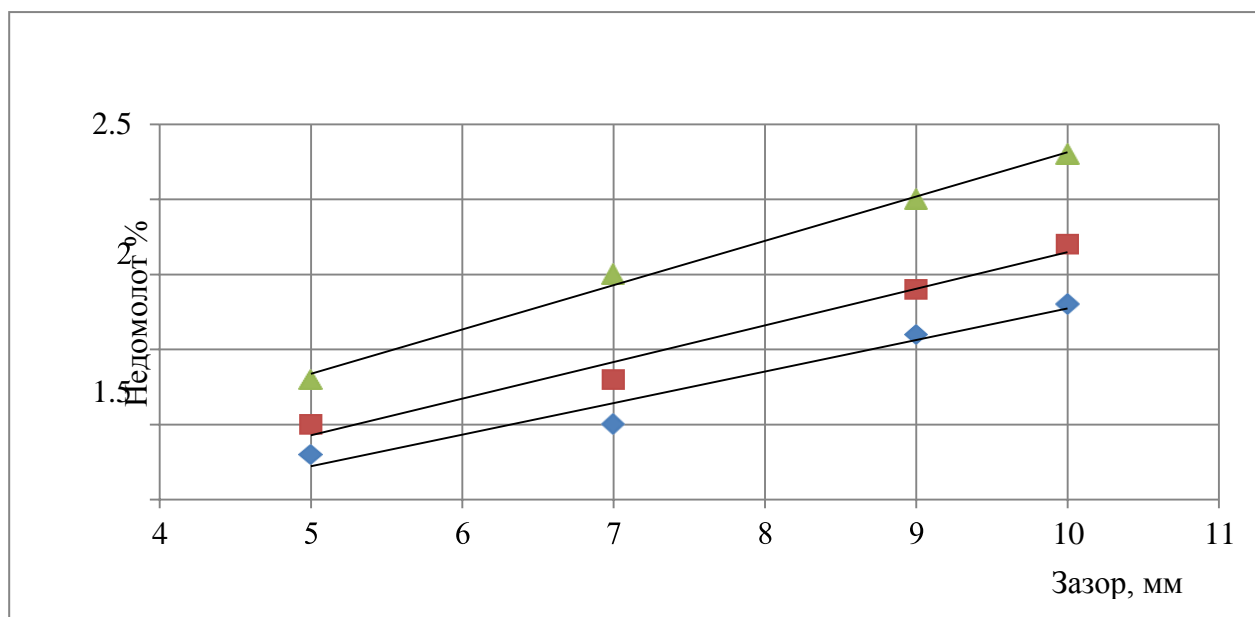
- швидкість бичів барабана 30-32 м/с;
- комплексний зазор між барабаном та декою на виході 2-4 мм.

Збирання пшениці:

- швидкість бичів барабана 15-18 м/с;
- комплексний зазор між барабаном та декою на виході 14-18 мм.

Фізико-механічні властивості рослин та зерна пшениці та ячміню значно різняться. Ця обставина не дозволяє виконати збирання змішаних посівів пшениці та ячменю за один прохід «класичного» зернозбирального комбайна. Тому технологічні налаштування зернозбирального комбайна для збирання цих культур у змішаних посівах мають бути різними.

Якісні показники роботи зернозбиральних комбайнів з "класичним" молотильно-сепаруючим пристроєм (МСП) представлені на рисунку.



**Рис.** Залежність недомолота ячменю від зазору на виході молотильного пристрою для різних швидкостей обертання барабана молотильного при збиранні змішаних посівів пшениці і ячменю

Дані досліджень показують, що зі збільшенням комплексного зазору на виході молотильного пристрою недомолот ячменю збільшується. При цьому травмування пшениці зменшується.

Комбайн із «класично» МСП не здатний провести одночасно збирання таких різних за технологічними властивостями культур. У зв'язку з цим пропонується використовувати два проходи комбайна. Тоді перший прохід зернозбирального комбайна передбачає пряме комбайнування змішаного посіву. При цьому його технологічні регулювання забезпечують збирання пшениці. Вся маса змішаного посіву скошується, обмолочується в «м'якому» режимі. У цьому білий люпин вимолочується повністю, а ячменю частково. Соломисту купу, що містить більшу частину зерна ячменю, скидається на поле у вигляді валка. При другому проході комбайн, обладнаний підбирачем, налаштовується на обмолот ячменю. Зерно ячменю обмолочується і сепарується, а соломиста купа подрібнюється і рівномірно розкидається по полю. Таким чином, вдається прибрати змішані посіви пшениці та ячменю, виконуючи агротехнічні вимоги.

**97. I. L. Rogovskii, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine**

#### **SMART TECHNOLOGIES OF TECHNICAL SERVICE OF AGRODRONES**

The amortization period of the agricultural drone is two years [1]. The warranty on almost all elements of the latest Agras T30 model is exactly 2 years [2]. The set, which we provide when shipping the copter to the client, is designed for processing 9 thousand hectares [3]. One battery can do a thousand guaranteed cycles. On average, one flight covers an area of 3 hectares [4]. During the season, the copter can process 4.5-5 thousand ha [5]. This is absolutely realistic, given the number of days that meet the weather parameters for application [6].

When it comes to any equipment, it is worth paying attention to the cost of its maintenance. Speaking about the repair of drones, it is advisable to include the following expense items: the breakdown of all 6 pairs of propellers and one fall during the season [7]. A pair of propellers costs up to UAH 4,000. As a result, the replacement of the complete set will cost UAH 24,000. But the average cost of repairs after a hard fall will cost the owner 60-65 thousand UAH including VAT. If we add unforeseen expenses, the maintenance of the copter for the season will cost about UAH 100,000.

To keep things fair, generator maintenance must be taken into account. I believe that UAH 30,000 will be enough. We will not take into account service costs for the car, because it is used both in the season and in the off-season. I have one more tip about generators. The generator can be used in winter or when there is no light. Let's say a 10-kilowatt generator can power a crew.

Depreciation of ground sprayers is 3-4 years. I would invest at least UAH 100,000 for the repair, maintenance or possible upgrade of the trailed sprayer. A self-propelled sprayer will definitely be more

expensive to maintain. We will conditionally allocate UAH 150,000 for repairs, not forgetting to calculate the serviceman's travel distance.

Only one option is possible, when the owner himself brings the copter to our service center. And our specialist works with breakdowns on site. Depending on the level of complexity of the repair, you will have to wait a few hours or pick up your Agras after a few days (Fig. 1).



**Рис. 1.** Agrodron service type

my own sources, I know that during the spraying season, mechanics earn about 1 thousand dollars, working from morning to night or from evening to morning.

But the costly part of servicing sprayers does not end there. There are still fuel costs. We will consider 0.5 liters as the average cost per hectare of tractor fuel. It is necessary to take into account the arrival of equipment to the field. And the costs are higher there. When calculating the "fuel" item of expenses, some farms "wash away" the costs of processing a hectare. Thus, we count conditionally 1.5 l/ha of diesel fuel for one application.

In the case of agricultural drones, the generator will "eat" 4 l/h of gasoline. On average, a copter processes 12 hectares per hour. After simple calculations, we understand that we need to spend 350 ml of gasoline on 1 hectare. We still need to get the drone to the field. Let us have the most voracious diesel that swallows 10 liters per 100 km and the need for the crew to travel 200 km in both directions. As a result, for spraying 100 hectares of crops, we will spend 0.5 liters of diesel fuel for the journey and 350 ml of gasoline for the generator.

#### References

1. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146.
2. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138.
3. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Iwona Mastowska, Mikola Ohiienko, Igor Sivak, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss. *Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises*. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2022; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 244, illus., tabs., bibls. [https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon_Rogovskii.pdf).
4. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.
5. Rogovskii I.L., Reznik N.P., Osadchuk N.V., Ivanova T.M., Zinchenko M.M., Melnyk L.Yu., Ryzhakova H. (2024). Institutional aspects of development of budget system: theory and practice of Ukraine. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 489. pp 925–937. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0\\_78](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_78).
6. Rogovskii, I.L., Reznik, N.P., Druzhynin, M.A., Titova, L.L., Nychay, I.M., Nikulina, O.V. (2024). Non-uniform field of concrete deformations of circular cross-section columns under cross bending applying digital image correlation method. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 489. pp 939–951. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0\\_79](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_79).

98. *І. М. Сівак, Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**МЕТОДИКА ОЦІНКА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗМІШАНИХ ПОСІВІВ**

Визначення висоти стебел рослин, втрат зерен внаслідок самоосипання (природні втрати), полегкості, коефіцієнта солоmistості, визначення співвідношення компонентів зернової суміші виконується за допомогою квадратної рамки площею 0,25 м<sup>2</sup>. Рамка накладається у п'яти місцях на кожному прокосі, відступивши 1 м у нескошений стеблестою. Прокіс виконується з відривом понад 50 м від лісопосадок, при швидкості вітру трохи більше 3 м/с, проби беруться опівдні.

Для визначення природних втрат від самоосипання усередині рамки на кожній із майданчиків збирають зерно з поверхні поля. Зерно зважуємо із похибкою  $\pm 0,1$  г.

Середнє арифметичне значення втрат зерна від самоосипання обчислюємо за формулою

$$\bar{q}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_{e_i} \quad (1)$$

де  $q_{e_i}$  - маса зерна зібраного з  $i$ -го майданчика, г;  $n$  - число облікових майданчиків, шт.

Отриману величину округляємо до першого знака після коми.

Висота стебел рослин визначається відстанню від поверхні поля до верхньої точки рослини як у становищі, так і в випрямленому. Вимірювання проводимо на двадцяти рослинах, які вибираємо випадковим чином. Вимірювання проводимо з точністю 1 см.

Після цього обчислюємо середню величину та округляємо результат до цілого числа.

Полеглість рослин (стеблестою) обчислюємо за формулою

$$П = \frac{\bar{I} - \bar{I}_1}{\bar{I}} 10^2 \quad (2)$$

де  $\bar{I}$  - середня висота рослин у випрямленому стані, см;

$\bar{I}_1$  - середня висота рослин у природньому стані, см.

Обчислення проводимо із заокругленням до цілого числа.

Далі з кожного майданчика зрізаємо всі рослини, у тому числі обидві культури та бур'яни, і формуємо з них снопи. Для кожного снопа визначаються кількість рослин пшениці. Після цього розділяємо снопи на три частини по компонентах і зважуємо їх окремо. Точність зважування 5 г. Від культурних рослин та бур'янів з боку комля відрізаємо п'ять частин довжиною 5 см кожна. Після кожного відрізання проводимо зважування частини снопу, що залишилася. Після відрізання п'ятої частини частину культурних рослин після зважування обмолочуємо. Обмолочене зерно пшениці очищається та зважується окремо з похибкою  $\pm 1$  г.

Відношення маси зерна до маси соломи зернового збіжжя над фактичною висотою зрізу визначаємо за результатами аналізу пробних снопів та аналізу частин валка та обчислюємо за формулою

$$J = \frac{q_{кc} - q_z}{q_z} 10^2 \quad (3)$$

де  $q_{кc}$  - загальна маса культурних бурових рослин над відповідною лінією зрізу чи частини валка, г;  $q_z$  - маса зерна, виділеного зі снопа або частини валка,

Попередню врожайність зерна  $Y_{\text{попер.}}$  т/га, (без урахування втрат за комбайном) обчислюємо за масою зерна, виділеного із снопу

$$Y_{\text{попер.}} = \frac{q_s}{S} 10^{-2} \quad (4)$$

де  $S$  - площа рамки визначення характеристики снопа, м.

Величину попередньої врожайності використовуємо щодо швидкості руху комбайна по полю.

Вологість маси, що забирається, визначається за допомогою вологоміра. Для цього кожні дві години відбираємо проби зерна з бункера та соломи від виходів із комбайна на кожній ділянці. Точність визначення вологості щонайменше 2%.

Абсолютною вагою насіння прийнято називати вагу 1000 повітряно сухого насіння, виражену в грамах. Висока абсолютна вага зазвичай пов'язана з великим розміром зерен. При рівному розмірі зерен абсолютна вага характеризує щільність внутрішньої структури зерна, і таким чином визначає запас поживних речовин, що містяться в ньому. Визначають абсолютну вагу наступним чином. Зразок чистого насіння після аналізу на чистоту насипають на стіл рівним шаром у формі квадрата; ділять його за діагоналями на чотири трикутники і з двох протилежних трикутників відраховують дві проби по 500



насінин (або для дрібнонасінневих культур дві проби по 1000 насінин). При цьому зерна беруть поспіль, без вибору та пропуску. Відібрані проби насіння зважують на технічних терезах з точністю до 0,01 г. При розбіжності у вазі між двома навішуваннями більше 3% від середнього значення відраховують і зважують третю навішування. Абсолютну вагу визначають за двома наважками, що мають найменшу розбіжність.

Одночасно визначають вологість насіння, після чого, вносячи поправку на вологість, обчислюють абсолютну вагу за формулою:

$$q = G \frac{100 - W}{100}$$

де  $q$  - абсолютна вага, г;  $G$  - вага 1000 шт. зернин (насіння), г;  $W$  - вологість, %.

Натуру, вага насіння (г) в об'ємі 1 л, визначають на літрової пурці, що складається з мірки, наповнювача, циліндра з лійкою, ножа і ваг з різновагами. Для кожного зразка насіння виробляють не менше двох паралельних визначень натури. Між паралельними визначеннями допускається розбіжність трохи більше 5 %.

### 99. O. V. Shvydun, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine CFD SELF-PROPELLED COMBINE HARVESTERS

A combine can be a beneficial addition to machinery set, particularly if your farm exceeds a specific size and if you focus on specific crops (Fig. 1).



**Fig. 1.** Different types of combine harvester

There are essentially two types of combine harvesters they are:

#### 1. Control combine harvester.

This type of combine harvester is also called a tractor pull combine. You may also hear it referred to as a pull-type harvesting combine or a tractor combine. As these names imply, this type of combine does not move forward under its power.

Instead, the tractor and its functions pull it:

- Threshing [1].
- Cutting [2].
- Separating [3].
- Cleaning [4].

The tractor's takeoff shaft powers this machine. Although this type of combine is less used, it is still in demand in some farming situations.

There are also control combine harvesters that are pulled by a tractor and have different engines to power their tasks. However, farmers don't use these types more often.

## 2. Self-propelled harvester.

This type of combine harvester is most popular and most often used in today's modern farm. This all-in-one variety of combine powers itself with its own attached engine. The engine performs two functions, powering the machine and powering all of the operations related to harvesting. Self-propelled combine harvesters come in two varieties. The conventional combine harvester comprises mainly of the machine's threshing system and its straw walkers. Axial flow or rotary combine harvester mainly consists of the axial flow threshing system. This machine is the most popular type of self-propelled combine harvester (Fig. 2).



**Fig. 2.** The parts of a combine harvester.

On any type of combine harvester, you will find these parts. The chassis comprises the engine, fuel tank, wheels, ground power train, and steering mechanism. The combine header is attached to the front of the combine and collects the grain. The threshing unit does the work of separating grain from vegetation. Separating straw walkers separate the grain from the chaff, which may consist of bits of vegetation, dirt, insects, or anything you might not want mixing in with your grain. The cleaning system conveys the cleaned grain into the grain storage tank and blows chaff out the back of the machine. Naturally, the combine also needs a place for the operator to sit and work. So this is the cab where you will find:

- Seat.
- Driving Control.
- Instrumentation.
- Process Control Console.
- Climate Control System.

## References

1. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146.
2. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138.
3. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Iwona Mastowska, Mikola Ohienko, Igor Sivak, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss. *Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises*. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2022; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 244, illus., tabs., bibls. [https://www.wsia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wsia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon_Rogovskii.pdf).
4. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.

## MAIN REASONS FOR BREAKDOWN OF GRAIN HARVESTING COMBINES

To ensure continuous operation of the combine harvester, repair of the combine can be planned or sudden. Planned repairs are carried out depending on the performance of the equipment and, as a rule, are planned in advance. This repair allows you to eliminate failures and malfunctions prematurely, without waiting for the malfunction itself (Fig. 1). In a situation where combine harvester spare parts have insufficient residual life, it is necessary to disassemble the units and replace the parts. Scheduled inspections with periodicity – every 12 hours of grain-harvesting work of equipment will also help to prevent premature wear. Breakdown of the combine harvester: main directions. Conditionally, it is possible to distinguish several areas of combine repair: reapers the most susceptible to wear and tear: reel, harvester auger and inclined chamber. All these spare parts for the combine are particularly susceptible to deformations and, depending on the degree of damage, must be repaired or replaced with new ones. Repair of the threshing machine: receiving beater, threshing drum, pick-up. Cleaning: straw shaker, rumbler, unloading auger, chaff beater, straw beater, bottom of the smoker.



Fig. 1. Breakdown of grain harvesting combines

In the presence of the above malfunctions, the level of grain loss can vary from 0.5-1.5%. The biggest losses – 1.5% of the harvested crop – are observed when the threshing machine breaks down. Therefore, timely diagnosis and elimination of malfunctions directly affects not only the combine harvester and its operation, but also the efficiency of harvesting. Key causes of malfunctions of grain harvesters

Among the most common reasons for the breakdown of grain harvesters:

- vibration [1];
- shock loads and overheating [2];
- incorrect adjustment of the axial play of the conical bearings [3];
- wear of fasteners [4];
- dirt and dust sticking to mechanisms [5];
- untimely replenishment of oil in hydraulic systems and gearboxes, as well as its quality level [6];
- lack of cleaning of hydraulic system filters [7];
- corrosive effect [8].

During a visual inspection, it is also worth paying attention to the brakes and wheels (leading and driven). Brakes can be checked for leaks of working fluid, as well as the uniformity of braking of the right and left wheels with repeated presses. The wheels should also be additionally inspected for cuts, cracks and foreign objects. After a long period of operation of the equipment, it is necessary to check the tightness of the nuts fastening the wheels to the hub. The cooling system, gearbox and engine in the combines are also subject to regular scheduled maintenance and timely repair in the event of malfunctions. Worn parts, it is better to replace them prematurely, without waiting for their final wear. In this way, you can significantly save on repair work and avoid serious breakdowns.

### References

1. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.
2. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>.
3. Zagurskiy O. M., Pokusa Z. S., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020; ISBN 978-83-66567-13-9; pp. 162.
4. Rogovskii I., Titova L., Trokhaniak V., Trokhaniak O., Stepanenko S. Experimental study of the process of grain cleaning in a vibro-pneumatic resistant separator with passive weeders. *Bulletin of the Transilvania*

University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. 2020. Vol. 13 (62). No 1. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2020.13.62.1.11>. pp. 117–128.

5. Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Haponenko O. I., Ohiienko M. M., Kulik V. P. Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. INMATEH. Agricultural Engineering. 2020. Bucharest. Vol. 60. No 1. P. 45–52. DOI: 10.35633/INMATEH-60-05.

6. Rogovskii I., Titova L., Trokhaniak V., Trokhaniak O., Stepanenko S. Experimental study on the process of grain cleaning in a pneumatic microbiocature separator with apparatus camera. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. 2019. Vol. 12 (61). No 1. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.1.10>. pp. 117–128.

7. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for Rural Development. 2019. Vol. 18. P. 291–298.

8. Rogovskii I. L. Analysis of grain losses by the classic threshing-separating device of the combine harvester. Scientific reports of NULES of Ukraine: electronic edition. Kyiv. 2021. № 4(92) (2021). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.04.012> file:///C:/Users/Ivan/Downloads/15140-35724-1-PB.pdf.

### *101. I. S. Liubchenko, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

#### **COMPARISON OF DESIGN CHARACTERISTICS OF SELF-PROPELLED SPRAYERS**

High productivity, high-quality work with the use of fewer machines and the completion of agricultural tasks in a short time – these are the requirements of modern agriculture [1]. And this is precisely what today enables agricultural enterprises to remain successful on the market in conditions of fierce competition [2]. This increasingly forces farmers to use more powerful and versatile machines [3]. Therefore, the engineers who develop agricultural machinery face the task of achieving the maximum productivity of agricultural work using the minimum number of technical units [4]. In particular, this requirement of modern management prompted the appearance of large, super-powerful field liners, namely self-propelled sprayers. For farmers, when choosing such complex modern machines as self-propelled sprayers, an important criterion is their cost, quality of work [5], reliability [6], availability of service from the manufacturer or equipment dealer [7]. Given the relevance of this issue, we present the main characteristics and advantages of some self-propelled sprayers on the market of Ukraine [8], which will help farmers navigate the variety of market offers and choose the unit that best meets the needs of your farm.

Amazone (Germany), a company known to the Ukrainian market, serially produces Pantera self-propelled sprayers with an automatic control system (Fig. 1), which, thanks to their reliability, have proven themselves well for use in various production conditions. The machine is equipped with Deutz engines with Common-Rail spraying technology, has a power of 218 hp. and provides high performance with low fuel consumption. The stepless hydrostatic drive of the transmission provides the maximum working speed of the sprayer - up to 20 km/h, and the transport speed - up to 50 km/h.



Fig. 1. Pantera

The drum brake system has a pneumatic drive. The sprayers have a compact pneumatic chassis of the tandem type, the width of the track can be continuously varied from 1800 to 2400 mm. The tandem chassis guarantees the stability of the bar and the clear observance of its stability on the slopes. The bar has fully automated control height - the DistanceControl system. The width of capture varies from 21 to 40 m, in the range of location above the field surface - from 500 to 2500 mm. The ground clearance of the Pantera sprayer is 1200 mm, in Pantera-H models it is increased to 1700 mm. The hydrodynamic damping concept with a vibration stabilization system ensures stable operation of the unit. Ergonomic multifunctional joystick AmaPilot or AmaPilot+ and intelligent state-of-the-art control terminals ensure comfort and ease of control of sprayers.

The next representative of self-propelled sprayers on the domestic market is Case IH (USA) manufactures modern highly productive Case IH Patriot self-propelled sprayers in several modifications (Fig. 2). Case IH's most powerful sprayers, the Patriot 4430 Series, are powered by Case IH FPT 8.7L in-line 6-cylinder diesel engines rated at 325hp and peaking at 356hp. The width of the boom is from 18 to 36.5 m. The

volume of the tank is 4542 liters. Sprayers can be equipped with the innovative AIM Command system, which automatically maintains the set size of solution drops regardless of the speed of movement, the AFS AccuGuide automatic guidance system helps to reduce the number of gaps and overlaps in the spraying process (this function is provided with GPS navigation), the AccuBoom system supports optimal spraying height, increasing the effectiveness of processing. The uniqueness of the AIM Command system, which can be equipped with Case IH Patriot sprayers, consists in spraying the working solution not in a continuous stream, but in microportions. The pressure in the rod is set constant, and its indicator is maintained at the set level. Only the size of the portion of the solution supply changes, that is, the time while the nozzle remains open. Thus, with an increase in speed, the nozzle remains open for a longer time and closed for less time. Conversely, when the speed of the unit decreases, for example before turning on the edge of the field, the solenoids of the AIM Command system change the proportion of the working solution supply in the direction of increasing the length of time when the nozzle is closed and decreasing it when it is open. In any case, the pressure value at the exit of the liquid from the nozzle remains at a predetermined level, so, accordingly, the drops of the solution always have the same size and properties



Fig. 2. Case IH Patriot

The French company Berthoud presents the Berthoud Bruin sprayer to Ukrainian farmers (Fig. 3). It combines American performance standards and European standards for drug delivery accuracy. The sprayer is presented with a tank volume of 3200, 4200, 5200 l and a working width of 22 to 44 m. The clearance of the sprayer varies from 1500 to 1800 mm and is infinitely adjustable. Track width – from 3050 to 4060 mm – hydraulically adjustable.



Fig. 3. Berthoud Bruin

The sprayers are equipped with Cummins engines with a maximum power of 275 hp. Tier III A. The machines are equipped with an independent air suspension manufactured by Dunlop (air cushions: one on each wheel), which ensures constant contact of all four wheels with the ground during operation or with the road surface during transportation. This provides the operator with ideal driving comfort, and for the machine as a whole – ideal cushioning and protection of the overall structure under various loads. The sprayer is equipped with a Bosh Rexroth transmission, and is also equipped with the Spraytronic system, which ensures the operation of the unit with the same pressure and constant maintenance of the pouring rate. Axial rod stabilization is patented by Berthoud. The axis of the rod is located in the center of mass of the rod and during operation is always in a horizontal position parallel to the ground surface. The structure is made in the form of a truss along the entire length of the rod, thanks to which the nozzles are well protected. The possibility of adjusting the stabilization of the bar using the tension of the springs (this function is only in Berthoud). The bar is located behind the unit.

The Horsch company (Germany) presents the Horsch Leeb PT 330 self-propelled sprayer on the Ukrainian market (Fig. 4). It is equipped with an MTU (Mercedes) OM 936 La engine with a capacity of 326 hp. The machine works on a hydrostatic drive. The design includes one hydraulic pump and four hydraulic motors (separately for each wheel), with the possibility of locking the wheels. Hydropneumatic independent suspension of each wheel with automatic stiffness adjustment systems ensures chassis stabilization. The track

width varies continuously from 2250 to 3000 mm. Sprayer clearance – 1400 or 1600 mm. The height of the bar above the field surface is from 300 to 2700 mm. The boom width varies within 18, 24, 27, 30–36 m.



Fig. 4. Horsch Leeb PT 330

The sprayers are equipped with two pumps: centrifugal - the main pump for spraying, with a capacity of 1000 l/min, and a diaphragm-piston pump, which is used for pumping water during refueling, for washing process tanks, and also as an auxiliary pump to the main one (in the case when the system air enters). The boom is equipped with the Boom Control Pro system, which allows the machine to work at the lowest possible boom heights. The parallelogram suspension works with four sensors that control the positional placement of the boom when copying the soil surface, as well as when passing obstacles. These sensors help to copy the topography of the field as accurately as possible. The system of continuous internal cleaning Cleaning System CCS Pro provides quick cleaning of the system without human intervention and full management of the process of washing working systems from the operator's cabin. Moreover, during cleaning, displacement and removal of the remains of the working fluid is ensured instead of diluting it with water. This happens as follows: the auxiliary pump pumps clean water through the flushing nozzles into the working tank, and the working pump sucks water and pumps it out through the main line with nozzles, thereby displacing the remaining working mixture from the system.

The Dutch company Agrifac presents the Condor self-propelled sprayer on our market. The volume of the tank is 3400, 4000 and 5000 liters. The width of the boom ranges from 24 to 51 m. The sprayers are equipped with Deutz turbodiesel engines with a capacity of up to 200 hp. The sprayer works at a working speed of up to 20 km/h, and the transport one can reach up to 50 km/h. Agrifac is equipped with the ClearancePlus system, which provides a change in clearance hydraulically, continuously in the range from 1.4 to 2 m. This, in turn, creates an opportunity in a short period of time to choose the optimal clearance according to the need for further work.

Stara (Brazil) uses innovative solutions in the production of self-propelled sprayers. The Stara Gladiador 2300 sprayer is equipped with a telemetry system, has a hydrostatic transmission, hydraulic track width adjustment and ensures stable spraying on difficult terrain. The width of the boom is 27 m. The volume of the working tank is 2300 l. The sprayer is equipped with a MWM intercooler turbodiesel engine with a capacity of 180 hp. Wheel gearboxes with hydraulic motors are installed. The working speed of application of drugs is up to 25 km/h. Equipped with a Topper 4500–5500 computer. This is a control system for agricultural machines, the touch screen of which simplifies their management and adjustment. There are several options for visualizing the interface on the screen.

The Brazilian company Jacto has established itself on the Ukrainian market as a manufacturer of reliable, high-quality agricultural machinery products, including sprayers. One of the self-propelled sprayers in the company's technical arsenal is the Jacto Uniport 4530. The Jacto Uniport 4530 self-propelled sprayer has a working width of 36 m, and the volume of the working fluid tank is 4500 l. The clearance varies from 1.55 to 1.75 m. Track width varies from 2600 to 3150 mm. The sprayer is equipped with a Cummins QSB 6.7 Electronic engine with a capacity of 240 hp. The peculiarity of this unit is that the operator does not have the ability to control the engine speed through the accelerator pedal or handle. In this model, engine control is controlled by an on-board computer and combined with hydrostatic transmission control. The minimum operating speed of the Jacto Uniport 4530 during spraying is 2 km/h, and the maximum is up to 35 km/h. The maximum operating speed of the sprayer during transportation on public roads is 65 km/h.

PJSC "Bohuslavskaya agricultural engineering" (Ukraine) is a company that specializes in the production of equipment for chemical plant protection. It offers domestic farmers the self-propelled sprayer IBIS 3180 (Fig. 5). This is a high-clearance (1800 mm) self-propelled sprayer with a tank volume of 3150 l and a working width of 24 or 28 m. The sprayer is equipped with a Perkins diesel engine with a capacity of 145 hp. The IBIS

3000 hydraulic transmission has rear-wheel drive, but at the customer's request, the manufacturer can equip the sprayer with a four-wheel drive transmission. The machine operates at a maximum speed of up to 20 km/h.



Fig. 5. IBIS 3180

The rod of the three-dimensional structure is made of high-strength steel with a surface coating of powder paint. The two-pendulum mechanism, with an improved level of rod stabilization and supplemented by a hydromechanical vibration damping system and a hydropneumatic suspension of the chassis with a nitrogen energy accumulator, ensures and guarantees uniform processing of the target surface at a sufficiently high speed of the unit. The sprayer is equipped with a system of forced inclination of the boom. As an option, it is possible to install the computer control system Bravo 400S with an integrated GPS-navigator and the Seletron system, which, in turn, can control each nozzle separately. If nozzles are installed on two or four sprayers connected at the same time, the Seletron system automatically selects the most suitable sprayer or their combination to maintain the given rate of application of the drug, regardless of the speed of the sprayer. The pressure remains in the optimal range to ensure the optimal droplet size. Also, the Seletron system makes it possible to perform differential treatment of plants in the crop according to the data specified in the field map. The cabin of this sprayer provides the most comfortable working conditions and corresponds to the fourth level of comfort. And this is the maximum level of comfort standards in accordance with European requirements. The location of the cabin and the panoramic view allow the operator to control the operation of the unit without hindrance.

Therefore, choosing the right model of a self-propelled sprayer should be approached carefully, having previously conducted and analyzed the capabilities and needs of your farm, the amount of processing, the suitability of the characteristics of the unit and its parameters in accordance with the characteristics of the crops you grow, the desired power of the machine, necessary for an effective and economically feasible solution to specific tasks in the economy. That is, you should pay attention to all important technical parameters and choose exactly the model that will work as efficiently as possible in your conditions and on your land. Do not forget to take into account the natural-climatic and geographical features of your area and the topography of the fields, because these factors also play an important role during the operation of the self-propelled sprayer! So if your farm has a lot of hills and hills, you should choose a more powerful machine.

#### References

1. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146.
2. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138.
3. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Iwona Mastowska, Mikola Ohienko, Igor Sivak, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss. *Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises*. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2022; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 244, illus., tabs., bibls. [https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2022/09/Mon_Rogovskii.pdf).
4. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Analytical provisions of the influence of completeness of technical control on the reliability of self-propelled sprayers. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: mechanization and automation of production processes*. 2021. Issue 1 (43). P. 14-21. <https://doi.org/10.32845/msnau>. 2021.1.3.

5. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Analytical coefficient of technical readiness of self-propelled sprayers with variable seasonal operating time. Scientific and technical principles of development, testing and forecasting of agricultural machinery and technologies. XXI International Scientific Conference, village Research, Ukraine, September 22, 2021: abstracts of the conference. Research. 2021. P. 71-75.
6. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Safety measures in recovery of self-propelled sprayers. OSHAgro – 2021. I International Scientific and Practical Conference, Kyiv, Ukraine. September 30, 2021: abstracts of the conference. Kyiv. 2021. P. 154-157.
7. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. System engineering of self-propelled sprayers of Ukraine. Actual problems of practice and science and methods of their solution. IV International Scientific and Practical Conference, Milan, Italy, January 28, February 2, 2022: conference abstracts. Milan. 2022. P. 588-594.
8. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics". October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.



## Зміст

1. *В. Л. Куликівський, к.т.н., доцент, А. О. Бойко, Б. М. Парфенюк, Поліський національний університет, м. Житомир* 5  
**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ І ТЕХНІЧНИХ КУЛЬТУР**
2. *В. М. Боровський, ст. викладач, О. О. Спирін, А. М. Змісвець, О. В. Колесник, В. С. Марченко, Поліський національний університет, м. Житомир* 7  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ КОРМІВ У ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ЗМІШУВАЧІ**
3. *В. М. Боровський, ст. викладач, Ю. В. Заріцький, М. В. Ковальчук, М. О. Котенко, М. С. Крилас, Поліський національний університет, м. Житомир* 11  
**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОСЛУГ РЕМОНТНОЇ БАЗИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗНИЖЕННЯ СОБІВАРТОСТІ ПРОДУКЦІЇ**
4. *Є. О. Волинець, Вінницький національний аграрний університет* 13  
**ТЕХНОЛОГІЇ ІНАКТИВАЦІЇ АНТИПОЖИВНИХ РЕЧОВИН СОЇ**
5. *С. В. Міненко, к.т.н., доцент, М. Р. Груницький, О. В. Диняк, А. В. Прищеп, М. В. Турбал, Поліський національний університет, м. Житомир* 15  
**СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛІВ**
6. *М. О. Романовський, студент, О. В. Тесленко, студент, О. І. Гузь, студент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми* 18  
**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІПЛА ПРИ ВНЕСЕННІ ЗЗР**
7. *С. О. Білецький, к.т.н., доцент, С. О. Заруцький, О. Й. Іваніцький, О. В. Каменчук, Поліський національний університет, м. Житомир* 19  
**ДОСВІД ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ В США**
8. *Б. В. Болтянський, к.т.н., доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного* 20  
**СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ В ТВАРИННИЦТВІ**
9. *Р. Д. Лисенко, Вінницький національний аграрний університет* 22  
**ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ В ДВОПАЛИВНИЙ РЕЖИМ**
10. *В. Р. Білецький, к.т.н., доцент, Д. С. Ковальчук, В. В. Куят, О. С. Захаренко, В. Р. Заїнчківський, Р. М. Якименко, Поліський національний університет, м. Житомир* 24  
**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**
11. *П. М. Забродський, к.т.н., доцент, Б. А. Шелудченко, к.т.н., професор, Є. С. Сироїд, асистент, Поліський національний університет* 26  
**АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ҐРУНТУ ПІД ЧАСУ РУХУ КОЛЕСА ПРИ БУЛЬДОЗЕРНОМУ ЕФЕКТІ**
12. *В. В. Кравченко, А. В. Войтік, Уманський національний університет садівництва* 28  
**МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ В МАШИНАХ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА**
13. *В. Л. Куликівський, к.т.н., доцент, М. М. Пилипович, Д. О. Букача, А. О. Прокопенко, О. В. Рубіс, Поліський національний університет м. Житомир* 30  
**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИННОГО ДОЇННЯ КОРІВ ШЛЯХОМ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ДОЇЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ**
14. *І. М. Купчук, Вінницький національний аграрний університет* 32  
**АНТИПОЖИВНІ РЕЧОВИНИ СОЇ ТА СПОСОБИ ЇХ ІНАКТИВАЦІЇ**
15. *В. М. Савченко, к.т.н., доцент, В. І. Лис, К. Р. Лісовський, А. О. Рабченко, В. І. Весельський, О. В. Голеніцький, Поліський національний університет, м. Житомир* 34  
**ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ**
16. *Л. Г. Савченко, к.і.н., доцент, О. В. Літяга, С. В. Українець, Поліський національний університет* 35  
**СУЧАСНА КОНЦЕПЦІЯ ОСВІТЛЕННЯ В ПТАХІВНИЦТВІ**

17.	<i>Л. Г. Савченко, к.і.н., доцент, В. В. Луцюк, Т. В. Оксюковський, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	38
	<b>РОЗРОБКА ОСНОВНИХ ПРИЦИПІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ ФЕРМИ</b>	
18.	<i>Б. І. Боднарук, С. М. Грушецький, к.т.н., доцент, Подільський державний університет</i>	40
	<b>ЗНАРЯДДЯ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ЗІ СФЕРИЧНИМИ ДИСКОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ</b>	
19.	<i>В. І. Кокітко, С. М. Грушецький, к.т.н., доцент, Подільський державний університет</i>	42
	<b>РОБОЧІ ОРГАНИ ПРОСАПНИХ КУЛЬТИВАТОРІВ</b>	
20.	<i>В. А. Процюк, С. М. Грушецький, к.т.н., доцент, Подільський державний університет</i>	44
	<b>КОНСТРУКТИВНА СХЕМА КОПАЧА ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІО</b>	
21.	<i>Р. Д. Лисенко, Вінницький національний аграрний університет</i>	47
	<b>ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ В ДВОПАЛИВНИЙ РЕЖИМ</b>	
22.	<i>Г. І. Дашивець, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного</i>	49
	<b>ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕНОСТІ ПРАЦЮЮЧОГО МОТОРНОГО МАСТИЛА</b>	
23.	<i>В. Л. Куликівський, Поліський національний університет</i>	51
	<b>ОСНОВНІ АСПЕКТИ УТВОРЕННЯ КРАПЕЛЬ АЕРОЗОЛЮ ПНЕВМАТИЧНИМИ РОЗПИЛЮВАЧАМИ КАМЕРНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ</b>	
24.	<i>О. В. Медведський, к.т.н., доцент, Д. М. Бендюг, О. В. Білоцький, М. П. Пархомчук, А. О. Прокопенко, Д. О. Шагов, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	52
	<b>АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ МОЛОЧНО-ТОВАРНИХ ФЕРМ</b>	
25.	<i>С. В. Міненко, к.т.н., доцент, О. О. Курський, В. В. Тимошук, М. М. Дармограй, М. С. Кошман, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	54
	<b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ</b>	
26.	<i>В. Л. Куликівський, к.т.н., доцент, В. Р. Савчук, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	56
	<b>ПОБУДОВА 3D МОДЕЛІ ШНЕКА ЕКСТРУДЕРА НА ОСНОВІ РІВНЯНЬ НАВ'Є-СТОКСА</b>	
27.	<i>Д. А. Дерев'янка, д.т.н., професор, Д. В. Харченко, студент, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	59
	<b>РОЗРАХУНОК ПРУТКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН</b>	
28.	<i>М. Л. Засць, к. т. н., доцент, Д. В. Сілецький, студент, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	60
	<b>ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РІДИННО- ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ</b>	
29.	<i>М. Л. Засць, к.т.н., доцент, В. Я. Коцеруба, студент, Поліський національний університет</i>	64
	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН ТЕХНОЛОГІЇ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ</b>	
30.	<i>В. Р. Білецький к.т.н., доцент, Д. П. Дворський студент, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	68
	<b>МОДЕЛЬ РОТОРНОГО ОЧИСНИКА КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ</b>	
31.	<i>Д. А. Дрєв'янка, д.т.н., професор, І. В. Васянович, студент, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	70
	<b>УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СЕПАРУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ</b>	
32.	<i>М. Л. Засць, к.т.н., доцент, П. В. Дола, студент, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	72
	<b>АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПОСІВНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА УМОВ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ</b>	

33.	<i>М. Л. Засць, к.т.н., доцент, Я. М. Стецюк, студент, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	75
	<b>СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СПОСОБИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ</b>	
34.	<i>М. Л. Засць, к.т.н., доцент, М. О. Поліщук, студент, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	78
	<b>АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВИТИРАННЯ ВОРОХУ ЛЮЦЕРНИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОБОЧОГО ОРГАНУ</b>	
35.	<i>С. М. Герук, Житомирський агротехнічний фаховий коледж</i>	81
	<b>ТЕНДЕНЦІ РОЗВИТКУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ПРОБЛЕМИ ЇХ ПЕРЕРОБКИ</b>	
36.	<i>С. М. Герук, Житомирський агротехнічний фаховий коледж</i>	83
	<b>ТЕНДЕНЦІ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ</b>	
37.	<i>В. А. Балаболов, асистент, В. М. Савченко, к.т.н., доцент, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	85
	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЮВАННЯ КУЛЬТИВАЦІЙНИХ СПОРУД ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ НА ЯКІСНІ ТА КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА</b>	
38.	<i>Р. Г. Гаврилюк, аспірант, В. М. Савченко, к.т.н., доцент, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	86
	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ПРИ ЇХ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ЗАСТОСУВАННІ НА ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ</b>	
39.	<i>О. В. Лисенко, В. М. Савченко, к.т.н., доцент, Поліський національний університет, м. Житомир</i>	87
	<b>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СКЛАДОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ В УМОВАХ ВИРОЩУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ</b>	
40.	<i>О. Бебешко, М. О. Синчак, Подільський державний університет</i>	88
	<b>ВІДНОВЛЕННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ДЕСУЛЬФАТАЦІЇ</b>	
41.	<i>І. Ю. Осадца, М. О. Синчак, Подільський державний університет</i>	89
	<b>ВПЛИВ ВІБРАЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА</b>	
42.	<i>В. В. Дяволюк, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко, Подільський державний університет</i>	91
	<b>ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ БРОНЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВТУЛОК» МЕТОДОМ ВІБРАЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ</b>	
43.	<i>О. О. Киржа, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко, Подільський державний університет</i>	93
	<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА</b>	
44.	<i>В. Д. Колотило, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко, Подільський державний університет</i>	95
	<b>МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛЕЗА ДИСКОВОГО КОПАЧА</b>	
45.	<i>П. М. Семенов, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко, Подільський державний університет</i>	97
	<b>ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ СИЛОВИХ ГІДРОПРИВОДІВ АКТИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ</b>	
46.	<i>І. Р. Цвігайло, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко, Подільський державний університет</i>	98
	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПУСКУ ЕЛЕВАТОРА</b>	

47. *М. І. Денисенко, ВСП «Немішаївський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України, О. С. Дев'ятко, Національний університет біоресурсів і природокористування України* 100  
**РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ҐРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ І КОМБІКОРМОВОГО ОБЛАДНАННЯ**
48. *М. І. Денисенко, ВСП «Немішаївський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України, О. С. Дев'ятко, Національний університет біоресурсів і природокористування України* 102  
**НЕРІВНОВАЖНА ТЕРМОДИНАМІКА І ЯВИЩА ПРИ ТЕРТІ ТА ЗНОШУВАННІ**
49. *Д. П. Журавель, д.т.н., Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного* 105  
**ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ВІБРООБКОЧУВАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ҐІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ**
50. *М. М. Корчак, О. А. Мільчик, О. Р. Кирилюк, Ю. Ю. Москалюк, Подільський державний аграрний університет* 107  
**АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА КОМБІНОВАНИХ АГРЕГАТИВ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІСЛЯ ЗБИРАННЯ ГРУБОСТЕБЛОВИХ КУЛЬТУР**
51. *М. М. Корчак, С. М. Грушецький, В. І. Майданюк, В. А. Фурман, О. С. Попович, О. С. Ящук, Подільський державний аграрний університет* 112  
**МЕТОДИКА ВІДСНОЮЧОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ҐРУНТООБРОБНОЇ МАШИНИ ТА ПОРЯДОК ЙОГО ПРОВЕДЕННЯ**
52. *М. М. Корчак, С. М. Грушецький, Н. І. Петрівський, М. О. Журбіцький, Подільський державний аграрний університет* 115  
**ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА ІНТЕНСИВНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ**
53. *О. С. Поліщук, Житомирський агротехнічний фаховий коледж* 116  
**АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ КОНСТРУКЦІЙ РІЖУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОТОРНИХ КОСАРОК**
54. *О. А. Махов, Житомирський агротехнічний фаховий коледж, С. В. Міненко, к.т.н., доцент, Л. Г. Савченко, к.і.н., доцент, Поліський національний університет* 119  
**АНАЛІЗ ВІДМОВ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В СИСТЕМАХ ЗРОШУВАННЯ**
55. *К. В. Борак, д.т.н., доцент, Житомирський агротехнічний фаховий коледж, С. Д. Сидорчук-Шмідт, спірант, Поліський національний університет, м. Житомир* 120  
**ОСОБЛИВОСТІ ЗНОШУВАННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ СПРЯЖЕНЬ СТРІЛИ ЕКСКАВАТОРА**
56. *М. Б. Медяний, Покровське вище професійне училище Дніпропетровської обласної ради* 121  
**ЗАСТОСУВАННЯ РОБОТОТЕХНІКИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**
57. *М. О. Кіриєнко, Б. А. Сорока, Житомирський агротехнічний фаховий коледж* 123  
**ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЮВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ В МАШИНОБУДУВАННІ**
58. *О. І. Алфьоров, Д. Рудь, Сумський національний аграрний університет* 124  
**МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ**
59. *О. І. Алфьоров, Д. Рудь, Сумський національний аграрний університет* 125  
**РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ПРИСКОРЕННЯ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ ТРАКТОРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**
60. *М. Г. Макаренко, Державний біотехнологічний університет* 127  
**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МАШИН ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА - ПРОБЛЕМИ І РІШЕННЯ**
61. *М. Л. Засць, к.т.н., доцент, О. М. Бабич, Поліський національний університет* 130  
**ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ РОЗПИЛЮВАЧІВ ТА АНАЛІЗ ЇХНІХ КОНСТРУКЦІЙ**
62. *М. Л. Засць, к.т.н., доцент, В. В. Павлуценко, Поліський національний університет* 134  
**АНАЛІЗ КОМПОНОВОК АГРЕГАТИВ ДЛЯ МІНІМАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**

63. *А. Т. Лебедєв, В. О. Пирогов, О. О. Пирогов, М. Л. Шуляк, Сумський національний аграрний університет* 137  
ОЦІНКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТРАКТОРА В РОСЛИННИЦТВІ ПРИ ПІДВИЩЕННІ ЙОГО НАПРАЦЮВАННЯ
64. *А. В. Подлесний, М. Л. Шуляк, Сумський національний аграрний університет* 138  
МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИШКОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА ТРАКТОРА В СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ
65. *М. Л. Шуляк, В. О. Пирогов, Я. В. Мудрий, В. М. Погуляй, Сумський національний аграрний університет* 140  
ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ РОСЛИННИЦТВА
66. *Р. І. Сивак, В. М. Боровський, О. М. Сукманюк, Поліський національний університет* 141  
ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРИСТИХ ТІЛ ЄДИНИМИ ФУНКЦІЯМИ
67. *О. Р. Нагорнюк, Поліський національний університет* 144  
ВИКОРИСТАННЯ АВТОМОБІЛІВ З ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ – ШЛЯХ ДО СКОРОЧЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЕ СЕРЕДОВИЩЕ
68. *О. Р. Нагорнюк, Поліський національний університет* 145  
ТЕХНІЧНИЙ АУДИТ У СФЕРІ ТРАНСПОРТУ
69. *В. Г. Зіневич, Поліський національний університет* 146  
ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ НА НАВКОЛИШНЕ СЕРЕДОВИЩЕ
70. *В. Г. Зіневич, Поліський національний університет* 147  
ЕФЕКТИВНЕ І ПЕРСПЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА
71. *В. В. Невмержицький, Поліський національний університет* 149  
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТО АВТОМОБІЛІВ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТИЗОВАНОГО ОГЛЯДУ І ОБСЛУГОВУВАННЯ
72. *В. В. Невмержицький, Поліський національний університет* 150  
ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНІЗМІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
73. *В. О. Літвінцев, Поліський національний університет* 150  
ВИЇЗНА ДІАГНОСТИКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ЯК ОДНА З НАЙБІЛЬШ ЗАТРЕБУВАНИХ СЕРВІСНИХ ПОСЛУГ В СУЧАСНИХ РЕАЛІЯХ
74. *В. О. Літвінцев, Поліський національний університет* 151  
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ (ПЕЛЕТ)
75. *В. М. Зубко, Т. В. Хворост, Сумський національний аграрний університет* 153  
ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА
76. *М. О. Іванів, Д. М. Ковтун, Херсонський державний аграрно-економічний університет* 154  
ВПЛИВ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РОЗВИТОК ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА
77. *В. М. Зубко, А. В. Чепіжний, В. Є. Коваленко, В. В. Шутко, Сумський національний аграрний університет* 157  
ОСНОВНІ АСПЕКТИ В СУЧАСНІЙ КЛАСИФІКАЦІЇ ХОДОВИХ СИСТЕМ АГРАРНОЇ ТЕХНІКИ
78. *А. В. Горовий, аспірант, Вінницький національний аграрний університет* 159  
ПОКРАЩЕННЯ ПІСЛЯОБРОБКИ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ ГІЛЬЗ ГІДРОЦИЛІНДРІВ
79. *С. М. Герук, Житомирський агротехнічний фаховий коледж* 160  
КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОСІВНИХ АРЕГАТІВ З РОБОЧИМ ОРГАНОМ КУЛЬТИВАТОРНОГО ТИПУ
80. *С. М. Герук, Житомирський агротехнічний фаховий коледж* 162  
КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОСІВНИХ АРЕГАТІВ З РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДИСКОВОГО ТИПУ

81.	<i>О. О. Дубровіна, Вінницький національний аграрний університет</i>	165
	<b>ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІБРАЦІЙНИХ СУШАРОК</b>	
82.	<i>В. І. Ребенко, Національний університет біоресурсів і природокористування України</i>	166
	<b>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МОДУЛЬ КОНТРОЛЬОВАНОГО УТРИМАННЯ ОВЕЦЬ В ПРИРОДНИХ УМОВАХ</b>	
83.	<i>В. І. Ребенко, В. С. Хмельовський, Національний університет біоресурсів і природокористування України</i>	168
	<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ФОРМИ СПОРУДИ ДЛЯ УТРИМАННЯ КІЗ НА СІМЕЙНИХ ФЕРМАХ</b>	
84.	<i>О. П. Мельник, Житомирський агротехнічний фаховий коледж</i>	170
	<b>ФАКТОРИ ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ УМОВИ ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ШНЕКІВ ТА ЇХ ЗНОСОСТІЙКІСТЬ</b>	
85.	<i>С. С. Добранський, І. О. Бучко, М. І. Шмалюк, Житомирський агротехнічний фаховий коледж</i>	171
	<b>ОЦІНКА РЕСУРСУ МАТЕРІАЛІВ ПРЕЦИЗІЙНИХ ПАР РОЗПИЛЮВАЧІВ У ВУГЛЕВОДНЕВИХ РІДИНАХ</b>	
86.	<i>С. С. Добранський, І. О. Бучко, Д. В. Герасимчук, Житомирський агротехнічний фаховий коледж</i>	173
	<b>ВИМОГИ ДО ПРИСТРОЇВ ПОДАЧІ ПАЛИВА</b>	
87.	<i>А. В. Новицький, Національний університет біоресурсів і природокористування України</i>	174
	<b>АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕМОНТНОЇ СЛУЖБИ</b>	
88.	<i>К. Г. Сировицький, М. Л. Шуляк, Сумський національний аграрний університет</i>	175
	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЩІЛИННИХ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗПИЛЮВАЧІВ</b>	
89.	<i>І. О. Бучко, С. С. Добранський, Житомирський агротехнічний фаховий коледж</i>	176
	<b>ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ШАТУНА</b>	
90.	<i>О. V. Velgas, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine</i>	177
	<b>SMART TECHNOLOGY OF GRAIN HARVEST MARKET</b>	
91.	<i>D. V. Zadorozhnyuk, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine</i>	178
	<b>AI-POWERED COMBINE HARVESTERS HYDROSYSTEMS</b>	
92.	<i>V. V. Istchenko, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine</i>	180
	<b>FORAGE HARVESTERS COMBINE READY FOR FALL</b>	
93.	<i>M. V. Kobernik, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine</i>	180
	<b>SMART TECHNOLOGIES AND TRENDS IN SUGAR BEET HARVESTING TECHNOLOGY</b>	
94.	<i>О. В. Надточій, Національний університет біоресурсів і природокористування України</i>	184
	<b>КООРДИНТНІ ПІДХОДИ ДО ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ АГРОТЕХНІКИ</b>	
95.	<i>І. М. Ничай, Національний університет біоресурсів і природокористування України</i>	186
	<b>ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ</b>	
96.	<i>Л. Л. Тімова, Національний університет біоресурсів і природокористування України</i>	189
	<b>ЗЕРНОЗБИРАЛЬНІ КОМБАЙНИ З КЛАСИЧНИМ МСП НА ЗБИРАННІ ЗМІШАНИХ ПОСІВІВ</b>	
97.	<i>I. L. Rogovskii, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine</i>	190
	<b>SMART TECHNOLOGIES OF TECHNICAL SERVICE OF AGRODRONES</b>	
98.	<i>І. М. Сівак, Національний університет біоресурсів і природокористування України</i>	192
	<b>МЕТОДИКА ОЦІНКА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗМІШАНИХ ПОСІВІВ</b>	
99.	<i>О. V. Shvydun, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine</i>	193
	<b>CFD SELF-PROPELLED COMBINE HARVESTERS</b>	
100.	<i>О. F. Hnatyuk, Zhytomyr Agricultural Technical College</i>	195
	<b>MAIN REASONS FOR BREAKDOWN OF GRAIN HARVESTING COMBINES</b>	
101.	<i>I. S. Liubchenko, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine</i>	196
	<b>COMPARISON OF DESIGN CHARACTERISTICS OF SELF-PROPELLED SPRAYERS</b>	

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

*X Міжнародна науково-практична конференція*

**ЗБІРНИК ТЕЗ**

**18 квітня 2024 року  
м. Житомир**

**Редактор: Добранський С.С.**

**Житомирський агротехнічний фаховий коледж  
Відділення «Агроінженерія»**