



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ  
РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО  
МАШИНОБУДУВАННЯ**

*Матеріали  
VI Всеукраїнської науково-практичної  
Інтернет-конференції  
21-22 грудня 2023 року*

**Полтава  
2023**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА**  
**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ**  
**ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**  
**РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО**  
**МАШИНОБУДУВАННЯ**

*Матеріали*  
*VI Всеукраїнської науково-практичної*  
*Інтернет-конференції*  
*21-22 грудня 2023 року*

**Полтава**  
**2023**

УДК [631.17+62-52](043)

П 78

**Проблеми та перспективи розвитку сільськогосподарського машинобудування:** матеріали VI Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції (Полтава, 21-22 грудня 2023 р.) / ПДАУ: ред. кол., О. І. Біловод, С. В. Попов, Р. М. Харак, О. В. Цуркан [та ін.]. – Полтава: ПДАУ, 2023. – 234 с.

*Конференція проведена за підтримки Міністерства освіти і науки України та зареєстрована в ДУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (УкрІНТЕІ) за №90 від 25.01.2023 р.*

*Рекомендовано до друку Вченою радою інженерно-технологічного факультету Полтавського державного аграрного університету, протокол №6 від 26.12.2023 р.*

У збірці представлено матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції за результатами досліджень щодо проблем сільськогосподарського машинобудування, а також перспектив його розвитку.

Матеріали призначені для наукових співробітників, викладачів, студентів, а також аспірантів закладів вищої освіти, керівників і фахівців сільськогосподарських, машинобудівних та переробних підприємств агропромислового комплексу різної організаційно-правової форми, працівників державного управління, освіти та місцевого самоврядування, всіх, кого цікавить проблематика та перспективи розвитку сільськогосподарського машинобудування.

Відповідальність за зміст наданих матеріалів, точність наведених даних, а також відповідність принципам академічної доброчесності несуть автори. Матеріали видані в авторській редакції.

**Редакційна колегія:** Біловод О. І., кандидат технічних наук, доцент, Полтавський державний аграрний університет; Попов С. В., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент, Полтавський державний аграрний університет; Харак Р. М., кандидат технічних наук, доцент, Полтавський державний аграрний університет; Цуркан О. В., доктор технічних наук, професор, Вінницький національний аграрний університет; Дідур В. В., доктор технічних наук, професор, Уманський національний університет садівництва; Васильковський О. В., кандидат технічних наук, професор, Центральноукраїнський національний технічний університет.

© Автори тез, включені до збірника, 2023

© Полтавський державний аграрний університет, 2023

**ЗМІСТ**

<b>Банний О.О., Калюжний О.І.</b> УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ З'ЄДНАНЬ «ВАЛ-УЩІЛЬНЕННЯ»	11
<b>Басова Ю.О., Бичков Я.М., Заславець В.О.</b> ОПТИЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ МЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	17
<b>Бєлих О.В.</b> ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОФІЛЮ РОЗПУШУВАЛЬНОЇ ЛАПИ КУЛЬТИВАТОРА МЕТОДОМ ВАРІАЦІЙНОГО ОБЧИСЛЕННЯ	21
<b>Бичков О.Я., Бичков Я.М.</b> ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ	25
<b>Блезнюк О.В., Ковальов О.В., Авраїмов В.В.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СКЛАДАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРНОЇ ЛАПИ	28
<b>Ветохін В.І., Загривий Р.А., Сидорчук Ю.В., Рижкова Т.Ю.</b> РОЗВИТОК ЗАСОБІВ ОРІЄНТАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ВІДНОСНО ПОВЕРХНІ ПОЛЯ	31
<b>Горик О.В., Брикун О.М., Оданець О.В.</b> ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ ДИНАМІЧНИМИ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ У ПРАЦЯХ ДОСЛІДНИКІВ	36
<b>Гузік М. В., Келемеш А.О.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАПИЛЕННЯ РОСЛИН	40

<b>Демус Д.О.</b> АНАЛІЗ СТРУКТУРНОГО СТАНУ ВІДНОВЛЕНИХ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ МАТОЧИН ВЕДЕНИХ ДИСКІВ ДВИГУНІВ	43
<b>Демус Д.О., Дудник В.В.</b> АНАЛІЗ РОБОТИ ТА БРАКУВАЛЬНІ ОЗНАКИ МАТОЧИНИ МУФТИ ЗЧЕПЛЕННЯ	46
<b>Діденко О.Ю., Яхін С.В.</b> РОЗРОБКА ПРИВІДНОЇ СТАНЦІЇ ЛАНЦЮГОВОГО (СКРЕБКОВОГО) ТРАНСПОРТЕРА З ПРИВОДОМ ІЗ ВИСОКИМ СЕРВІС-ФАКТОРОМ ТА ККД	48
<b>Дрожчана О.У., Колесніченко І.А.</b> АДАПТАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ДО ВИНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ НЕРЕГЛАМЕНТОВАНИХ СИТУАЦІЙ	52
<b>Дудін В.Ю., Білоус І.М.</b> СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИСКОВОГО ПОДРІБНЮВАЧА ЗЕРНА	54
<b>Дудла І.О., Руминський С.С.</b> СТАНДАРТИЗАЦІЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ ТОВАРІВ	57
<b>Захаров А.В., Сайчук О.В.</b> ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДНОВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	62
<b>Зданевич С.В., Погребняк Р.П., Гурідова В.О.</b> МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ УНІВЕРСАЛЬНИХ АРКОВИХ СЕКЦІЙНИХ АНГАРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	66

<b>Калганков Є.В., Черній О.А.</b> ОБГРУНТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КРИТЕРІЮ РУЙНУВАННЯ ГУМОВИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ АБРАЗИВНО-ВТОМНОГО ЗНОШУВАННЯ	69
<b>Ключко О.Ю., Дерябкіна Є.С., Гринько О.А.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ЛОКАЛЬНОГО ДИФУЗІЙНОГО ПОКРИТТЯ РІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ	73
<b>Ковтун В.П., Дудник В.В.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ ГОСПОДАРСТВА В ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНАХ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ	75
<b>Козаченко О.В., Бобрик М.С.</b> АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ОБЧІСУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН НА КОРЕНІ	78
<b>Козаченко О.В., Гурьянов В.П.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ АГРЕГАТУ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	81
<b>Коновал В.В., Сиволапов В.А.</b> ВІДНОВЛЕННЯ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ ЗВАРЮВАННЯМ	84
<b>Ладатко М.С., Костенко О.М., Дрожжана О.У.</b> МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОТИ ШНЕКОВОГО ПРЕСУ	88
<b>Лапенко Т.Г., Лапенко Г.О., Діденко О.А.</b> ВИБІР ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛМАЗНИХ ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГІВ ПРИ ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ МАШИНИ	92
<b>Lyman O., Khramov M.</b> DEVELOPMENT OF A CONSTRUCTIVE SOLUTION OF THE DEVICE FOR PRE-SOWING PROCESSING OF GRAIN	97

<b>Лимаренко В.В., Дудник В.В.</b> АНАЛІЗ УМОВ ТА МЕТОДІВ ЗБЕРІГАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	101
<b>Лоза С.В.</b> ПОКАЗНИКИ ҐРУНТООБРОБНОЇ МАШИНИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГНУЧКОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ В СИСТЕМАХ «ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА»	103
<b>Лукаш В.О., Костенко О.М., Дрожчана О.У.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ КАСЕТНОГО ПРИСТРОЮ	107
<b>Ляшенко С.В.</b> АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ ТРИСКОРІЗУ ДИСКОВОГО ТИПУ МК-120ТР	110
<b>Lyashenko S.S.</b> PROCESSING OF SOLID WASTE ORGANIC COMPONENT	112
<b>Ляшенко С.В., Дінець А.А.</b> АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ТА ПРИЧИН ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП	113
<b>Ляшенко С.В., Кашенко О.О.</b> АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ДЕРЕВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ	115
<b>Ляшенко С.В., Чорнобай О.В.</b> РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ АБРАЗИВНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЗМІЦНЕНИХ СТАЛЕВИХ ЗРАЗКІВ	117
<b>Макаренко М.Г., Пиріжок В.І. Хейло В.О.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ БЛОЧНО- МОДУЛЬНОЇ ПОБУДОВИ	119

<b>Макаренко М.Г., Хейло В.О., Пиріжок В.І.</b> ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ РАЦІОНАЛЬНОЮ КОМПОНОВКОЮ	121
<b>Макаренко М.Г., Хейло В.О., Пиріжок В.І.</b> ПІДВИЩЕННЯ МАНЕВРНОСТІ ТРАКТОРА ХТЗ-160 ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАНОТРОННОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПОВОРОТОМ	124
<b>Маляр П.Є., Падалка В.В.</b> АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ СЕПАРАТОРА ЗЕРНА	127
<b>Матвієнко А.М.</b> МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗУСИЛЛЯ РОЗРИВУ В ТАЛЕВОМУ КАНАТІ УСТАНОВОК ДЛЯ БУРІННЯ АРТЕЗІАНСЬКИХ СВЕРДЛОВИН З РОЗРОБЛЕННЯМ ПРУЖИННОГО ЕЛЕКТОРМЕХАНІЧНОГО ІНДИКАТОРА	133
<b>Новицький А.В., Ружи́ло А.З., Сторож Р.О.</b> ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ	137
<b>Новицький Ю.А., Новицький А.В., Ружи́ло З.В.</b> ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	140
<b>Опара Н.М.</b> СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ І ТЕНДЕНЦІЇ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ	143
<b>Петраш О.В., Петраш Р.В., Рожко І.І., Іваніщева В.В.</b> ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ГРУНТОЦЕМЕНТУ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ	146



<b>Петрик В.В., Падалка В.В.</b> АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА	148
<b>Polishchuk A.O., Skyba M.Ye., Polishchuk O.S.</b> EQUIPMENT FOR PROCESSING PET BOTTLES INTO RAW MATERIALS FOR THE SCREW EXTRUDER OF THE 3D PRINTER	154
<b>Рибалко І.М., Тіхонов О.В., Петрикін Є.О.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСУ РІЗЦІВ ДОРОЖНЬОЇ ФРЕЗИ	158
<b>Рибалко І.М., Тіхонов О.В., Полунін М.В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСУ БАГАТОЗУБЧАСТИХ ЛЕМІШІВ	161
<b>Рибальченко В.Д., Костенко О.М., Дрожчана О.У.</b> АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ ЗЕРНА	165
<b>Рижкова Т.Ю., Негребецький І.С., Ветохін В.І.</b> ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ҐРУНТООБРОБНОГО РОТАЦІЙНОГО ЗНАРЯДДА У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ	168
<b>Семенов А.О., Сахно Т.В., Харак Р.М., Кузнецов Р.О.</b> МЕТОДИКА ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ ПЛАВАЛЬНИХ БАСЕЙНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНОГО УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ОЗОНУВАННЯ	172
<b>Семенов А.О., Скрипник В.О., Горбань О.А.</b> МЕТОДИКА КІНЕМАТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСНОГО АГРЕГАТУ	176
<b>Сиромятников Ю.М.</b> ЗАСМІЧЕНІСТЬ ПОСІВІВ ГАРБУЗА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СПОСОБУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	180

<b>Скрипник В. О., Бичков Я. М., Пономаренко Б. Г.</b> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД З ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КОНДУКТИВНОГО СУШІННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	184
<b>Снітко В.Г.</b> ТЕХНОЛОГІЯ ВИЛУЧЕННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ З ҐРУНТУ	186
<b>Тихтило Б.В., Костенко О.М., Дрожчана О.У.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАТОПЛЕНОГО ПОВІТРЯНОГО СТРУМЕНЯ В СУШИЛЬНИХ КАМЕРАХ	190
<b>Толстенко О.В.</b> ТЕХНОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА СКЛАДНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ СИСТЕМ	194
<b>Устименко О.А.</b> НАБЛИЖЕННЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ДО ВИМОГ ВИРОБНИЦТВА В СУЧАСНИХ РЕАЛІЯХ	196
<b>Федь В.Ю., Падалка В.В.</b> АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ОРНОГО АГРЕГАТУ У СКЛАДІ З АКТИВНОЮ БОРОНОЮ	198
<b>Харченко О.М.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЧИЗЕЛЬНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ	204
<b>Харченко С.О., Біловод О.І., Литвиненко В.В.</b> СПОСІБ ЗАВАНТАЖЕННЯ ПНЕВМОСЕПАРУВАЛЬНОГО КАНАЛУ	208
<b>Харченко Ф.М., Котляревський І.В., Стельмах А.М.</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОНЕНТІВ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ ПРИ ЇХ ПОДАЛЬШОМУ СЕПАРУВАННІ	210

---

<b>Хмеленко А.М.</b> ОЧИСТКА ОЛИВИ МОБІЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ R-700	213
<b>Khramov N., Lyman O.</b> JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF A MINIMUM DRAFT RESISTANCE BLADE WITH FLAT FREE- ROTATING DISCS	216
<b>Царіков С.В.</b> ВОЛОГІСТЬ В УМОВАХ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА	220
<b>Шажко С.Ю., Падалка В.В.</b> АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ҐРУНТУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	222
<b>Шевченко В.Ю., Падалка В.В.</b> ПОДРІБНЮВАЧ ЗЕРНА З КРИВОЛІНІЙНИМИ ПОВЕРХНЯМИ	228

УДК 631.3.027.1-036

## УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ З'ЄДНАНЬ «ВАЛ-УЩІЛЬНЕННЯ»

*Банний О.О., кандидат технічних наук, доцент  
Калюжний О.І., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

При випуску нової техніки чи ремонті старої необхідні комплектуючі, які забезпечують необхідний ресурс з урахуванням умов експлуатації.

Практично на всіх напрямках сільськогосподарського виробництва використовується техніка, в конструкцію якої входять ущільнювальні пристрої.

Удосконалення та підвищення надійності ущільнювальних пристроїв є актуальною проблемою, оскільки ущільнення захищають деталі від впливу навколишнього середовища. Від їхньої довговічності багато в чому залежить ресурс агрегатів сільськогосподарських машин, які працюють в умовах безпосереднього контакту з ґрунтом (рисунки 1, 2). Наявність пилу, підвищена вологість та хімічна агресивність ведуть до прискореного зносу робочих органів, деталей і особливо трибосполук [1].



Рисунок 1 – Робота посівного агрегату



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд агрегатів сільськогосподарської техніки при порушенні герметичності ущільнень підшипникових вузлів

Сільськогосподарські машини працюють у різних швидкісних та навантажувальних режимах, які призводять до зміни умов роботи ущільнювальних вузлів. Наприклад, для збирання однієї тони картоплі необхідно переробити до двадцяти тон ґрунту. При агрегуванні трактором МТЗ-80/82 картоплезбирального комбайна найчастіше використовуються перша та друга передачі. З підвищенням швидкості агрегату зростає обсяг бульбоносної маси та навантаженість деталей, збільшується прогин валів та їх неспіввісність з ущільненнями, що призводить до нерівномірності зносу, розкриття стику в з'єднанні та підвищених витоків мастила. Зі зниженням частоти обертання валів швидкість зношування може зростати в результаті погіршення гідродинамічного режиму мастила вузлів тертя. Подібні зміни умов роботи в процесі експлуатації характерні для більшості агрегатів, що працюють у полі.

Тяжкі умови роботи сільськогосподарської техніки та порушення технічних вимог при виготовленні та монтажі деталей призводять до збільшення биття валу та його неспіввісності з ущільненням, що веде до проникнення пилу та інших забруднень з навколишнього середовища в зазор з'єднання і далі всередину вузла [2]. Абразивні частинки, що входять до складу пилу, мають мікротвердість, що перевищує значення цього показника у сталі (таблиця 1). Поверхнева твердість сталевих деталей в основному становить 7000...8000 МПа, а мікротвердість кварцу - 10500...11300 МПа, оксиду алюмінію – 21000 МПа [3]. Попадання абразиву до зони тертя прискорює знос деталей. На поверхні валу в місці контакту з робочою кромкою ущільнення утворюється прошліфована абразивом канавка (рисунок 3), разом зі збільшенням внутрішнього діаметра манжети це веде до перевищення допустимого зазору і витоків мастильного

матеріалу, порушення нормальної роботи ущільнювального пристрою, підшипникового вузла і агрегату в цілому [4]. Більшість аварійних ситуацій у підшипникових вузлах викликане проникненням абразиву внаслідок незадовільної роботи ущільнень (таблиця 2) [5].



Рисунок 3 – Зношування валу

Таблиця 1 – Склад пилу

Склад пилу	Зміст, %	Мікротвердість, МПа
Кварц	66.76	10500.11300
Оксид алюмінію	11... 14	21000
Оксид заліза	11... 14	9000
Оксид магнію	1.2	-
Оксид кальцію	1.4	-

Таблиця 2 – Розподіл вибракованих підшипників кочення тракторів за видами ушкоджень

Види ушкоджень (вibraкування)	Частота виникнення вибракувальної ознаки, %
Збільшення зазорів понад граничні значення	65.76
Порушення щільності посадки	17.21
Мікроскопічні пошкодження робочих поверхонь доріжок та тіл кочення	4.11
Поломка деталей підшипників	5.9

Істотний вплив на працездатність з'єднань «вал-ущільнення» має сезонність експлуатації сільськогосподарської техніки (рисунок 4). Тривалий нерухомий контакт робочих поверхонь призводить до збільшення адгезії між валом та манжетою [6]. При запуску техніки після тривалих простоїв підвищується зусилля стягування при зсуві

двох поверхонь щодо один одного, а при перевищенні допустимих напруг відбувається руйнування робочої кромки манжети: спочатку з'являються мікротріщини, а потім відрив частинок гуми. Разом з підвищенням температури, при сухому та граничному терті, це може призвести до наволакування гуми на вал (рисунок 5). Одночасно тривалий контакт веде до хімічної корозії металевих деталей у зіткненні з гумовими ущільненнями (рисунок 6). Внаслідок корозії змінюється шорсткість і навіть геометрія поверхні, що призводить до порушення працездатності з'єднання.

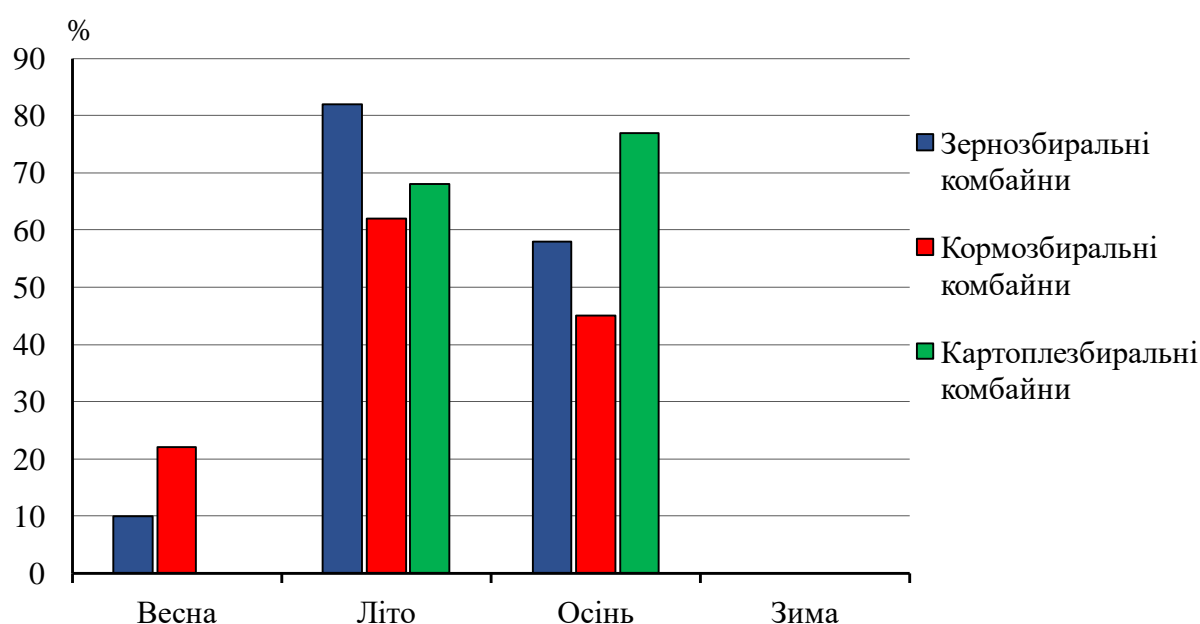


Рисунок 4 – Сезонне використання сільськогосподарської техніки



Рисунок 5 – Облипання валу гумою



Рисунок 6 – Корозія робочої поверхні валу у зоні контакту з манжетою

Втрата герметичності з'єднань «вал-ущільнення» знижує надійність експлуатації машин, підвищує витрату мастильних матеріалів, веде до руйнування вузлів машини, підвищуючи потребу в запасних частинах. Порушення ущільнень у коробках передач спостерігається у 44% тракторів, а у 31% відбуваються витіку в гідросистемах [7]. Витіку мастила через ущільнення в енергонасичених тракторах становлять 23-28%, а гідроагрегатах до 44% від загальної кількості відмов [8]. Витіку сприяють забруднення сільськогосподарських угідь та продукції.

За період експлуатації сільськогосподарських машин фактична витрата ущільнень у 2-3 рази перевищує нормативну [9]. При капітальному ремонті енергонасичених тракторів усі ущільнення підлягають заміні та до 80% деталей вимагають відновлення робочих поверхонь у зоні контакту з ущільненнями [10].

### Список джерел посилання

1. Захарчук В.Б., В.В. Кудінов, І.В. Кудінов, В.В. Бірючинський. Вплив експлуатаційних факторів на залишковий ресурс металоконструкцій колісних транспортних засобів. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. Вип. 7(38), ч. II. Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький. 2023. 274с.
2. Закалов О.В., Закалов І.О. Основи тертя і зношування в машинах : навчальний посібник. Тернопіль : Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. 322 с.



3. Самаричев А.Л. Виробництво зносостійких деталей для роботи за умов абразивного зношування і ударних навантажень. 2023. Bachelor's Thesis. КПІ ім. Ігоря Сікорського.

4. Dykha A., Sorokatyi R., Dytyniuk V. Simulation of wearing processes with high sliding speed. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2020. pp.119–128. (Scopus). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-50491-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50491-5_12)

5. Солодовник О.Ю., Калганков Є.В. Підвищення довговічності підшипників кочення введенням в змазку наноматеріалів, що поліпшують умови тертя // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу Науково-учбовий центр прикладної інформатики НАН України. Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти». 2018. С. 230–235.

6. Іванкова О.В., Бартош В.Ю. Дослідження впливу зміцнюючих технологій відновлення деталей на ресурс машин. *Вісник ХНТУСГ*. 2019. С. 235–241.

7. Novitskiy, A., Banniy, O., & Novitskiy, Yu. (2023). Logical probabilistic model of the reliability of means for preparing and distributing fodder. *Machinery & Energetics*, 14(1). <https://technicalscience.com.ua/uk/journals/t-14-1-2023/logiko-imo-virnisnamodyel-otsinki-nadiynosti-zasobiv-dlya-prigotuvannya-i-rozdavannya-kormiv> .

8. Новицький А. В., Банний О. О., Бистрий О. М. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 39–46.

9. Шматко Д. З., Скорняков Е. С., Авер'янов В. С., Коровкін А. А. Дослідження та аналіз експлуатаційних дефектів підшипників кочення залежно від застосування мастильних матеріалів. *Вісник ТНТУ*. 2016. Т. 83. № 3. С. 134–138.

10. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. Кривий Ріг : Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.

## ОПТИЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ МЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

*Басова Ю.О., кандидатка технічних наук, доцентка  
Бичков Я.М., кандидат технічних наук, доцент  
Заславець В.О., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Полтавський державний аграрний університет*

Вимірювальний перетворювач, який разом з допоміжними елементами виготовлений у вигляді окремого виробу і встановлений безпосередньо на об'єкті керування, називається датчиком. Тобто датчики - це пристрої, які перетворюють фізичну величину, таку як інтенсивність світла чи температуру, в електричну величину [1].

Існує багато різних типів датчиків, які взаємодіють з Arduino. Arduino IDE - інтегроване середовище розробки. Програмне забезпечення, представлене Arduino, в основному використовується для написання, компіляції та завантаження коду в пристрій Arduino. При отриманні інформації з датчиків Arduino обробляється цифровий сигнал, або вимірюється напруга з аналогового виходу модуля. Деякі модулі для Arduino мають і цифровий та аналоговий вихід, що уніфікує їх (рисунк 1) [2, 3].

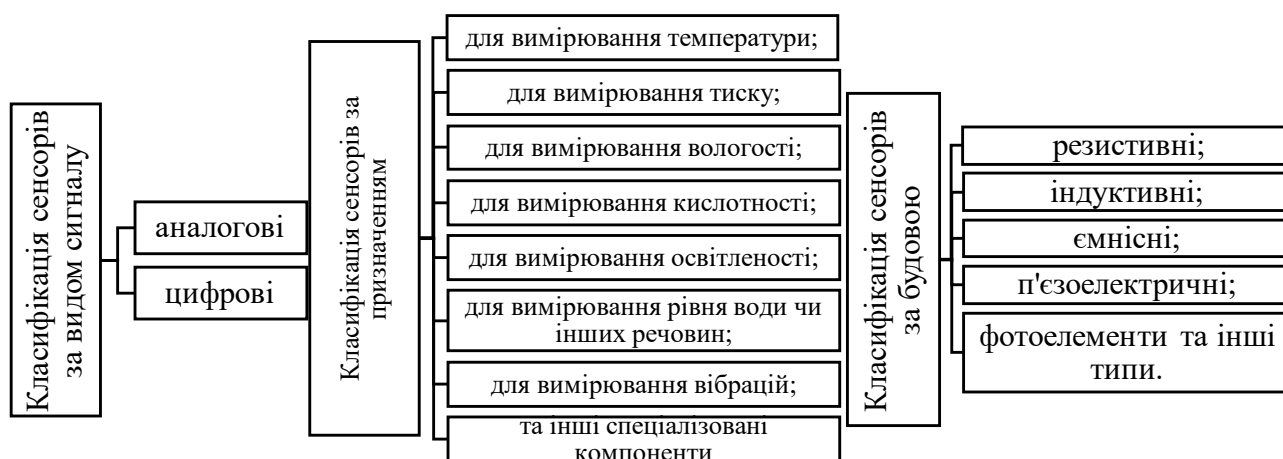


Рисунок 1 – Класифікація сенсорів

Датчики, які взаємодіють з Arduino – це інтегрована плата з мікроконтролером та всім необхідним для програмування. Сенсори є первинними перетворювачами мікроконтролера. Саме тому вони отримали виключне використання у сучасній мікроелектроніці. Ці датчики використовуються в багатьох сферах, включаючи

виробництво, машинобудування, аерокосмічну промисловість, автомобілі, медицину та робототехніку.

Датчик світла чи освітленості – це найпростіший зі способів визначення освітленості.

Найбільшої популярності набув світлочутливий датчик для Arduino побудований на надійному компараторі LM393 (рисунок 2) [4]. Модуль датчика освітленості із пороговим компаратором. Поріг спрацювання компаратора регулюється змінним резистором. При затемненому датчику на виході встановлюється логічна напруга 1 і індикаторний світлодіод не горить. При освітленні датчика і спрацьовуванні компаратора на виході встановлюється логічний 0 і запалюється індикаторний світлодіод. Компаратор має отвір для зручної установки на плату. Чутливість сенсора регулюється за допомогою потенціометра.

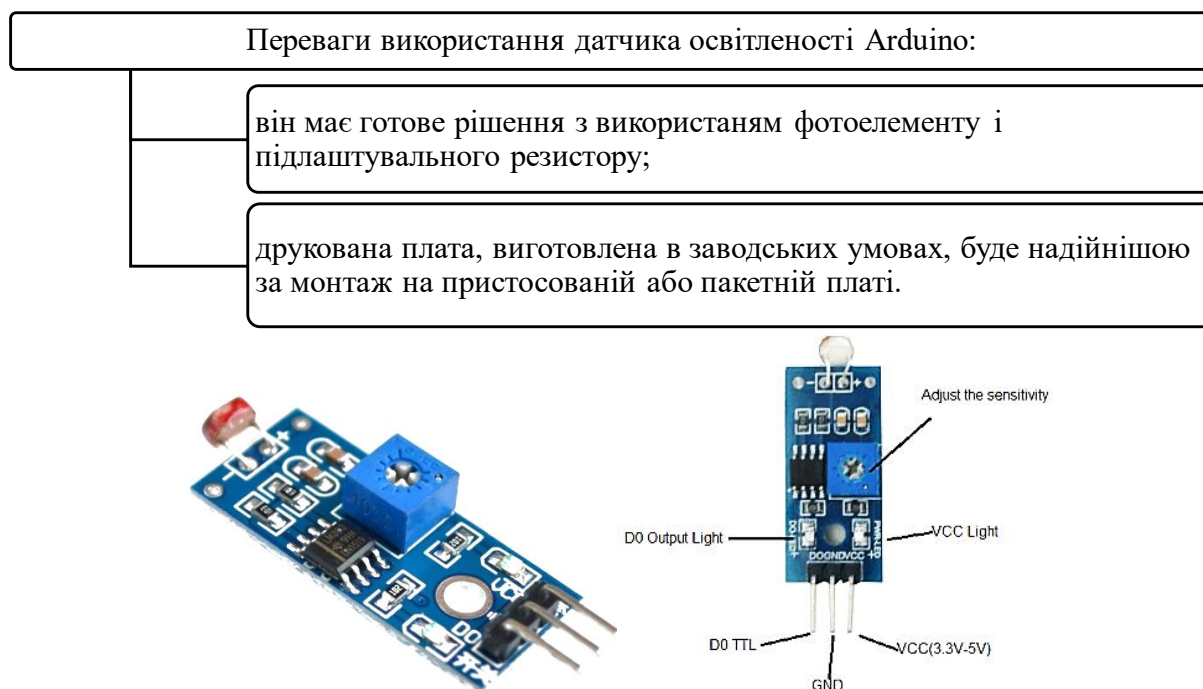


Рисунок 2 – Датчик світла

Він має такі характеристики:

- робоча напруга: 3,3-5 В;
- регульована потенціометром чутливість сенсора;
- на виході цифровий/аналоговий сигнали;
- датчик побудований на компараторі LM393;
- вихід компаратора більш ніж 15 мА;
- отвір на платі для зручної установки модуля;
- розмір: друкована плата 32×14 мм.

Цей модуль може мати три або чотири виводи. У трививідному датчику в наявності виводи:

- VCC - вхід напруги живлення 3,3-5 В;
- GND – загальний;
- D0 - цифровий вихід компаратора (підключається до цифрового входу контролера або реле модуля).

У іншій версії може додаватися аналоговий вивід. На платі розміщений підстроювальний резистор регулювання моменту спрацювання компаратора.

Цей датчик освітлення можна використовуватися як:

- датчик освітлення для фотореле;
- сигналізація (у парі з випромінювачем);
- лічильник об'єктів, які перетинають світловий промінь і т.д.

Крім вищеописаної плати для подібних цілей можна використовувати модуль GY-302 [5]. Цифровий датчик освітленості GY-302 з урахуванням інтегральної мікросхеми BH-1750 (рисунок 3) призначений для вимірювання фонового освітлення. Має високу чутливість та поширений послідовний інтерфейс I2C. Спектр чутливості збігається із кривою чутливості людського ока. Його особливістю є те, що це цифровий модуль з розрядністю 16 біт, що дозволяє вимірювати освітленість від 1 до 65356 Лк.

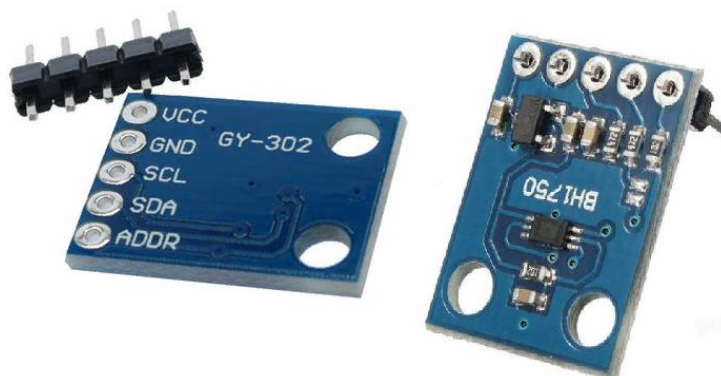


Рисунок 3 – Датчик освітленості на базі інтегральної мікросхеми BH-1750

Робочі характеристики:

- тип: GY-302;
- робоча напруга: 3-5 В;
- оригінальний чіп BH1750FVI ROHM;
- вбудований сенсор та цифровий перетворювач;

- прямий цифровий вихід, без додаткових складних обчислень, перетворень та калібрування;
- нечутливий до фонового світла;
- спектральна характеристика близька до візуальної чутливості;
- для широкого діапазону, точність виміру – 1 лк;
- діапазон даних: 0-65356 лк;
- інтерфейс I2C;
- розміри: 13,9×18,5 мм.

Таким чином, перевагою цифрових сенсорів є те, що не потрібно перевіряти значення кожного екземпляра, складати таблиці для переведення вимірних величин реальні шкали та інше. У більшості випадків для цифрових датчиків досить просто підключити готову базу даних та зчитувати значення, переведені в реальні одиниці виміру.

#### Список джерел посилання

1. Датчики. URL: <http://surl.li/nnwze>
2. What is an Arduino? [Electronic resource]. URL:: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino/all>
3. What are the Different Types of Arduino Boards [Electronic resource]. Access mode: <https://www.elprocus.com/different-types-of-arduino-boards/>
4. Модуль датчика освітленості цифровий URL:<https://arduino.ua/ru/prod1213-modyl-datchika-osveshennosti>
5. Датчик освітленості цифровий GY-302 BH1750FVI URL:<https://arduino.ua/ru/prod1116-datchik-osveshennosti-cifrovoi-bh1750fvi>



УДК 631.316+534.1

## ОБГРУНТУВАННЯ ПРОФІЛЮ РОЗПУШУВАЛЬНОЇ ЛАПИ КУЛЬТИВАТОРА МЕТОДОМ ВАРІАЦІЙНОГО ОБЧИСЛЕННЯ

*Бєлих О.В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Державний біотехнологічний університет*

**Ціль.** Обґрунтування профілю розпушувальної лапи культиватора. Застосовували методи варіаційного обчислення для вирішення задачі механіки деформатора ґрунту. Вибирали дві точки з координатами  $y(x_0) = y_0$  і  $y(x_1) = y_1$  через які можливе проходження безлічі кривих [1, 2, 3].

**Завдання.** Визначити криву, яка описує профіль робочого органу мінімального опору тяги. На підставі наведеного функціоналу становили диференціальне рівняння Ейлера, в результаті якого отримували шуканий профіль робочого органу [4, 5, 6]. Початок рухомої системи координат  $xOy$  сумісний з точкою перетину профільної лінії розпушувальної лапи з площиною поверхні ґрунту (рисунок 1). Осі координат  $x$  і  $y$  направимо відповідно у бік руху розпушувальної лапи і перпендикулярно до площини поверхні, тобто. вглиб ґрунту.

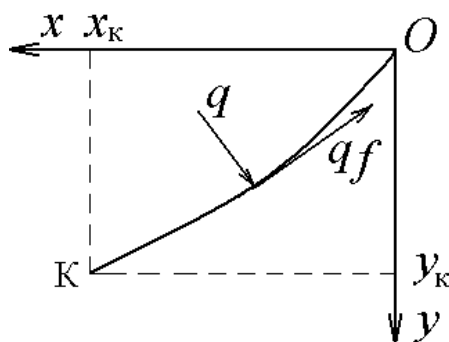


Рисунок 1 – До обґрунтування профілю розпушувальної лапи

Розподіл проєкцій тисків ґрунту на робочу поверхню ножа вертикального різання на вісь  $x$  приймемо у вигляді

$$q_x = k y^m, \quad (1)$$

де  $k$  і  $m$  – постійні коефіцієнти, що залежать від умов різання ґрунту.

Тоді закономірність розподілу нормального тиску ґрунту на ножі визначається за формулою

$$q = k y^m \frac{\sqrt{1 + y'^2}}{y'}, \text{ а функціонал } R_x = \int_0^{x_k} k_{\Lambda} q (y' + f) dx.$$

де  $K_{\Lambda}$  – товщина леза розпушувальної лапи,  $R_x$  – елементарна сила опору,

$$\text{матиме вигляд } R_x = k b_{\Lambda} \int_0^{x_k} y^m \frac{\sqrt{1 + y'^2}}{y'} (y' + f) dx;$$

де  $b_{\Lambda}$  – ширина розпушувальної лапи.

Для забезпечення якісних показників роботи необхідно вирішити задачу визначення оптимального, з енергетичної точки зору, профілю лапи зі збереженням координат її граничних точок при максимальній глибині ходу [7, 8, 9].

З огляду на це ставимо варіаційне завдання: з безлічі кривих, що проходять через точки  $y(0) = 0$  і  $y(0,21) = 0,16$ , знайти ту профільну лінію розпушувальної лапи з незмінною шириною  $b_{\Lambda}$ , яка забезпечує їй мінімальний тяговий опір.

Для цього необхідно, щоб підінтегральна функція

$$F = y^m \frac{\sqrt{1 + y'^2}}{y'} (y' + f) \quad (2)$$

задовольняла рівняння Ейлера.

**Результати та їх обговорення.** Після обчислення приватних похідних отримали складові рівняння

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y'^2} y'' + \frac{\partial^2 F}{\partial y \cdot \partial y'} y' + \frac{\partial^2 F}{\partial x \cdot \partial y} - \frac{\partial F}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

Вираз (3) є диференціальним рівнянням другого порядку. Тому в його рішенні містяться дві невідомі постійні значення яких визначаються з граничних умов.

$$\frac{\partial F}{\partial y} = m y^{m-1} \frac{\sqrt{1 + y'^2}}{y'} (y' + f); \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y \partial y'} = m y^{m-1} \frac{y^3 - f}{y'^2 \sqrt{1 + y'^2}}; \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y \partial y'} = 0; \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y'^2} = y^{m-1} \frac{y^3 + 3fy'^2 + 2f}{y'^3 (1 + y'^2) \sqrt{1 + y'^2}}. \quad (7)$$

У результаті рівняння Ейлера набуде вигляду

$$y'' = \frac{m(fy'^2 + y' + 2f)(1 + y'^2)y'^2}{y(y'^3 + 3fy'^2 + 2f)}. \quad (8)$$

Рішення диференціального рівняння з урахуванням граничних умов дозволяє одержати рівняння профільної лінії розпушувальної лапи, що має екстремальне значення сили опору руху її у ґрунті. З рівняння (7) видно, що при  $y' > 0$ ,  $\frac{\partial^2 F}{\partial y'^2} > 0$ , що відповідно до умови

Лагранжа забезпечує мінімум функціоналу. Аналіз рівняння (8) показує, що значення постійних коефіцієнтів для заданої закономірності розподілу тиску ґрунту на поверхні робочого органу на профіль розпушувальної лапи впливу не надають.

Диференційне рівняння (8) було вирішено нами чисельним методом за допомогою комп'ютера. На рисунку 2 показані профільні лінії розпушувальної лапи, отримані з використанням наближених та чисельних методів розв'язання диференціальних рівнянь.

**Висновок.** Мінімальний опір розпушувальної лапи із збереженням координат її граничних точок матиме місце за формою профілю, отриманої з використанням чисельних методів розв'язання диференціальних рівнянь.

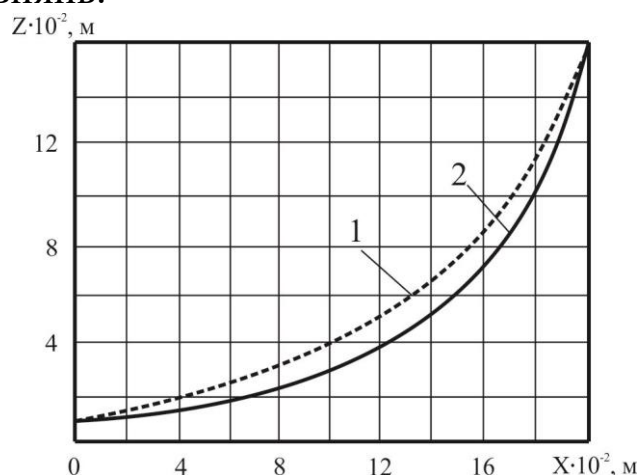


Рисунок 2 – Профільна лінія розпушувальної лапи мінімального тягового опору, отримані 1 – з використанням чисельних методів розв'язання диференціальних рівнянь, 2 – з використанням наближених методів розв'язання диференціальних рівнянь



### Список джерел посилання

1. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Physics of the Process of a Work Tool with a Flexible Element Getting into Contact with the Soil // *Agriculture*. – 2017. – № 3. – P. 33-42. <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2017.3.24563>
2. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Soil-cultivating setting a flexible working body to control of weeds growth // *Vegetable and Melon Growing*. – 2018. – № 64. – P. 33-43. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2018-64-33-43>
3. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Qualitative performance indicators of a ripping-and-separating machine for soil cultivation in the growth of sugar beet // *Vegetable and Melon Growing*. – 2019. – № 65. – P. 39-49. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2019-65-39-49>
4. Shablia V. P., Tkachova I. V. Machine and manual working actions for different manure removing technologies // *Boletim de Indústria Animal*. – 2020. – Т. 77. – С. 1-14. <https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1482>
5. Syromyatnikov Y. N. Substantiation of the parameters of a soil tillage machine ripper // *Engineering Technologies and Systems*. – 2021. – Т. 31. – №. 2. – P. 257-273. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202102.257-273>
6. Kuts O. et al. Influence of the fertilizer system on the soil nutrient regime and onion productivity // *Plant and Soil Science*. – 2022. – Т. 13. – №. 4. – P. 17-26. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(4\).2022.17-26](https://doi.org/10.31548/agr.13(4).2022.17-26)
7. Kuts, O., et al Fertilisation system influence on the main agrochemical indicators of soil and productivity of white cabbage // *Scientific Horizons*. – 2023. – Т. 26. – №. 11. – С. 69-79. <https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.69>
8. Pashchenko V. F. et al. The influence of local loosening of the soil on soybean productivity // *Tractors and Agricultural Machinery*. – 2019. – Т. 86. – №. 5. – P. 79-86. <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-5-79-86>
9. Пащенко В. Ф., Сиромятников Ю. М. Вплив локального розпушування ґрунту на врожайність сої // *Зернові культури*. – 2017. – Т. 1. – №. 2. – С. 329.



УДК 654.9

## ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

*Бичков О.Я., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Полтавський університет економіки і торгівлі  
Бичков Я.М., кандидат технічних наук, доцент  
Полтавський державний аграрний університет*

Використання автоматичних систем підтримання заданих параметрів виробничого процесу та виробничого середовища набуває всебічного поширення та інтеграції у наше життя. Виняткова гнучкість процесу організації виробництва з допомогою комп'ютерних технологій дозволяє створювати індивідуальні алгоритми автоматичного управління для кожного виробничого середовища окремо.

У зв'язку з цим постає проблема створення індивідуальних алгоритмів автоматизації та застосування індивідуальних параметрів, адаптованих під конкретне виробництво та з урахуванням специфіки конкретного робочого місця.

На етапі розробки алгоритмів і параметрів, що необхідно регулювати та контролювати при комплексній автоматизації виробничого простору, пропонується використання апаратно-програмних засобів побудови та прототипування Arduino.

Перш за все такий вибір зроблено через широкий спектр вимірювальних перетворювачів, які разом з допоміжними елементами виготовлені у вигляді окремих друкованих плат і легко встановлюються на об'єкті чи у зоні керування. До переліку датчиків зокрема входять (рисунок 1):

1. Фотомодуль на компараторі LM393.
2. Датчик освітленості на чипі BH1750FVI ROHM з діапазоном 0-65535 лк.
3. Датчик руху HC-SR505 з кутом виявлення 100°.
4. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 на відстань 0 - 4.5 м з кроком у 3 мм.
5. Лазерний датчик відстані GY-530 на VL53L0X
6. Датчик температури і вологості DHT11 в межах 0-50°C та 20-80%.

7. Датчик чадного газу (CO) MQ-9.
8. Датчик природного газу (зріджені гази, бутан, ізобутан) MQ-9.
9. Модуль датчика швидкості обертання з оптопарою на LM393.

Вищеназвані датчики [1-6] застосовують у багатьох сферах виробничої діяльності, включаючи адміністративно-побутові приміщення та промислові об'єкти (машинобудування, медицини, робототехніки та ін.).

Програмне забезпечення Arduino IDE використовується для написання, компіляції та завантаження коду в пристрій Arduino (середовище програмування апаратних платформ). Є можливість візуалізації поточного значення вимірюваної величини, що спрощує написання програми (алгоритму) керування заданими параметрами.



Рисунок 1 – Датчики Arduino для вимірювання параметрів виробничого середовища (нумерація відповідно списку вище)

Робота з середовищем Arduino IDE зводиться до написання скетча, який буде реалізовувати алгоритм роботи мікроконтролера.

Скетч – це програма контролю-управління датчиками та виконавчими органами, написана за допомогою Arduino IDE. Скетч за умовчанням зберігається на комп'ютері розробника як текстовий файл з розширенням .ino. В основу скетча покладено мову програмування C/C++.

Під час проведення дослідження системи реагування на шкідливі домішки у повітрі виробничої зони використовувався датчик газів MQ-2 (спирт, водень, бутан, пропан, метан, цигарковий дим). Наведемо зразок скетчу для управління датчика газів MQ-2:

```
#define PIN_MQ2 A1 // номер піну для підключення MQ2
```

```
#define LED          13    // номер піну для підключення
світлодіоду/гудка
int value;
void setup() { Serial.begin(9600); pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(PIN_MQ2, INPUT); }
void loop() { // запис отриманих даних з датчика
  value = analogRead(PIN_MQ2); // виведення значень на
монітор порту
  Serial.println("VALUE - " + String(value)); Serial.println(" ");
  // увімкнення світлової/звукової сигналізації при перевищенні
порогового значення
  if (value > 150) { digitalWrite(LED, HIGH); }
  else { digitalWrite(LED, LOW); }
  delay(150);}

```

Технічні характеристики датчика газів MQ-2:

- напруга живлення, В 2,5 ... 5;
- струм споживання, мА 150;
- тип датчика MQ-2;
- компаратор LM393;
- максимальна споживана енергія, мВт 800;
- час відгуку, с менше 10;
- діапазон чутливості, ppm 300 ... 10000;
- робоча температура, °С -10 ... +50;
- розміри модуля, мм 32×20.

Емпіричним шляхом було встановлено, що значення відгуку заявлене у діапазоні 10 секунд насправді становить 2,5 с. Подібним чином можна здійснювати контроль інших основних фізико-хімічних показників мікроклімату виробничої зони.

Отже, використання програмованого комплексу Arduino дасть можливість здійснити параметричне програмування систем комплексної автоматизації контролю та управління виробничим середовищем з урахуванням особливостей будь-якого підприємства.

### Список джерел посилання

1. Модуль датчика освітленості цифровий : веб-сайт. URL: <https://arduino.ua/ru/prod1213-modyl-datchika-osveshhenosti> (дата звернення: 05.12.2023).

2. Датчик освітленості цифровий GY-302 BH1750FVI : веб-сайт. URL: <https://arduino.ua/ru/prod1116-datchik-osveshhenosti-cifrovoi-bh1750fvi> (дата звернення: 05.12.2023).

3. Мініатюрний датчик руху HC-SR505 : веб-сайт. URL: <https://gsm-komplekt.ua/ua/product/46611/> (дата звернення: 06.12.2023).

4. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 : веб-сайт. URL: [https://evse.com.ua/ua/ultrazvukovoj-datchik-rasstoyaniya-hc-sr04-modul-arduino?gclid=CjwKCAiA1fqrBhA1EiwAMU5m\\_0Tv3AgEG8XMN1OpYPCVZQ23q0uWML7uplcFprbNEW82pzmwYj3sMhoC1tIQAvD\\_BwE](https://evse.com.ua/ua/ultrazvukovoj-datchik-rasstoyaniya-hc-sr04-modul-arduino?gclid=CjwKCAiA1fqrBhA1EiwAMU5m_0Tv3AgEG8XMN1OpYPCVZQ23q0uWML7uplcFprbNEW82pzmwYj3sMhoC1tIQAvD_BwE) (дата звернення: 06.12.2023).

5. Лазерний датчик відстані GY-530 на VL53L0X : веб-сайт. URL: <https://arduino.ua/ru/prod2144-lazernii-datchik-rasstoyaniya-gy-530-na-vl53l0x> (дата звернення: 12.12.2023).

6. Модуль датчика швидкості обертання : веб-сайт. URL: <https://radiostore.com.ua/ua/p1077068323-modul-datchika-skorosti.html> (дата звернення: 12.12.2023).

УДК 631.316

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СКЛАДАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРНОЇ ЛАПИ

*Блезнюк О.В., кандидат технічних наук, доцент  
Ковальов О.В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Авраїмов В.В., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Державний біотехнологічний університет*

Біля сімдесяти відсотків від всього обсягу механізованих робіт у сільськогосподарському виробництві приходиться на обробіток ґрунту: оранку, лушення, дискування, культивуацію, боронування та інші технологічні операції які у своїй функції призначення розрізають ґрунт. Однією з особливостей застосування культиваторних лап є їх взаємодія з ґрунтовим середовищем у наслідок якої геометрія профілю лапи змінюється до граничних параметрів які визначають придатність їх до виконання функції призначення визначеною: невідповідністю до кількості підрізаних бур'янів, забезпечення зон перекриття, нестійкого ходу за глибиною обробітку, а також

підвищення тягового опору, витрат паливно-мастильних матеріалів [1].

Найбільш розповсюдженими культиваторними лапами залишаються стрілчасті лапи шириною захвату 270 і 330 мм з товщиною 6 мм. Технічними вимогами до їх виготовлення передбачено використання листової сталі, що за фізико-хімічними властивостями має бути не нижче марки 65Г і забезпечувати напрацювання на одну лапу в 30 га [2]. Однак слід відзначити, що техніко-експлуатаційних показники культиваторних лап залишаються на досить низькому рівні, визначеному напрацюванням до відмови за різних умов експлуатації, фізико-хімічного складу ґрунту і обумовленому виконанням технологічних операцій із заміни, відновлення працездатного стану. Одним із завдань ремонтно-обслуговуючого виробництва є підтримка працездатності, відновлення ресурсу, забезпечення високого рівня експлуатаційної надійності культиваторів у розрізі робочих органів. Слід відзначити, що науковий пошук напрямків з підвищення рівня експлуатаційної надійності культиваторних лап базується на питаннях тертя, зношування робочої поверхні спряженої з середовищем обробітку, формування теоретичних передумов трибосистеми, які в підсумку, знаходяться між собою в тісній кореляційній залежності. Для вирішення цих завдань передбачено поліпшення якості ремонту за рахунок впровадження сучасних методів організації і оптимальних технологічних процесів виробництва та відновлення культиваторних лап [3].

Розглядаючи загальний характер зміни форми культиваторної лапи слід зазначити, що прагнення як найбільш тривалий час експлуатувати культиваторну лапу обмежується параметрами граничних значень ширини захвата, величини зносу носка та крил. В більшій мірі зношується носок культиваторної лапи обумовлений більшим питомим навантаження на цю ділянку. Слід відзначити, що науковий пошук напрямків з підвищення рівня експлуатаційної надійності культиваторних лап базується на питаннях удосконалення їх конструктивно-технологічних параметрів. Відзначимо, що застосування ґрунтообробних робочих органів із змінними робочими елементами спряжено не лише з корпусом плуга, а і з культиваторними лапами. Перше згадування в літературних джерелах

означено в роботах Канівця І.Д. [4], він досліджував процес зношування культиваторних лап в умовах посушливого південного регіону України і визнав перспективність застосування культиваторних лап складальної конструкції, пов'язаною з можливістю заміни зношеного елемента культиваторної лапи, а саме леза при досягненні граничних розмірів обумовлених агрономічною і відповідно економічною доцільністю їх подальшого використання. Принцип застосування змінних лез також був прийнятий і дослідниками [5], що приймали участь в розробці технології відновлення культиваторної лапи без хвостовика. Запропонована технологія передбачала виконання ремонтних дій в польових умовах. Висвітлена в роботах Канівця І.Д. конструкція культиваторної лапи отримала подальший розвиток [6]. Відмінність конструкції набула шляхом виконання наскрізних повздовжніх отворів у змінному лезі, що давало змогу повздовжнього переміщення леза при спрацюванні.

З вищенаведеного випливає перспективність використання складальної конструкції культиваторних лап які забезпечують підвищення експлуатаційної надійності шляхом поліпшення техніко-експлуатаційні показників в умовах сільськогосподарського виробництва.

### Список джерел посилання

1. Забезпечення ефективності робочих органів культиваторів: монографія / О.В.Козаченко, О.М. Шкрегаль, В.С. Каденко. – Харків: ПромАрт, 2021. 238 с.

2. Аналіз умов роботи та методів підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин (огляд) / С.О.Лузан, Д.М.Петренко, Ю.Р.Михєєв // *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. Харьков: ХНТУСХ, 2018. №14. С. 79-88.

3. Пошуковий аналіз спрямувань щодо підвищення експлуатаційної надійності лезових робочих органів / О.В.Ковальов, О.В.Блезнюк // *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: зб. матеріалів конф. XIV Міжнар. наук-практ. конф., 8-10 лист. 2023 р.* Кропивницький: ЦНТУ, 2023. С.

4. Аналіз способів виготовлення та зміцнення культиваторних лап / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, В.С. Гобиш // *The 7th International*

*scientific and practical conference “Innovative areas of solving problems of science and practice” (November 08 – 11, 2022) Oslo, Norway. International Science Group. 2022. С. 663-673.*

5. Підвищення довговічності культиваторних лап ґрунтообробних машин / М.О. Василенко, О.В. Соколенко, В.С. Матвійченко, Д.О. Буслаєв // *Конструювання, експлуатація та виробництво сільськогосподарських машин, 2012, випуск 42, частина 2. С. 87-91.*

6. Анализ способов изготовления, упрочнения и восстановления стрелчатых лап культиватора / Т.С. Скобло, И.Н. Рыбалко, А.В. Тихонов, А.Д. Мартыненко // *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харьков: ХНТУСХ, 2019. №15. С. 60-85.*

УДК 631.3

## **РОЗВИТОК ЗАСОБІВ ОРІЄНТАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ВІДНОСНО ПОВЕРХНІ ПОЛЯ**

***Ветохін В.І.**, доктор технічних наук, доцент  
**Загривий Р.А.**, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
**Сидорчук Ю.В.**, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
**Рижкова Т.Ю.**, здобувачка вищої освіти ступеня доктора філософії  
Полтавський державний аграрний університет*

Розробка та вдосконалення технічних засобів у рамках галузевого машинобудування, зокрема сільськогосподарського, потребує вивчення не тільки сучасного стану, а і тенденцій розвитку та принципових засад побудови технічних засобів. Методологія вивчення тенденцій технічного розвитку із залученням сучасних засобів обробки інформації пропонується у ряді публікацій [1, 2].

Етапом розвитку землеробських технологій став диференційований обробіток поля, тобто обробіток з прив'язкою до стану окремих ділянок поля розміром десятки квадратних метрів, стани яких визначалися заздалегідь. Наприклад, глибоке розуцільнення та відновлення гідрообміну поверхневих та глибоких шарів не всього поля, а окремих ділянок. Різновидом технології диференційованого обробітку поля слід вважати також смуговий обробіток, зокрема, у просапних технологіях. Розвиток механічних



технічних засобів орієнтації просапних агрегатів детально описано [3]. На сучасному рівні аграрних технологій у засобах орієнтації вимагається застосування прив'язки положення ділянки до карти, зазвичай у електронному вигляді, з наступною орієнтацією ґрунтообробного агрегату відносно кожної ділянки поверхні поля.

Прикладом розвитку знарядь даного типу можуть бути етапи розробки системи Orthman Tracker IV для навігації просапних агрегатів з використанням глобальної системи позиціонування (GPS) (рисунок 1) [4, 5].

Особливо відмічається легкість встановлення системи Tracker IV на агрегати та повна сумісність з системами навігації John Deere та Trimble. Конструкція системи доступна з 2, 3, 4 або 6 направляючими дисковими ножами, що взаємодіють з ґрунтом, і має гідравлічний циліндр, який повертає на шарнірах з вертикальною віссю дискові ножі одночасно для корекції руху знаряддя. Система доступна з міжряддями 20-40 дюймів відповідно до умов господарства.

За думкою розробника точність орієнтації агрегату забезпечує ряд переваг, а саме: щорічна повторюваність внесення добрив і посіву; допомагає усунути пошкодження посівів, пов'язане з дрейфом машини; зменшення витрат ресурсів за рахунок зменшення норм посіву та хімікатів; зменшення втоми оператора та витрат на робочу силу і паливо.



Рисунок 1 – Засіб орієнтації агрегату відносно поверхні поля фірми ORTHMAN MANUFACTURING, INC [4, 5]:

- а – вигляд знаряддя «Tracker IV system», де 1 – гідравлічний циліндр керування орієнтацією дискових ножів, 2 – захищений корпус шарніру з вертикальною віссю для зміни орієнтації дискових ножів, 3 – тяги з'єднання повідців дискових ножів, 4 – GPS-антена, що надсилає інформацію про положення знаряддя на полі до контролера, 5 – рама зі сталевий труби 3×8 дюймів або 5×7 дюймів, 6 – кронштейн дискових ножів, оснащений зрізним болтом;
- б – знаряддя «Tracker IV system» в роботі у складі ґрунтообробно-посівного агрегату

Розробці технічного засобу в наведеному вигляді (рисунок 1) передувала патентна публікація від 1977 року «Кермовий пристрій для просапного культиватора» (рисунок 2) [6]. Метою заявленого винаходу є мінімізація та компенсація поперечного зміщення знаряддя для просапного культиватора шляхом створення пристрою керування, який здатний стабілізувати задню вісь трактора, щоб виправити бічний знос.

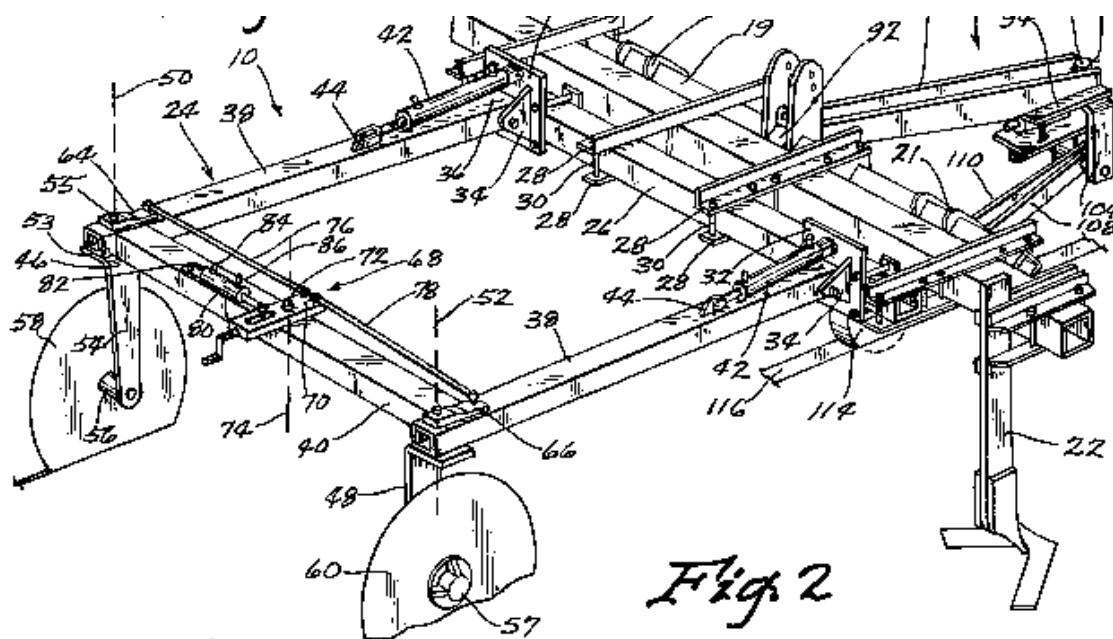


Рисунок 2 – Кермовий пристрій для просапного культиватора за патентом US-4184551 заявника Orthman Manufacturing, Inc., 1977 року [6]

Заявлений пристрій точного керування, прикріплений до просапного культиватора, включає пару напрямних дискових ножів встановлених на вертикальних шарнірах та механізм керування для поворотного переміщення дискових ножів. Механізм, що слідує за борозною, та виявляє бічне зміщення знаряддя культиватора відносно направляючої борозни реалізовано на механіко-гідравлічних принципах. Фізико-механічні аспекти формування і використання направляючої борозни розглядалися нами [7, 8] та показують, що придатність у якості датчика в механізмі стеження за борозною коліс невеликого діаметру є недостатньою (див. рисунок 2, поз. 114).

Сучасне знаряддя (див. рисунок 1) реалізує прив'язку до електронної карти поля за сигналом PRS.

Наступний етап реалізації в межах «точного землеробства», забезпечено розвитком у галузях мехатроніки, штучного зору,

технологій розпізнавання образів, алгоритмів обробки даних, сенсорів та таке інше. Зазначений етап характеризується прив'язкою технологічної дії сільськогосподарського знаряддя до ділянки поля, зайнятою окремою одиночною рослиною.

Так, якщо у 2017 році фірма Claas E Systems KGaA mbH патентує систему, засновану на штучному зорі для руху вздовж рядків (рисунок 3, а) [9], то у 2019 році фірма Deere and Co. патентує конструктивно схожу систему, яка вже реалізує визначення положення окремої рослини (рисунок 3, б) [10].

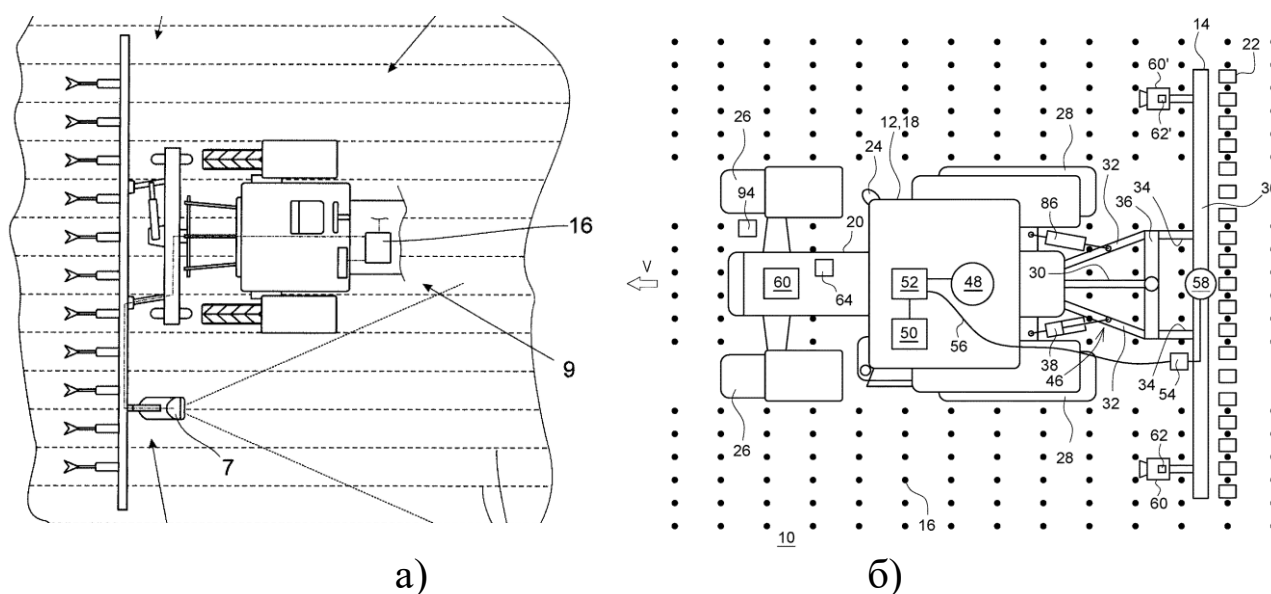


Рисунок 3 – Схеми систем для керування положенням знаряддя відносно транспортного засобу: а – за патентом DE102017113726A1 [9], б – за патентом US11324158 [10]

**Висновки.** З розвитком засобів позиціонування на полі рухомих технічних засобів та електронних карт стану ґрунту з високою деталізацією, з'явилися нові агро-технологічні можливості, що потребує розробки нових технічних засобів обробітку ґрунту та уходу за посівами.

### Список джерел посилання

1. Ветохін В.І., Рижкова Т.Ю., Негребецький І. С., Сало Я.М. Методика досліджень інформаційних науково-технічних ресурсів з використанням сервісу GOOGLE PATENTS. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України* : Збірник наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. 2023. Вип. 32(46). С.198-208.

2. Ветохін В.І., Рижкова Т.Ю., Негребецький І.С., Сидорчук Ю.В. Дослідження інформаційних науково-технічних ресурсів у процесу проектування сільськогосподарських машин. *Сучасні проблеми землеробської механіки* : Збірник тез доповідей XXIV Міжнародної наукової конференції (17–19 жовтня 2023 року). МОН України, НУБіП України. Київ. 2023. С.66-68.

3. Ветохін В.І., Амосов В.В., Голдибан В.В., Боровик О.Ю., Біловод І.В. Огляд розвитку засобів для орієнтації просапних знарядь вздовж рядків, зокрема при вирощуванні цукрових буряків. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*: Збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2020. Вип. 26(40). С. 30-46.

4. Implement Guidance. Essential Guide to Precision Farming Tools. *Precision farming dealer*: веб-сайт. URL: <https://www.precisionfarmingdealer.com/articles/1740-implement-guidance>.

5. Implement Guidance. *Orthman Manufacturing, Inc.*: веб-сайт. URL: <https://orthman.com/wp-content/uploads/2020/08/orthman-implement-guidance.pdf>.

6. Steering device for row crop cultivator: патент US4184551 США ; заявл. 16.11.1977; опубл. 22. 01.1980. URL: <https://patents.google.com/patent/US4184551A/>.

7. Боровик О.Ю., Біловод І.В., Ветохін В.І., Амосов В.В. Розвиток засобів для підвищення надійності орієнтації просапних знарядь вздовж рядків при вирощуванні цукрових буряків. *Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability*: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Кропивницький: ЦНТУ. 2020. С.103-106.

8. Біловод І.В., Боровик О.Ю., Ветохін В.І., Амосов В.В. Фізико-механічні особливості процесу формування напрямної щілини у ґрунті для забезпечення орієнтації просапних агрегатів. *Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Кропивницький: ЦНТУ. 2020. С.120-122.

9. Landwirtschaftliche Arbeitsmaschine: патент DE102017113726A1 Німеччина: A01B 69/00 (2006.01); заявл. 21.06.2017; опубл. 27.12.2018.

10. System and method for controlling an implement connected to a vehicle: патент US11324158 США; заявл. 25.10.2019; опубл. 10.05.2022.

## ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ ДИНАМІЧНИМИ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ У ПРАЦЯХ ДОСЛІДНИКІВ

*Горик О.В., доктор технічних наук, професор  
Брикун О.М., кандидат технічних наук  
Одонець О.В., здобувач вищої освіти  
Полтавський державний аграрний університет*

У сучасному машинобудуванні динамічні методи деформування набули широкого застосування в галузі підвищення експлуатаційних властивостей поверхонь оброблюваних деталей та якості їх обробки. Динамічне деформування поверхонь дозволяє, при порівняно низьких виробничих витратах, в декілька разів підвищити опір втоми, зносостійкість і цим збільшити цикл життєдіяльності деталей.

Дослідження у галузі ударних методів пластичного деформування, що сприяють зміцненню поверхневого шару, було проведено Кудрявцевим І.В. Автором запропонована залежність для визначення глибини наклепаного шару для випадку обробки серед сталевих кульок:

$$a = 3rk, \quad (1)$$

де  $r$  – радіус пластичного відбитка індентора (у разі еліптичної форми відбитка він приймається рівним  $\sqrt{a_1 b_1}$ : де  $a_1$  і  $b_1$  – піввісі еліпса);  $k$  – коефіцієнт, що залежить від ступеня наклепу.

Також автором отримано залежність для визначення ступеня деформації:

$$\varepsilon = \frac{r}{R_1}, \quad (2)$$

де  $R_1$  – радіус кульки, що вдавлюється.

Встановлено залежність глибини наклепу від діаметра відбитка:

$$a \approx 1,5d, \quad (3)$$

Глибина наклепаного шару визначається залежністю (у разі багаторазового динамічного вдавлювання):

$$a_o = a \left( 1,54 - \frac{HB}{1000} \right), \quad (4)$$

де  $HB = P/\pi Dh$  – твердість матеріалу за Брінеллем;  $a$  – глибина деформованого шару при одноразовому динамічному вдавлюванні кульки-пуансону.

Проволоцький А.Е. присвятив свої дослідження розробці технологічних основ оптимізації процесів струминно-абразивної обробки деталей машин, визначено максимальну глибину занурення частинки середовища (найчастіше металевої кульки):

$$h_{\max} = R \left[ 5\pi\rho_r (1 - \mu^2) v_0^2 \sin^2 \alpha / 4E \right]^{2/5}, \quad (5)$$

де  $R$  – радіус частинки;  $\rho_r$  – густина матеріалу частинки;  $\mu$  – коефіцієнт Пуансона оброблюваного матеріалу;  $v_0$  – швидкість абразивних частинок;  $\alpha$  – кут атаки;  $E$  – модуль пружності оброблюваного матеріалу.

Подана залежність неповно відображає процеси, що відбуваються під час обробки, оскільки не враховано параметри сліду контакту, утвореного в результаті взаємодії кульки та поверхні оброблюваної деталі.

В роботах Тамаркіна М.А. запропонована залежність для розрахунку середньо-арифметичного відхилення шорсткості, що встановилася, при оздоблювально-зміцнювальній обробці:

$$R_{авст} = k_R \sqrt{\frac{h_{\max} a b l_{од}}{R^2}}, \quad (6)$$

де  $l_{од}$  – базова довжина;  $k_R$  – емпіричний коефіцієнт.

Також у роботі розглянуто взаємодію абразивних гранул різної зернистості з оброблюваною поверхнею. Подано залежність для розрахунку об'єму металу, видаленого при одиничній взаємодії:

$$V = 15,5k_c \frac{R^3}{k_R^{0,75}} \left( k_m^{0,5} V_0 \sin \alpha \sqrt{\frac{\rho_c}{3c\sigma_T}} \right)^{2,5} (\operatorname{ctg} \alpha - f), \quad (7)$$

де  $k_c$  – коефіцієнт стружкоутворення;  $k_R$  – коефіцієнт, що враховує вплив зернистості абразивної частинки на фактичну площу контакту;  $k_m$  – коефіцієнт, що враховує вплив сусідніх частинок при обробці;  $V_0$  – швидкість руху частки робочого середовища;  $f$  – коефіцієнт тертя.

Необхідно відзначити, що представлена залежність для визначення об'єму лише за умови, що кут атаки з поверхнею деталі для обробки вільним абразивом не перевищує  $45^\circ$ . Для подальших досліджень процесу одиничної взаємодії частинок робочого середовища з поверхнею деталі було б доцільним розглянути випадки за інших кутів взаємодії.

Необхідно відзначити, що опису взаємодії ударного контакту з перешкодою окремої частинки досить докладно вивчені та представлені у наукових працях Bitter J.G., Абрамова Ю.І., Проволоцького О.Е., Виноградова В.Н., Дрозда М.С., Клейса І.Р., Ланкова А.А., Непомящого Е.Ф. та інших.

Бабичевим А.П. був проведений великий обсяг робіт з визначення параметрів якості поверхневого шару, проте ним не було враховано вплив граничної деформації на досліджувані параметри.

Кільчевський Н.А. для визначення залишкових напружень, використовував експериментальні методи визначення напруження, які є дуже витратними, трудомісткими, що вимагають високої кваліфікації працівників. Не викликає сумнівів те, що отримання закономірностей для розрахунку залишкових напружень поверхневого шару та їх розподіл за його товщиною є важливим науковим завданням.

Роботи Кобринського А.Е. присвячені підвищенню ефективності відцентрово-ротаційної оздоблювально-зміцнювальної обробки. Представлена класифікація представляє великий інтерес, тому що для деяких матеріалів може здійснюватися перехід з однієї групи матеріалів до іншої залежно від структурного стану, числа навантажень, величини амплітуди напруження або деформації і т.д.

Незважаючи на великий об'єм виконаної роботи, Дрозд М.С., у наведених залежностях для визначення глибини та ступеня зміцнення, не враховує впливу параметрів обробки та ряду параметрів фізико-механічних властивостей матеріалу деталі на зумовлені величини, дані залежності вимагають подальшого уточнення.

Гороховим В.А. були отримані залежності для прогнозування параметрів шорсткості поверхні, глибини та ступеня зміцнення при обробці ППД.

Раціональним режимом поверхневого пластичного деформування, що проводиться з метою підвищення експлуатаційних властивостей оброблюваних деталей, буде такий, який дозволяє отримати максимальне збільшення межі витривалості деталі.

У процесі обробки деталі відбувається формування параметрів якості поверхневого шару, в процесі якого з одного боку відбуваються процеси фізичного зміцнення (наклепу), а з іншого боку йде процес розміцнення.

Серед новітніх наукових досліджень пружно-пластичного

деформування поверхневого шару оброблюваних металевих виробів дробоструминням слід звернути увагу на праці Горика О.В. і його учнів [1], Новікова Ф.В., Анділахая О.О. [2], Афтаназіва І.С. [3] та Дубового О.М. [4].

У результаті аналізу наведених джерел, можна зробити висновок, що подальше широке використання динамічних методів пластичного деформування та їх застосування в промисловості зустрічає певні труднощі, виникає необхідність всебічного вивчення механізму формування параметрів якості поверхневого шару та уточнення низки закономірностей впливу режимів обробки та характеристик робочих середовищ на їхню величину. Очевидно, що проектування технологічних процесів динамічних методів пластичного деформування вимагає розробки методики оптимізації технологічних режимів та характеристик робочих середовищ з метою отримання найкращих експлуатаційних характеристик оброблюваних деталей. Слід зазначити, що у дослідженнях, проведених раніше, оптимізація технологічних процесів здійснювалася за критерієм трудомісткості.

#### Список джерел посилання

1. Горик О.В., Черняк Р.Є., Чернявський А.М., Брикун О.М. Дробоструминне очищення. Теорія і практика. Полтава : Видавництво ПП «Астроя», 2021. 326 с.
2. Новіков Ф. В., Анділахай О.О. Основи струминно-абразивної обробки дрібних деталей : монографія. Харків : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. 348 с.
3. Афтаназів І.С., Гавриш А.П., Китичок П.О. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням. Житомир : ЖІТІ, 2001. 516 с.
4. Дубовой А.Н. Повышение прочностных характеристик стали 18Х2Н4МА. *Shipbuilding & Marine Infrastructure*. 2015. № 1 (3). С. 122–130.





УДК 631.01(091)

## ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАПИЛЕННЯ РОСЛИН

*Гузік М. В., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»  
Келемеш А.О., кандидат технічних наук, доцент  
Полтавський державний аграрний університет*

Технології рухаються вперед. Щодня людина вигадує щось нове. Будь-яка галузь, опанована людиною, може похизуватися новітніми розробками та пропозиціями. Сільське господарство також не стоїть на місці. Відбувається максимальна механізація та автоматизація процесів, які зовсім нещодавно виконувалися вручну. Розглянемо питання штучного запліднення рослин. Під час запилення рослин штучним шляхом пилок зазвичай розсіюється по жіночих квітках, часто шляхом розпилення. Існує кілька методів штучного запилення, включаючи: ручне запилення (внесення пилку в жіночі квітки), занурення жіночих квіток у розведений пилок і розпилення пилку, розведеного тальком, за допомогою пістолетів і розпилювачів під тиском, підключених до тракторів.

Для запилення рослин з метою підвищення ефективності та збільшення врожайності було б доцільно використовувати безпілотні літальні апарати (БПЛА). Їхні переваги над іншими способами полягають в наступному [1]:

1) **Вирішення проблеми зменшення кількості запилювачів:** зменшення кількості природних запилювачів, таких як бджоли, стало серйозною проблемою в сільському господарстві. Використання БПЛА для запилення може допомогти пом'якшити вплив зменшення кількості запилювачів, надаючи альтернативний і надійний метод запилення, особливо в районах, де природних запилювачів не вистачає;

2) **Ефективність і точність:** БПЛА можуть бути оснащені передовими технологіями для точного запилення, забезпечуючи ефективну і цілеспрямовану доставку пилку до квіток. Це може призвести до покращення зав'язування плодів і врожайності, вирішуючи проблему непослідовного або неефективного запилення, пов'язану з традиційними методами;

3) **Оптимізація праці та часу:** у великомасштабному сільському

господарстві ручне запилення сільськогосподарських культур є трудомістким і займає багато часу. Використання БПЛА може допомогти оптимізувати процес запилення, зменшити потребу в ручній праці та покрити великі площі землі за достатньо короткий проміжок часу, таким чином вирішуючи проблему нестачі робочої сили та часових обмежень;

4) **Незалежність від погодних умов:** на відміну від традиційних методів запилення, запилення за допомогою БПЛА не так сильно залежить від погодних умов. Це вирішує проблему перебоїв у запиленні, пов'язаних з погодними умовами, оскільки БПЛА можуть працювати в більш широкому діапазоні погодних умов, забезпечуючи більш стабільні і надійні послуги запилення;

5) **Зменшення впливу на навколишнє середовище:** використання БПЛА для запилення може також зменшити вплив на навколишнє середовище, пов'язаний з традиційними методами запилення, такими як використання пестицидів і порушення природних середовищ існування. Це узгоджується зі зростаючим акцентом на стійкі та екологічно чисті сільськогосподарські практики.

Дослідження з використання БПЛА для запилення рослин проводилися в різних країнах за участю різних компаній та фермерських господарств. Деякі з найвідоміших досліджень та висновків включають:

- **Китай:** Дослідження Ван Шилінь [2] та ін. зосереджене на використанні багатороторних БПЛА для розпилювального запилення грушевих дерев. Дослідження мало на меті розробити систему компенсаційного запилення в промисловому сільському господарстві, вирішуючи проблему зменшення кількості запилювачів та потребу в ефективних методах запилення. У дослідженні Wang et al. вивчалось використання БПЛА для запилення в садах, зокрема для яблунь. Дослідження було спрямоване на збільшення кількості плодів та покращення структури плодоношення;

- **Нідерланди:** У розділі книги M. T. van Lierop [3] та ін. обговорюється використання БПЛА для прямого запилення, коли пилок потрапляє безпосередньо на рильця квіток;

- **США:** В огляді Eyles et al. [4] оцінюється доцільність механічного запилення деревних плодових і горіхових культур, включаючи використання БПЛА для повітряної доставки пилку. Дослідження показало, що системи запилення на основі БПЛА є

комерційно доступними, але стикаються з обмеженнями, такими як обмежена потужність і несумісність з дощовими умовами;

- **Іспанія:** В огляді «Технології штучного запилення» [5] перераховано кілька компаній і фермерських господарств, які беруть участь у дослідженнях запилення за допомогою БПЛА, в тому числі XAG, Arugga AI і ультразвуковий запилювач полуниці. В огляді також згадуються комерційні випробування та історії успіху, такі як використання «електронних бджіл» XAG в мигдалевих і грушевих садах.

З точки зору реалізації використання БПЛА для механізації запилення може бути життєздатним варіантом для дрібних фермерів або в ситуаціях, коли традиційні методи запилення є нездійсненними. Однак для забезпечення ефективності запилення за допомогою БПЛА важливо враховувати специфічні вимоги та обмеження кожної культури. У міру того, як технології та природа переплітаються, ми продовжуємо спостерігати за революційними інноваціями, які приносять користь різним галузям, включаючи сільське господарство. Використання сільськогосподарських дронів для запилення є яскравим прикладом того, як технології можуть допомогти у збереженні та зміцненні важливих екосистем. Використовуючи ефективність, точність, масштабованість і незалежність від погодних умов дронів, фермери можуть подолати обмеження, пов'язані зі зменшенням популяції запилювачів, і забезпечити процвітаюче майбутнє для сільського господарства.

### Список джерел посилання

1. Simon G. Potts, Peter Neumann, Bernard Vaissière, Nicolas J. Vereecken. Robotic bees for crop pollination: Why drones cannot replace biodiversity. Science of the Total Environment. May 26, 2020. URL: <https://hal.inrae.fr/hal-02624529> (дата звернення: 13.12.2023)

2. Christina Herrick. Bee Free! How Growers Can Pollinate with Drones. Growing Produce. November 6, 2019.

URL: <https://www.growingproduce.com/fruits/bee-free-how-growers-can-pollinate-with-drones/> (дата звернення: 13.12.2023)

3. Jacopo Prisco. Researchers use drone to pollinate a flower. Ecosolutions. March 9, 2017. URL: <https://edition.cnn.com/2017/03/09/world/artificial-pollinator-japan/index.html> (дата звернення: 13.12.2023)

4. Katherine Ellen Foley. Scientists made drones that can pollinate plants so bees don't have to. QUARTZ. February 9, 2017. URL: <https://qz.com/906853/scientists-invented-drones-that-can-pollinate-plants-just-like-bees> (дата звернення: 13.12.2023)

5. Enhancing Pollination with Agricultural Drone Swarms. Utilities One. Oct 8, 2023. URL: <https://utilitiesone.com/enhancing-pollination-with-agricultural-drone-swarms> (дата звернення: 13.12.2023)

УДК 629.3.02

## АНАЛІЗ СТРУКТУРНОГО СТАНУ ВІДНОВЛЕНИХ ШЛІЦОВИХ З'ЄДНАНЬ МАТОЧИН ВЕДЕНИХ ДИСКІВ ДВИГУНІВ

*Демус Д.О., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Полтавський державний аграрний університет*

При виготовленні серійних маточин з сталей 25ХГТ і 40Х застосовуються заготовки, отримані з гарячекатаного прокату з вихідною твердістю НВ 217. Зношені маточини, мають нерівномірний знос, надходять на відновлення з твердістю НЯС 26...63. Маточини, виготовлені зі сталі 25ХГТ, мають суттєві відхилення по мікроструктурі цементованого шару, що представляє собою велико-голчатий мартенсит, надлишкові карбіди у вигляді скупчень, залишковий аустеніт в великій кількості. Дана структура є дефектною. На зношених шліцевих поверхнях виявлено мікротріщини з глибиною залягання до 0,1 мм. Причиною виникнення цього дефекту є втомні напруження, викликані підвищеним вмістом залишкового аустеніту. Тому для забезпечення працездатності відновлених маточин необхідно знімати поверхневий шар металу, що був у експлуатації, на глибину залягання дефектів.

Зношені маточини перед вторинною обробкою пластичним деформуванням рекомендується піддавати відпалюванню з метою отримання рівномірної дрібнозернистої структури, запобігання зростанню тріщин, зниження внутрішніх напружень, підготовки структури до подальшого гартування [1]. Відпалювання дозволить застосувати швидкісний нагрів деталей перед деформацією в штампі. Перед деформаційний нагрів заготовок проводився в електродній

соляній ванні до температури  $1100^{\circ}\text{C}$  в розчині хлористого барію. При такому способі – знижуються втрати металу в окалину, зменшується вигоряння вуглецю на поверхні і по глибині [2]. Обробка пластичним деформуванням розбиває скупчення карбонитридів в карбідну сітку, що сприятливо впливає на ріжучі властивості інструменту при обробці різанням. Мікроструктура цементованого шару являє собою тонко-пластинчатий перліт і цементит у вигляді рівномірно розподілених карбідів.

Дослідженням радіальних макрошліфів зношених і відновлених маточин встановлено, що волокна не перериваючись переходять з диска в зону шліцьового отвору. Макроструктура відновлених маточин характеризується суцільністю, відсутністю тріщин і складок.

Мікроструктура поковок складається з неоднорідних зерен перліту і фериту величиною 4 бали, кристали фериту утворюють суцільні і розірвані оболонки навколо зерен аустеніту – феритної сітку.

Поковки маточин після обробки пластичним деформуванням піддаються ізотермічному відпалу, що дозволяє усунути неоднорідність зерна в результаті гарячого штампування, прискорити процес дифузії при подальшій цементації.

Ізотермічний відпал проводився в печі при температурі  $890\text{...}910^{\circ}\text{C}$  з витримкою і подальшим перекиданням деталей в піч, з температурою  $600\text{--}680^{\circ}\text{C}$ , та витримкою при цій температурі і охолодженням на повітрі. Мікроструктура цементованого шару після ізотермічного відпалу являє собою сфероїдний і пластинчастий перліт з рівномірно розподіленими ділянками карбідів.

Мікроструктура основного матеріалу представляє собою добре оброблювану перлітно-феритову структуру з величиною зерна 7-8 балів.

Для підвищення контактної міцності шліців маточини зі сталі 25ХГТ проводиться цементація. Як карбюризатор використовувався активний синтин [2]. Після закінчення процесу насичення деталі охолоджуються до  $850^{\circ}\text{C}$ , витримують протягом години і охолоджують в маслі. Для зняття внутрішніх напружень деталі піддаються відпуску при температурі  $160\text{..}180^{\circ}\text{C}$ .

Мікроструктура цементованого шліца являє собою дрібнокристалічний мартенсит (рисунок 1) з рівномірно розподіленими карбідами і незначною кількістю остаточного аустеніту. Структура серцевини (рисунок 2) – маловуглецевого легованого мартенситу з невеликими ділянками троститу і фериту.

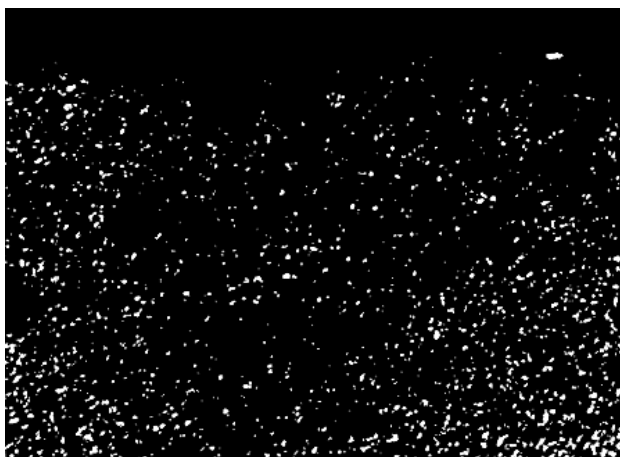


Рисунок 1 – Мікроструктура цементованого шару відновлених маточин

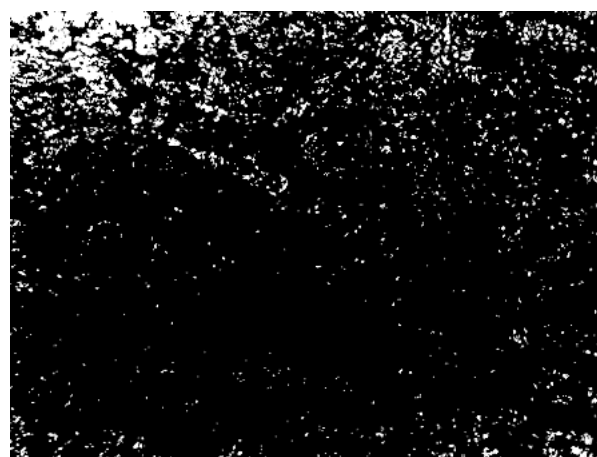


Рисунок 2 – Мікроструктура маточин серцевини шліців відновлених

Порівняльні дослідження мікроструктури цементованого шару і серцевини серійного і відновленого шліца показали істотну відмінність мартенситу за формою. Якщо для відновленої маточини зі сталі 25ХГТ має характерну дрібнокристалічну будову мартенситу, то серійна – голчасту, менш зносостійка.

Мікроструктура маточин зі сталі 40Х після гарту і відпуску представляє собою перліт з невеликими ділянками троститу.

В цілому у відновлених пропонованим способом маточин мікроструктура робочих зон більш дрібнозерниста при тих же складових структури, що і у серійних, відмінності, які проявляються лише за формою цих складових, вказують на кращі показники зносостійкості і міцності властивості шліців.

### Список джерел посилання

1. Будник А.Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць: навч. посіб. Суми: Вид-во СумДУ, 2008. 212 с.

2. Холявко В.В., Владимирський І.А. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів. Лабораторний практикум: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 116 с.



УДК 629.3.02

## АНАЛІЗ РОБОТИ ТА БРАКУВАЛЬНІ ОЗНАКИ МАТОЧИНИ МУФТИ ЗЧЕПЛЕННЯ

*Демус Д.О., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Дудник В.В., кандидат технічних наук, доцент  
Полтавський державний аграрний університет*

Муфта зчеплення здійснює передачу крутного моменту від маховика двигуна через вал муфти зчеплення до трансмісії [1]. Муфта має два ведені диски, які, у свою чергу, складаються з маточини, диска і фрикційних накладок. Диски з накладками і масло відбивними шайбами кріпляться до маточини за допомогою заклепок. При роботі двигуна шліцева передача муфти зчеплення забезпечує центрування деталей, що з'єднуються, точне направлення при їх осьовому переміщенні, за рахунок поверхні контакту передає значний крутний момент, працюючи при цьому на зминання і зріз, відчуваючи на собі деформацію крутіння. Внаслідок рівномірного розподілу навантаження на шліцах, забезпечується висока надійність при динамічних та реверсивних навантаженнях.

Ведені диски дефектують у зборі з антифрикційними накладками, маточиною, масло відбивними шайбами та іншими прикріпленими до них деталями [2].

Оглядом виявляють тріщини на дисках та фрикційних накладках, вм'ятини на масло відбивачах. Тріщини у дисках не допускаються. Простукуванням і похитуванням перевіряють щільність посадки заклепок фрикційних накладок, а також заглиблення головок заклепок в накладках. Щупом визначають щільність прилягання накладок, штангенциркулем вимірюють товщину дисків разом із накладками. Індикатором на пристрої перевіряють биття (короблення) дисків. При зносі вище допустимого фрикційні накладки переклепують або приклеюють. Для заміни маточини зрубують головки заклепок з боку фланця, вибивають заклепки та знімають диск [2].

Перевіряють непаралельність бічних граней шліців маточини щодо осі обертання і бічних граней шліців валу муфти зчеплення, що з'явилася в результаті зносу, що спричиняє утворенню перекосів у

фрикційній передачі, підвищеному зносу ведучого і натискного дисків. За гранично допустиму товщину шліців приймають таку, що забезпечує необхідну міцність шліців при заданому навантаженні, достатню жорсткість і опір зношуванню і деформації. Крім того, слід враховувати, що зменшення товщини шліців у результаті зношування призводить до виникнення вібрацій на валу трансмісії.

Таким чином, конструкція та умови роботи маточини муфти зчеплення ведуть до появи нерівномірного одностороннього зносу по товщині шліца та по торцях з порушенням їх симетричного розташування щодо один одного, зносу отворів під заклепки та деформації фланця.

Виникаючі в процесі зносу люфти викликають перекося осей деталей, що сполучаються, перевищують допустимі значення в межах 0,05-0,06 мм на 100 мм довжини. Збільшення кута перекося вище допустимого в 2-4° порушує гарантовану жорсткість сполучення і збільшує ймовірність небажаного контакту частин деталей, що обертаються, з нерухомими. Наявність значного крутного моменту, характеризує знос шліців по довжині. При тривалій експлуатації виникають і зростають у поєднанні ступиця-вал зазори, перекося, похибки просторового розташування елементів деталей, що значно перевищують допустимі.

В результаті аналізу конструкції та умов роботи маточок муфт зчеплення двигунів, СМД-14, СМД-64, КАМАЗ-740 встановлено, що:

- найбільш значний вплив на працездатність досліджуваного шліцевого з'єднання надають контактні напруження, що викликають знос шліца по товщині. Допустима товщина шліців маточок зазначена в дефектувальній відомості технічних вимог на капітальний ремонт двигуна;

- однією з бракувальних ознак шліців маточини є непаралельність їх бічних граней до осі обертання. Допустима непаралельність визначається, виходячи з граничної величини биття фрикційних накладок;

- фарбування і втомне руйнування шліца біля основи відбувається під дією згинальних напружень, що виникають від крутного моменту;

- заклепки, що зазнають впливу знакозмінних навантажень, сприяють механічному зношуванню отворів;



- розбіжність і перекис осей деталей, що сполучаються, викликає жолоблення фланця маточини.

Відповідно до виявлених закономірностей роботи і дефектного стану маточин пропонується в якості технології, що забезпечує підвищену контактну міцність деталі і здатність чинити опір значним згинальним і крутним напруженням, використовувати зміцнювальне та структурозберігаюче відновлення деталей з внутрішніми шліцами та фланцем з рівномірно розташованими отворами методом об'ємного пластичного деформування в штампі з роз'ємними напівматрицями.

### Список джерел посилання

1. Сідашенко О.І., Науменко О.А., Скобло Т.С., Тіхонов О.В. та інш.; за ред. Сідашенка О.І, за ред. Науменка О.А. Ремонт машин та обладнання: підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ: Агроосвіта, 2014, 665 с.
2. Сідашенко О.І., Науменко О.А., Поліський А.Я. Ремонт машин. Київ: Урожай, 1994, 210 с.

## РОЗРОБКА ПРИВІДНОЇ СТАНЦІЇ ЛАНЦЮГОВОГО (СКРЕБКОВОГО) ТРАНСПОРТЕРА З ПРИВОДОМ ІЗ ВИСОКИМ СЕРВІС-ФАКТОРОМ ТА ККД

*Діденко О.Ю., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Яхін С.В., кандидат технічних наук, доцент  
Полтавський державний аграрний університет*

Мета дослідження – розробити приводну станцію ланцюгового (скребкового) транспортера з приводом із високим сервіс-фактором та ККД.

Об'єкт дослідження – приводна станція ланцюгового (скребкового) транспортера.

Предметом дослідження – є конструкція приводної станції, що забезпечує високий сервіс-фактор та ККД приводу.

Методика та методи:

- Аналіз існуючих конструкцій.
- Формування вимог до приводної станції.
- Конструкторські розробки та розрахунки.

Актуальність теми «Розробка приводної станції ланцюгового

(скребкового) транспортера з приводом із високим сервіс-фактором та ККД» зумовлена кількома факторами:

- Ланцюгові (скребкові) транспортери є одним з найпоширеніших видів транспортних засобів в промисловості. Вони широко застосовуються в різних галузях, таких як гірничодобувна промисловість, виробництво, будівництво тощо.
- Надійність та ефективність роботи приводної станції є одними з найважливіших факторів, що впливають на ефективність роботи ланцюгового (скребкового) транспортера.
- Сучасні вимоги до приводних станцій ланцюгових (скребкових) транспортерів включають високий сервіс-фактор та ККД. Це дозволяє підвищити надійність та ефективність роботи транспортера, а також знизити витрати на його технічне обслуговування та ремонт.

При виборі напряму досліджень для розробки приводної станції ланцюгового (скребкового) транспортера з приводом із високим сервіс-фактором та ККД, взято до розгляду кілька ключових аспектів:

- Оптимізація системи приводу – дослідження різних конфігурацій та типів приводів для досягнення оптимальної потужності та ККД.
- Використання новітніх технологій проектування – дослідження можливостей використання передових матеріалів та технологій для зменшення втрат енергії та підвищення ККД.
- Аналіз впливу завантаження та тривалості роботи – визначення оптимальних параметрів приводної станції враховуючи фактичне завантаження та тривалість роботи.
- Ергономіка та сервісна зручність – дослідження аспектів ергономіки та сервісної зручності для спрощення обслуговування та ремонту приводної станції.

Сервіс-фактор (SF) – це параметр, який використовується для визначення інтенсивності та тривалості роботи приводної системи. Визначення сервіс-фактору є важливим для правильного вибору обладнання, так як він враховує умови експлуатації, які можуть відрізнятися в залежності від конкретного застосування. Він враховує фактичне навантаження та тривалість роботи системи порівняно із номінальним режимом. Зазвичай, виробники обладнання вказують сервіс-фактор для своїх продуктів, але можна також самостійно визначити його, аналізуючи конкретні умови експлуатації. Сервіс-фактор мотор-редуктора обчислюється емпірично (дослідним шляхом

за фактом експлуатації). У міру зношування механізму його запас міцності (і розмір показника) може змінюватися. Тому його розрахунок здійснюється періодично під час експлуатації редуктора, а результати розрахунків систематизуються і вносяться до зведених графіків, таблиць. Також сервіс-фактор, як показник, може характеризувати складність обслуговування конструкції. Чим вище сервіс-фактор, тим складніше і трудомісткіше обслуговування конструкції.

Високий коефіцієнт корисної дії (ККД) приводу дозволяє економити електроенергію, а також зменшити теплові втрати і шум.

Вибір приводу, зокрема мотора та редуктора, для приводної станції ланцюгового транспортера є ключовим етапом в проектуванні. Правильний вибір забезпечить ефективну та надійну роботу системи.

Для порівняння було обрано чотири варіанти мотор-редукторів та проведено порівняння їх технічних показників та обрано модель, яка має більший сервіс-фактор та навантажувальну здатність, а також конструкцію приєднувальних отворів, що відповідає особливостям проєктованого вузла транспортера.

Для прийнятого розміру редуктора та габаритів транспортувального коробу розроблено конструкцію приводного валу транспортеру за допомогою програмного додатку Autodesk Inventor використовуючи «Генератор компонентів» з урахуванням розмірів транспортувального короба транспортера, геометричних параметрів приводної зірочки для тягового ланцюга. Геометричні параметри приводного валу прийнято відповідно до параметрів вихідного валу приводу. У якості опор прийнято підшипникові вузли, що самоцентруються з варіантами кріплення у вигляді фланців.

При проєктуванні інших елементів приймалися найкращі конструктивні рішення існуючих ефективних моделей транспортерів. Реактивна тяга утримує мотор-редуктор від повертання під час роботи, яку запроєктовано аналогічно до існуючих аналогів.

Розроблена електронна модель приводної станції містить тривимірні параметричні моделі деталей, які можуть бути використані для підготовки технологічного процесу виробництва транспортеру та орієнтована на впровадження Індустрії 4.0. Під терміном Індустрії 4.0 розуміються як сам процес комп'ютеризованої підготовки виробництва, так і програмно-обчислювальні комплекси, використовувані інженерами-технологами.

В рамках розробки приводної станції ланцюгового транспортера велика увага приділялася не лише технічним аспектам, але й екологічному впливу запропонованої системи. Екологічна експертиза цього проєкту включала оцінку можливих впливів на природне середовище та визначення заходів для зменшення негативного впливу.

Розроблена приводна станція ланцюгового (скребкового) транспортера з приводом із високим сервіс-фактором та ККД має ряд переваг, зокрема:

- Підвищення надійності роботи транспортера. Це означає, що транспортер буде працювати безперебійно протягом більш тривалого періоду часу, що призведе до зниження витрат на технічне обслуговування та ремонт.

- Підвищення ефективності роботи транспортера. Це означає, що транспортер буде переміщувати вантажі з більшою швидкістю та продуктивністю, що призведе до підвищення ефективності виробництва.

- Зменшення витрат на технічне обслуговування та ремонт. Це пов'язано з тим, що приводна станція з високим сервіс-фактором та ККД менш схильна до поломок та вимагає менш частого технічного обслуговування.

- Збільшення терміну служби транспортера. Це пов'язано з тим, що приводна станція з високим сервіс-фактором та ККД працює в більш щадному режимі, що дозволяє їй прослужити довше.

Таким чином, розробка приводної станції ланцюгового (скребкового) транспортера з приводом із високим сервіс-фактором та ККД є актуальним завданням, що дозволяє підвищити надійність та ефективність роботи транспортера, а також знизити витрати на його технічне обслуговування та ремонт.

### Список джерел посилання

1. Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. Основи творення машин: підручник : Харків : Вид-во «НТМТ», 2020. 448с.

2. Budynas R. G. Shigley's mechanical engineering design. 9th ed. New York : McGraw-Hill, 2011. 1082 p.

3. Machinery's handbook / Erik Oberg et al. ; ed. by Laura Bregelman. 31st ed. South Norwalk, Connecticut, U.S.A. : Industrial Press, inc., 2020. 2979 p.

4. M. F. Ashby, Materials Selection in Mechanical Design, 3rd ed., Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, 2005.

## АДАПТАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ДО ВИНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ НЕРЕГЛАМЕНТОВАНИХ СИТУАЦІЙ

*Дрожжана О.У., старша викладачка  
Колесніченко І.А., старша викладачка  
Полтавський державний аграрний університет*

Рівень життя населення багато в чому залежить від стану та розвитку агропромислового комплексу. Споживчий ринок в більшості формується за рахунок продовольства і товарів, виготовлених із сільськогосподарської сировини. Харчові галузі – одна з головних ланок у структурі АПК – повинні забезпечувати стійке постачання населення необхідним, високоякісним продовольством.

Харчові виробництва, враховуючи специфіку та сучасне нормативно-правове регулювання їхньої діяльності, повинні гарантувати якість і безпеку готової продукції, відповідати вимогам промислової та екологічної безпеки, бути безпечними для обслуговуючого персоналу.

Важливу роль у забезпеченні якості та безпеки харчових виробництв, якості харчових продуктів, що випускаються, відіграє технологічна система, що являє собою сукупність функціонально взаємопов'язаних засобів технологічного оснащення (обладнання із системами контролю та регулювання), предметів виробництва (сировина і напівфабрикати) і виконавців для виконання заданих технологічних процесів [2].

Технологічна система зумовлює якість технологічних процесів, у результаті проведення яких формується більшість якісних характеристик продукції – органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні та інші хімічні, мікробіологічні та інші. Усі технологічні процеси, що впливають на якість продукції, повинні проводитися в контрольованих умовах. Найкращих результатів можна досягти, тільки володіючи вичерпними відомостями про можливості виробничих процесів і при наявності ефективної системи управління ними. В конструкції обладнання повинна бути передбачена можливість контролю якості проведення процесу та його регулювання. Якість продукції є одним із найважливіших,

об'єктивних критеріїв ефективності функціонування системи.

Під час функціонування технологічної системи можливе виникнення небезпечних нерегламентованих ситуацій, зумовлених відмовами або несправністю обладнання та засобів контролю і регулювання процесів, помилками обслуговуючого персоналу при завданні керуючих впливів і контролю якості проведення процесів, порушеннями під час технічного обслуговування та експлуатації обладнання, коливаннями якісних характеристик готової продукції [1].

Ці ситуації, навіть не спричиняючи порушення працездатності системи та переривання технологічних процесів, позначаються на якості продукції. Наприклад, можуть призвести до виходу параметрів процесів за регламентовані межі. При цьому можлива ситуація, коли якість продукції не відповідатиме висунутим до неї вимогам.

Іншим результатом несвоєчасної адаптації технологічної системи до виникнення нерегламентованих ситуацій під час її експлуатації може бути виникнення потенційної промислової небезпеки виробництва. До числа небезпечних виробничих об'єктів у харчовій промисловості відносять: борошномельні, круп'яні, комбікормові виробництва, склади зберігання сировини в хлібопекарській, макаронній, олійно-жировій галузях [1].

З вищесказаного випливає, що однією з найважливіших властивостей, що характеризують якість технологічних систем, є їхня здатність до адаптації в разі виникнення небезпечних нерегламентованих ситуацій у процесі функціонування. Ця властивість зумовлена досконалістю структури системи, зв'язків між її елементами і якістю самих елементів. Система має протистояти небезпечним порушенням, здатним спричинити погіршення якості продукції, що випускається, і підвищення промислової небезпеки виробництва. Для цього в ній мають бути передбачені різні організаційні та технічні заходи для запобігання таким ситуаціям. Тобто система має бути безпечною, зокрема і щодо якості продукції, що випускається. Проблема вдосконалення якості технологічних систем за різними аспектами їхньої безпеки на сьогодні є актуальною.

Безпека досягається вирішенням таких завдань: забезпечення вимог безпеки на стадії проектно-конструкторських робіт, якісне виготовлення і монтаж обладнання, розробка і суворе дотримання правил його експлуатації та технічного дотримання правил його експлуатації та технічного обслуговування, створення надійних автоматичних систем діагностики та захисту.

В якості показників безпеки технологічних систем можуть бути використані показники ризику: ризик випуску неякісної продукції при виникненні нерегламентованих ситуацій; ризик небезпечних порушень у процесі експлуатації технологічних систем, що призводять до виникнення передаварійних (потенційно небезпечних) та аварійних ситуацій (промислова безпека).

Отже, для характеристики здатності технологічної системи протистояти негативному впливу нерегламентованих факторів застосовуються кількісні показники ризику, що дають змогу проводити порівняльний аналіз можливості різних технологічних систем щодо забезпечення безпечного функціонування, що гарантує випуск високоякісної продукції; способів підвищення якості технологічної системи.

### Список джерел посилання

1. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі. Загальні вимоги: навч. посіб. Київ: Основа. 2011. 551 с.
2. Мезенцева І.О. Безпека виробничих процесів і устаткування: навч. посіб. Харків: НТУ ХПІ, 2022. 246 с.

УДК 631.363.21

## СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИСКОВОГО ПОДРІБНЮВАЧА ЗЕРНА

*Дудін В.Ю., кандидат технічних наук, доцент  
Білоус І.М., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

У структурі собівартості продукції тваринництва корми стоять на першому місці і становлять 60-70% витрат. Ефективність застосування концентрованих кормів залежить від якості їх підготовки, а саме однорідності подрібнення та відповідності фракційного складу зоотехнічним вимогам [1].

Серед всього розмаїття способів подрібнення та конструкційних рішень найбільшого поширення для подрібнення кормового зерна набули молоткові дробарки, які не в повній мірі відповідають вимогам енергозбереження [2], при тонкому помелі дають до 40% пилоподібної фракції, а при грубому – до 20% цілих і

недоподрібнених зерен. В той же час, у світі все більшого поширення набувають конструкції подрібнювачів зерна дискового типу. Такі конструкції відрізняються від молоткових нижчими питомими енерговитратами та вищою якістю готового продукту [3]. Тому подальші дослідження спрямовані на підвищення ефективності роботи дискових подрібнювачів є актуальними.

В зв'язку з цим, нами розроблено та реалізовано конструкцію стенду для проведення експериментальних досліджень дискового подрібнювача зерна (рисунок 1). Стенд складається із досліджуваного

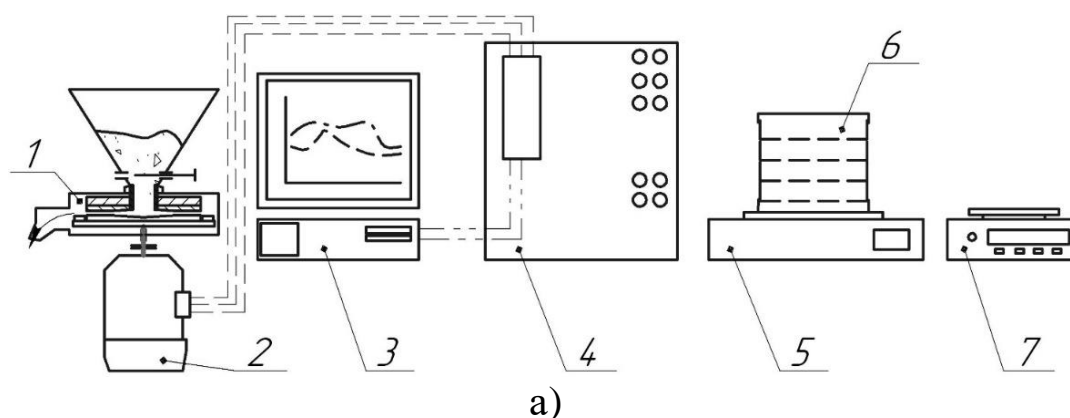


Рисунок 1 – Схема (а) та загальний вигляд стенду для проведення експериментальних досліджень дискового подрібнювача зерна:  
 1 – дисковий подрібнювач; 2 – електродвигун АОЛ2-21-2; 3 – ПЕОМ;  
 4 – стенд для керування асинхронними електродвигунами на основі частотного перетворювача Danfoss VLT Micro Drive FC 51;  
 5 – розсійник лабораторний РЛУ-1; 6 – набір сит;  
 7 – ваги лабораторні аналітичні JD-2200-2



дискового подрібнювача, з прямим приводом через пружну муфту від асинхронного електродвигуна АОЛ2-21-2, потужністю 1,1 кВт, номінальною частотою обертання 2860 хв<sup>-1</sup>. Керування електродвигуном здійснюється за допомогою стану для керування асинхронними електродвигунами на основі частотного перетворювача Danfoss VLT Micro Drive FC 51. Вказаний стан дозволяє задавати частоту обертання ротора електродвигуна в діапазоні 0...2860 хв<sup>-1</sup>. За допомогою ПЕОМ, на якому встановлено програмне забезпечення VLT® Motion Control Tool MCT 10, знімаються експлуатаційні характеристики електродвигуна (частота обертання та споживана потужність). Частотний перетворювач з'єднано з ПЕОМ за допомогою інтерфейсу RS-485.

Продуктивність подрібнювача визначається виходячи з часу, затрачуваного на подрібнення наважки, при цьому час подрібнення починає фіксуватися після виходу подрібнювача на сталий робочий режим. Для оцінки якості подрібнення використовується набір сит та розсійник лабораторний РЛУ-1, для відділення пилоподібної фракції застосовується сито з діаметром отворів 0,2 мм. Зважування залишків на ситах - за допомогою ваг лабораторних аналітичних JD-2200-2.

Встановлення необхідного ступеня подрібнення здійснюється шляхом зміни зазору між дисками, зазор контролюється за допомогою щупів УАТО (УТ-7220) через спеціальне вікно в робочій камері подрібнювача.

### Список джерел посилання

1. Вплив кормових добавок та комбикормів на продуктивність та якість м'яса у свиней: Монографія / Р.А. Чудак, Ю. М. Побережець, В. М. Ушаков, Я. І. Бабков. Видавець ФОП Рогальська І.О., 2021. 202 с.

2. Сердюк В.В., Руденко В.А., Соларьов О.О., Саржанов О.А., Саєнко А.В. Енергозбереження при подрібненні зерна. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. – Вип. 13, том 2.

3. Bavram M., Oner M. Bulgur milling using roller, double disc and vertical disc mills, Journal of Food Engineering, vol.79(1), 2014, pp.181-187.



УДК 006.83:667.6

## СТАНДАРТИЗАЦІЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ ТОВАРІВ

*Дудла І.О., доктор технічних наук, професор  
Руминський С.С., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Державний заклад «Луганський національний  
університет імені Тараса Шевченка»*

Серед товарів побутової хімії велику групу складають лакофарбові матеріали. Вони знаходять широке застосування в різноманітних галузях промисловості, у будівництві, на транспорті та у побуті.

Головним призначенням лакофарбових матеріалів є захист деревини, металу та інших матеріалів від руйнування. Лаки, фарби, та емалі після нанесення на металеві та дерев'яні поверхні висихають та утворюють тверді захисні плівки (покриття), які захищають вироби від руйнування і атмосферних впливів та подовжують термін їх служби. Також важливе значення лакофарбових матеріалів – це надання виробам гарного зовнішнього вигляду (декоративності).

Метою написання тез є аналіз стану стандартизації методів оцінки якості лакофарбових матеріалів.

Останнім часом в Україні суттєво зріс обсяг виробництва лакофарбових матеріалів та збільшення їх імпорту. Це надає виключної актуальності роботам з гармонізації українських та міжнародних стандартів.

Стандарти є ключовими етапами просування лакофарбових матеріалів як на внутрішньому, так і на міжнародному ринку, і відіграють провідну роль захисника виробника та споживача [1].

Розвинуті промислові країни мають власні національні стандарти, найбільш відомі з них американські (ASTM), німецькі (DIN), британські (BSI), шведські (SIS), французькі (AFNOR). Ці стандарти суттєво відрізняються один від одного як приладовим забезпеченням, так і сутністю визначення властивостей об'єктів. У зв'язку з цим, стандарти системи ДСТУ потрібно гармонізувати відносно міжнародних стандартів системи ІСО, що дозволяє усунути технічні бар'єри в торгівлі між різними країнами. При гармонізації стандартів з країнами – учасниками ІСО, встановлюють єдині вимоги до

показників якості, методів їх оцінки, способів транспортування і зберігання продукції.

Лакофарбові матеріали відносяться до технічного комітету (ТК) 35 “Лаки та Фарби”, який був заснований у 1947 році та об’єднуючий більше 60 держав Азії, Америки, Африки та Європи. ТК-35 має такі важливі підкомітети (ПК), як “Термінологія” (ПК-1), “Загальні методи випробування лаків та фарб” (ПК-9), “Методи випробування сполучних для лаків та фарб” (ПК-10), “Підготовка сталевих поверхнів перед нанесенням ЛФМ” (ПК-12). Як постає зі структури ПК-35, не існує жодного ПК, пов’язаного із стандартизацією самих лакофарбових матеріалів, як це має місце у практиці розробки ДСТУ. За кордоном прийнято, що показники та норми, які характеризують якість конкретної продукції, повинні бути відображені у контрактах та інших технічних документах, які оформляються між постачальником та покупцем матеріалу [1].

Участь у роботі ТК-35 відомих вчених та широка взаємодія із фахівцями суміжних з лакофарбовою галуззю у сполученні з чітко відпрацьованою процедурою погодження документів, дозволяє утворювати міжнародні стандарти, які враховують сучасні досягнення науки і техніки, з одного боку, та можливість застосування їх у країнах з різним ступенем використання досягнень науково-технічного прогресу – з іншого.

З діючих сьогодні міжнародних стандартів на частку методів випробування припадає більш 50%, пігментів і наповнювачів – більше 30%, визначення вмісту токсичних металів у лакофарбових матеріалах – 8%, термінів – 5%, підготування поверхні перед фарбуванням – 4%, решти тем – 3% [2].

У зв’язку з цим у першу чергу цікаво розглянути аспекти гармонізації українських та міжнародних стандартів, які торкаються методів випробування лакофарбових матеріалів та покриттів на їх основі. Методи випробування можуть бути умовно поділені на чотири основні групи у відповідності з оцінкою визначених властивостей: малярно-технічних характеристик, фізико-механічних параметрів, декоративних показників, захисних властивостей.

Як витікає з аналізу даних, методи оцінки малярно-технічних характеристик лакофарбових матеріалів відповідають міжнародним стандартам. Виключення складають лійки для визначення умовної в’язкості, прилади для утворення навантаження для покриття при визначенні ступеню висихання та компаратора для оцінювання

кольору. У той же час за кордоном достатньо широко використовуються стандарти та методи визначення розтікання фарб при нанесенні їх пензлем на поверхню великої площі (ISO 3172) та визначення швидкості розподілення фарби при нанесенні пензлем (ISO 7254), не потребуючі залучення ніяких приладів та апаратури. Однак і ці міжнародні стандарти не впроваджені в практику вітчизняної промисловості із-за відсутності національних стандартів, відповідних міжнародних стандартів [1].

Методи оцінки фізико-механічних параметрів ідентичні українським стандартам, за виключенням визначення стійкості покриття до стирання. Методи оцінки міцності, еластичності при згинанні на дискретних стрижнях на конусі, адгезії та міцності при розтягуванні гармонізовані з міжнародними стандартами. Враховуючі різницю у конструкції приладів, наприклад, при визначенні міцності плівок при ударі та інші, у протоколах випробувань та нормативно-технічної документації необхідно вказувати, на якому приладі проводилися випробування.

Слід відмітити, що в Україні при проведенні випробувань стандартною температурою та вологістю є  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$  та  $(65\pm 5)\%$  відповідно.

ISO 3270 встановлює стандартною температурою  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$  та  $(50\pm 5)\%$ . Тому при випробуванні покриттів необхідно вказувати умови його проведення, так як зміна температури й вологості істотно впливає на значення визначаємих показників [2].

Незважаючи на задовільну відповідність наявних стандартів на методи оцінки фізико-механічних властивостей, проблеми гармонізації методів залишаються невирішеними, так як міжнародні стандарти стандартизують ряд важливих показників, котрі не можуть бути сьогодні впроваджені із-за відсутності приладів.

Порівняльна оцінка стандартів на методи визначення декоративних властивостей, які використовуються в Україні та за кордоном, показує, що сутність методів ідентична. Однак, більшість використовуваних приладів та апаратури принципово відрізняється, що виключає можливість прямого порівняння отриманих результатів. Відсутність в Україні відповідних приладів не дає можливостей визначати блиск, колір та інтенсивність фарбування і відтінків білого кольору інструментальними методами, стандартизованими ISO 7724 та ISO 11958 відповідно [1].

Аналіз відповідності ДСТУ та міжнародних стандартів показує, що основною причиною перешкоджаючою проведенню робіт за їх гармонізацією є проблема з виробництвом вітчизняних приладів та апаратури, які відповідають сучасним вимогам, що характеризує стабільно високу якість і доступні ціни. Ця проблема є загальною для всіх виробників лакофарбових товарів і тому може бути вирішена тільки шляхом цілеспрямованого фінансування [1].

Фінансування цих робіт обґрунтовано тим, що гармонізація стандартів на методи випробувань з міжнародних стандартів ІСО не є самоціллю, а пов'язано з необхідністю отримання достовірної оцінки властивостей вітчизняних лакофарбових матеріалів для їх порівняння з імпортними матеріалами, нормувань цих показників у нормативній документації на конкретний матеріал.

Гармонізація стандартів потребує дострокової роботи не тільки стандартизаторів але й виробників лакофарбових матеріалів, метрологів та приладобудівників, так як це зумовлює рішення наступних задач:

- детальний аналіз вітчизняних стандартів та стандартів ІСО для виявлення відміни;

- визначення послідовності гармонізації конкретного ДСТУ за стандартом ІСО;

- безпосереднє проведення роботи по гармонізації вітчизняного стандарту з стандартом ІСО, включаючи апробацію методів, набір статистичних даних розробником, оформлення результатів та узгодження з різними організаціями;

- обладнання випробувальних лабораторій приладами, які відповідають вимогам ІСО;

- навчання фахівців лабораторним роботам на відповідному обладнанні;

- виконання метрологічного контролю за випробувальним обладнанням.

Враховуючі реальні умови вітчизняної промисловості в кожному стандарті на перехідний період, необхідно передбачити можливість визначення показнику за двома методами. В залежності від типу лакофарбового матеріалу та чисельності виробників тривалість перехідного періоду може бути різною.

При проведенні гармонізації вітчизняних стандартів необхідно враховувати, що у системі ІСО ТК-35 “Лаки і фарби” постійно йде перегляд стандартів.

Паралельно з гармонізацією стандартів на методи випробувань повинна проводитись гармонізація стандартів на типи підложок, підготовку фарбувальної поверхні, процеси сушки покриттів та умови проведення випробувань.

Не менш важливою, але суттєво більш трудомісткою проблемою є забезпечення випробувачів стандартизованими підложками для підготування зразків до випробувань. Якість підложок для випробування, відповідність їх матеріалу вимогам нормативної документації, умови зберігання підготованих пластин, нанесення та сушка матеріалу – це такі методичні складові, які часто випадають з поля зору спеціалістів на місцях.

Потрібно відмітити, що необхідність активізувати діяльність вітчизняних Технічних комітетів, які за останні роки практично не розробили жодного нового стандарту на методи випробувань. Роботи по гармонізації вітчизняних стандартів зі стандартами ІСО потрібно прискорити і проводити технічних контроль із залученням висококваліфікованих фахівців у тісному співробітництві з метрологічними службами. Крім того, повинні бути вирішені з Держстандартом питання використання зарубіжного обладнання та приладів.

Тільки послідовне і комплексне рішення складної проблеми гармонізації дозволить взаємопов'язати систему ДСТУ та методи випробувань лакофарбових матеріалів міжнародних стандартів системи ІСО [1].

### Список джерел посилання

1. Кіріл'єва А.В. Аналіз ринку лакофарбових матеріалів на міжнародному та національному рівні у сфері промислового сектору економіки//Вісник Сумського державного університету. Серія Економіка.2021 № 4. С. 167-173.

2. Лакофарбові матеріали // Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. Львів, 2010. С. 116.



УДК 621.793

## ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДНОВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

*Захаров А.В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Державний біотехнологічний університет, м. Харків  
Сайчук О.В., доктор технічних наук, професор  
Харківський державний професійно-педагогічний  
фаховий коледж імені В.І. Вернадського*

Основна складова витрат на ремонт і технічне обслуговування припадає на придбання запасних частин. Вона досягає у собівартості ремонту 70% і більше. У сучасних сільськогосподарських машинах понад 85% деталей стають непрацездатними і потребують заміни через знос, що не перевищує 0,2...0,3 мм. І якщо компенсувати цей знос, деталі будуть придатними для подальшої роботи. З економічної точки зору відновлення зношеної деталі – це відновлення її ресурсу, як правило, часткове, але за нижчих витрат. Відновлення деталей дає змогу значно знизити собівартість ремонту, скоротити дефіцит запасних частин, економити метал та інші матеріальні ресурси [1]. Незважаючи на меншу вартість відновленої деталі порівняно з новою, їх застосування обмежене, оскільки їхні показники надійності, як правило, нижчі. Тому питання про доцільність застосування відновлених деталей потребує техніко-економічного обґрунтування. Відомі методи оцінки техніко-економічних показників відновлення деталей зводяться, як правило, до порівняння їхніх середніх ресурсів із середніми ресурсами нових деталей і відповідних витрат та цін, але не враховують імовірнісного характеру відмов деталей. Застосування деталей із прийнятним середнім ресурсом, але невисокою його стабільністю, не завжди виправдане, і в цьому питанні потрібні спеціальні дослідження [2]. Завдання про доцільність застосування відновлених деталей видається можливим вирішити з урахуванням імовірнісної схеми появи відмов деталей (рисунки 1).

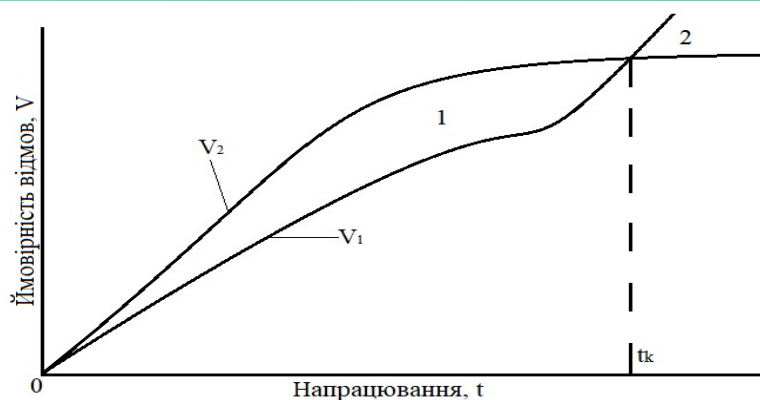


Рисунок 1 – Схема зміни ймовірностей відмов двох деталей, що мають різні коефіцієнтиваріації ( $V$ ) залежно від напрацювання:  
 $V_1$  – нова деталь;  $V_2$  – відновлена деталь

Наведений рисунок показує, що ймовірності відмов нової та відновленої деталей мають дві виражені зони: перша від нуля до напрацювання  $t_k$ , за якої ймовірності їхніх відмов рівні, а до неї - нижча ймовірність відмов характерна для нової деталі: після  $t_k$  (зона 2) нижче значення ймовірності відмови при фіксованому напрацюванні характерне для відновленої деталі. Таким чином, правомірним є висновок про те, що після напрацювання  $t_k$  доцільніше використовувати відновлену деталь. Під час планування витрат на ремонт є вибір між застосуванням нових і відновлених деталей. Потрібно оцінити й порівняти витрати в разі використання нових і відновлених деталей. Техніко-економічна доцільність використання відновлених деталей замість нових визначається залежністю [3, 4]:

$$S_v \leq S_n \quad (1)$$

де  $S_v$  – витрати, пов'язані з використанням відновлених деталей;

$S_n$  – витрати при використанні нової деталі.

З огляду на ймовірнісний характер відмов можна записати:

$$S_n = C_n + C_n + 3_n(t) T_n \Pi = C_n [1 + P_n(t)] T_n \Pi \quad (2)$$

де  $C_n$  – ціна нової деталі;

$P_n(t)$  – ймовірність відмови нової деталі;

$T_n$  – тривалість простою машини при відмові нової деталі;

$\Pi$  – збиток за годину простою.

Витрати, пов'язані з технологічним процесом відновлення зношеної деталі, включають три основні складові – підготовку зношеної поверхні до відновлення, що включає зняття дефектного шару шліфуванням, або проточуванням, оброблення тріщин, видалення корозії тощо. Нанесення покриття, яке вимагає витрати матеріалу (електроди, дріт, порошки, стрічка та ін.) і електричної



енергії, споживаної установкою для нанесення покриття; обробку відновленої поверхні після нанесення покриття, виконання якої пов'язане з витратою енергії на привідверстата (токарного, шліфувального, або фрезерного), зносом інструменту.

Виконання всіх трьох перерахованих операцій, крім того, передбачає оплату праці робітників і амортизацію устаткування, втрати, пов'язані з браком, при виконанні операцій слід враховувати також цехові та загальнозаводські витрати. Точний облік усіх цих витрат ускладнений і може мати відмінності на різних підприємствах за одними й тими самими статтями. Тому для оціночних розрахунків може бути застосований метод, який полягає в тому, що визначають лише витрати за основною технологічною операцією, якою стосовно до відновлення деталей є нанесення покриття на зношену поверхню. За цією операцією складові витрат можуть бути визначені точніше, інші, перераховані вище витрати можна врахувати коефіцієнтом, який перебуває в межах 2,0...2,5.

$$S_{\varepsilon} = C_{\varepsilon} + C_{\varepsilon} + 3_{\varepsilon}(t) T_{\varepsilon} \Pi = C_{\varepsilon} [1 + P_{\varepsilon}(t)] T_{\varepsilon} \Pi, T_{\varepsilon} = T_{\varepsilon} \quad (3)$$

де  $C_{\varepsilon}$  – ціна відновленої деталі;

$P_{\varepsilon}$  – імовірність відмови відновленої деталі;

$T_{\varepsilon}$  – тривалість простою машини при відмові відновленої деталі;

$\Pi$  – збиток за годину простою.

Формулу (1) з урахуванням (2) і (3) можна представити таким чином: витрати під час ремонту з використанням відновлених деталей мають бути більшими за витрати з використанням нових деталей. Умова доцільності застосування відновлених деталей можна виразити коефіцієнтом доцільності застосування відновлених деталей  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{C_{\varepsilon} [1 + P_{\varepsilon}(t)] T_{\varepsilon} \Pi}{C_{\varepsilon} [1 + P_{\varepsilon}(t)] T_{\varepsilon} \Pi} \geq 1 \quad (4)$$

Тривалість простою за наявності як нової, так і відновленої деталей складається з часу усунення відмови, післяремонтної перевірки, обкатки і мають однакову тривалість в обох випадках. Оптимально (4) можна представити як:

$$\alpha \geq \frac{C_{\varepsilon} [1 + P_{\varepsilon}(t)]}{C_{\varepsilon} [1 + P_{\varepsilon}(t)]} \geq 1 \quad (5)$$

Допустимою умовою для застосування відновлених деталей буде  $\alpha = 1$ .

Під час практичного використання (5) необхідно врахувати, що можуть виникнути такі ситуації, коли співвідношення цін відновленої та нової деталей і зміна показників надійності деталі внаслідок відновлення можуть скласти таким чином, що фактично використовувати такі деталі буде економічно вигідно за

неприйняттого значення  $\alpha$ . Тому необхідно визначити межу зміни цін і показників надійності деталей порівняно з аналогічними показниками нових деталей. Якщо ж розглядати доцільність використання відновлених деталей у заданому інтервалі напрацювання, то великий вплив на вартість експлуатації матимуть тривалості простоїв, викликані відмовами. Для визначення доцільності використання відновлених деталей замість нових використано залежність (5). Як вихідні дані про ціни, середні ресурси та їх стабільності відновлених і нових деталей визначальної номенклатури використано результати роботи; при цьому ціну на однойменні деталі різних машин визначено як середньозважену від сформованих комерційних цін. Середні значення ресурсів нових і відновлених деталей і коефіцієнти їхньої варіації вибирали, виходячи з даних і результатів (6).

Значення ймовірностей відмови розраховано для закону розподілу випадкових величин Вейбула, що узгоджується з коефіцієнтом варіації, меншим за 0,33 та експоненціальним – за коефіцієнта варіації, що дорівнює одиниці.

$$P(t) = 1 - e - \left(\frac{1}{a}\right)^b, \quad (6)$$

де  $P(t)$  – імовірність відмови деталі при напрацюванні  $t$ ;  $a$  і  $b$  – параметри масштабу і форми розподілу Вейбула. Імовірності  $P_H(t)$  і  $P_e(t)$  повинні відрізнятися за рахунок більших значень параметра  $b$  для нових деталей.

### Список джерел посилання

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник. / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло, О.В. Тіхонов та ін.; За ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – 2-е вид. перероб. доп. Харків : «Міськдрук», 2014. 742с.
2. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. Київ : «Агро-освіта», 2015. 679 с.
3. Практикум з економіки підприємств технічного сервісу: навчальний посіб. для студентів закл. вищ. освіти / Н.М. Колпаченко. Ю.А. Сайчук, І.В. Луценко, В.М. Романченко, В.К. Аветісян, В.А. Бантковський, В.Л. Маніло. Харків : Діса плюс, 2021. 252 с.
4. Економіка підприємства: навчальний посіб. для студентів закл. вищ. освіти / Н.М. Колпаченко, Ю.А. Сайчук, В.К. Аветісян, В.А. Бантковський, В.Л. Маніло. Харків : Діса плюс, 2019. 277 с.

УДК 624.072.32

## МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ УНІВЕРСАЛЬНИХ АРКОВИХ СЕКЦІЙНИХ АНГАРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Зданевич С.В., кандидат технічних наук, доцент  
Погребняк Р.П., кандидат технічних наук, доцент  
Гурідова В.О., старша викладачка*

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

**Постановка проблеми.** В сучасних умовах сільськогосподарського виробництва широкого розповсюдження набули аркові секційні ангари з тентовим ПВХ покриттям. Аркові секційні ангари використовують для складських та виробничих приміщень, для стоянки і обслуговування різної техніки та багато чого іншого. Але при проектуванні виникають задачі раціонального вибору елементів несучої конструкції (НК) ангара, кількості арок та інші питання які пов'язані не тільки з геометричними розмірами та масою конструкції, а також з зовнішнім впливом на поверхню ангара.

Складання розрахункових схем та оцінка параметрів пружної системи НК аркових ангарів набуває актуальності також з урахуванням великої кількості можливих конструктивних рішень конструкцій арок та їх закріплення на фундаменті.

### **Обґрунтовані результати досліджень.**

Для розрахунків НК аркових ангарів на підставі ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження та впливи» [1] були враховані та прийняті вихідні дані:

1) Розподілена маса трубчастих елементів металоконструкції та покриття тенту (матеріал FRU88X-6, маса 0,505 кг/м<sup>2</sup>).

2) Швидкість вітру 27 м/с на висоті 10 м, що відповідає швидкісному тиску 450 Па (III вітровий район). Відповідає максимальному навантаженню на території України.

3) Спільний вплив снігового навантаження та зледеніння (рисунки 1) прийнято можливим із сумарним питомим навантаженням - 500 Па (I сніговий район).

4) Спільний вплив вітрового навантаження, снігового навантаження та зледеніння прийнято неможливим.

5) За вказаних екстремальних умов експлуатації для трубчастих елементів прийнятий запас статичної міцності 1,26 та для стиснутих трубчастих елементів прийнятий запас стійкості 1,8.

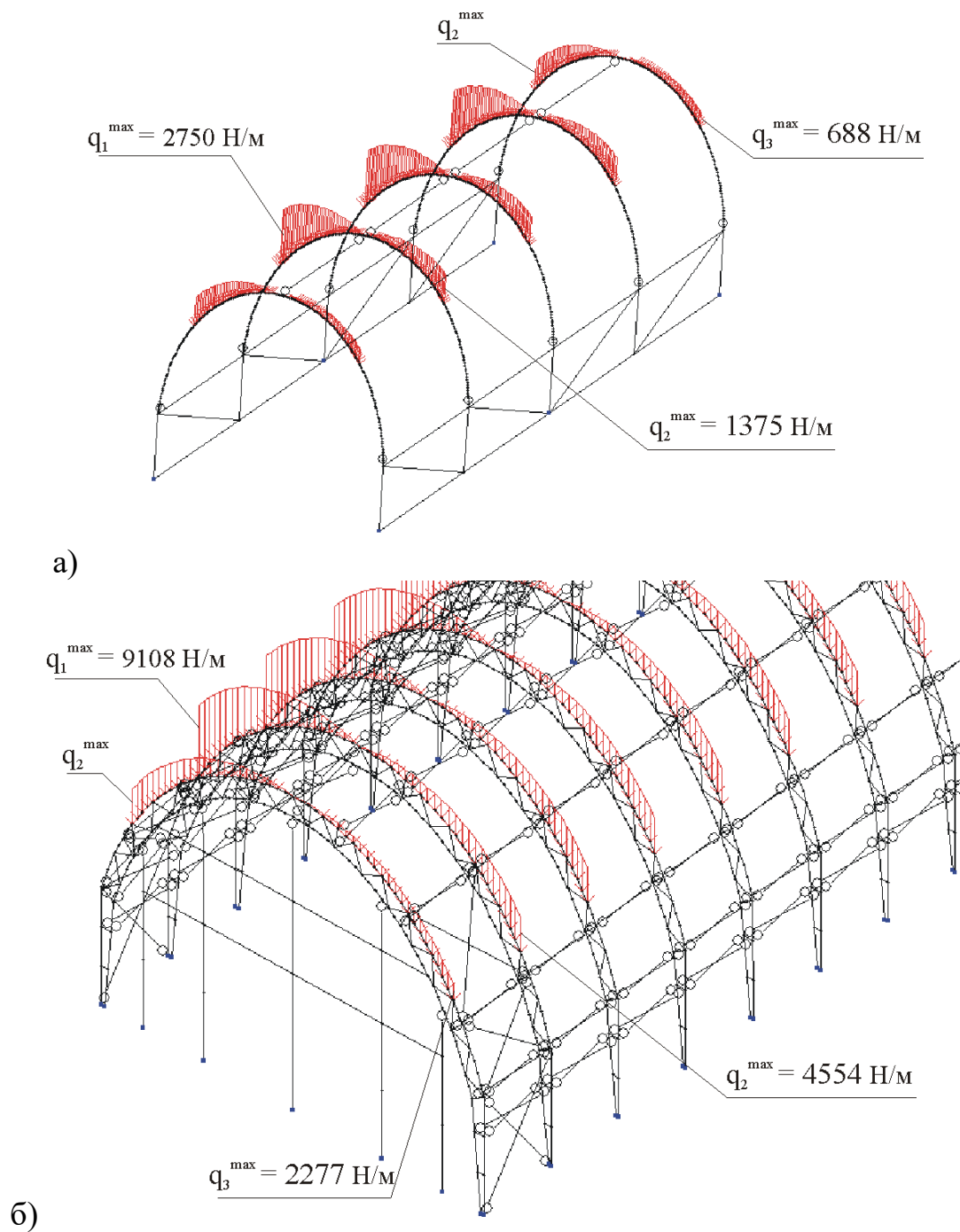


Рисунок 1 – Розрахункова схема снігового навантаження за ДБН В.1.2-2:2006 для ангару: а) 6х10х4,21 м; б) 17х32,2х9,231 м

Проведено моделювання поздовжньої та поперечної навантаженості пружних систем несучих конструкцій ангарів для заданих зон вітрових та снігових навантажень [1].

Виконано моделювання поздовжньої та поперечної навантаженості пружних систем несучих конструкцій ангарів з оцінкою міцності та стійкості елементів ферм; розроблено рекомендацій щодо призначення раціональної кількості арок та секцій ферм за зонами вітрових та снігових навантажень, сортаменту та матеріалів елементів, вузлів сполучення секцій арок.

Запропоновано несучу конструкцію ангарних воріт з дезаксіальним кривошипно-повзунним механізмом приводу відкривання-закривання у двох технічних рішеннях – з вантажним та пружинним зрівноважуванням. Рекомендації та технічні рішення розроблені на підставі аналітичних розрахунків та комп'ютерного моделювання навантаженості елементів металоконструкцій ангарних воріт.

Створення параметричної кінцево-елементної моделі НК ангара і ангарних воріт та подальші розрахунки виконувалися в багатофункціональному програмному комплексі для розрахунку, дослідження та проектування конструкцій різного призначення «ЛІРА-САПР» (<https://www.liraland.ua>) [2].

**Висновки.** Рекомендації та технічні рішення розроблені на підставі аналітичних розрахунків та комп'ютерного моделювання навантаженості елементів металоконструкцій ангарів. Розроблено рекомендації щодо призначення сортаменту та кількості арок, вузлів сполучення секцій арок та опор.

Розроблено нову конструкцію ангарних воріт на основі дезаксіального кривошипно-повзунного механізму. Виконано синтез та кінематичний аналіз механізму складання - розкладання воріт за двома заданими положеннями. Проведено силовий розрахунок та виконано оцінку навантаженості важільної системи приводу воріт з вантажним та пружинним зрівноважуванням.

В результаті комп'ютерного моделювання отримані кількісні показники навантаженості трубчастих елементів металоконструкції ангарних воріт у режимі відкривання-закривання та у режимі впливу вітрового навантаження на зачинені ворота.

### Список джерел посилання

1. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – Чинні від 2007-01-01. Київ : Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського, 2006. 75 с.

2. Основи комп'ютерного моделювання: навч. посібник / М.С. Барабаш, П.М. Кір'язєв, О.І. Лапенко, М.А. Ромашкіна. Київ : НАУ, 2019. 492 с.

УДК 621.7.017.45:539.45

## ОБГРУНТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КРИТЕРІЮ РУЙНУВАННЯ ГУМОВИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ АБРАЗИВНО- ВТОМНОГО ЗНОШУВАННЯ

*Калганков Є.В., старший викладач*

*Черній О.А., старший викладач*

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Сучасні можливості експерименту дають змогу виокремити здебільшого адгезійну складову зносу, що зумовлена розривом "молекулярних агрегатів" гуми, які перебувають у контакті з контртілом. Нижче буде використовуватися термін "агрегат гуми", який більше підходить для процесу макроруйнування під час абразивного зносу гумових деталей [1].

Згідно з термофлуктуаційною концепцією міцності, елементарний акт руйнування відбувається через "накачування енергії з довкілля у флуктуацію густини, що руйнується - дилатон". Така дилатонна модель з єдиних позицій задовільно пояснює і в'язке руйнування гум, і крихке руйнування металів. Є ще один важливий аспект цієї моделі: вона з позицій фундаментальної теорії міцності підтверджує міцнісну природу зносостійкості конструкційних матеріалів, у нашому випадку гум, що цілком виправдовує застосування в цій роботі енергетичної концепції абразивного зносу.

У разі відриву агрегату гуми від матриці, припустимо, що функція релаксації гуми  $r(t)$  відома (тобто відомі механічні параметри

гуми) і між гумовим покриттям і контртілом існує однорідний відносний рух, здебільшого з постійною та обмеженою малими величинами швидкістю -  $V$ , то, використовуючи інтеграл Больцмана, можна одержати рівняння сили зв'язку для елементарного агрегату гуми і потім визначити силу тертя (знос) як середнє значення сил зв'язку [2].

Нехай  $n$  - загальне число агрегатів, що піддаються дії сил зв'язку поблизу поверхні контакту;  $n_0$  і  $n_1$  - кількість агрегатів відповідно в зв'язаному і вільному (тобто після розриву) стані;  $t_0$  і  $t_1$  - час, протягом якого агрегат перебуває відповідно в зв'язаному і вільному стані; ці величини пов'язані статистичними співвідношеннями.

$$\frac{n_0}{t_0} = \frac{n_1}{t_1} = \frac{n}{t_0 + t_1} \quad (1)$$

Припущення, що час, протягом якого агрегат перебуває у вільному стані, пропорційний часу релаксації  $\tau$  агрегату,

$$t_1 = a\tau, \quad (2)$$

де  $a$  – деяка постійна, буде справедливим, якщо прийняти, що час, необхідний для досягнення агрегатом відомого динамічного рівня, пропорційний  $\tau$ , а зсув при цьому буде пропорційний швидкості  $V$ .

З урахуванням наведених припущень, силу зв'язку  $f(t)$  агрегатів визначимо, користуючись інтегралом Больцмана

$$f(t) = V \int_0^t r(t-t') dt' \quad (3)$$

Динамічну межу зв'язку  $f_0$  одного агрегату гуми можна визначити експериментально, виходячи з величини тертя за швидкостей, близьких до швидкості за нульового ковзання (наприклад, за умови застосування мастила), з виразу

$$f_0 = \frac{2F(0)}{n_0}, \quad (4)$$

де  $F(0)$  – сила тертя за нульового ковзання.

Припускаючи, що зв'язок між агрегатами гуми зникає, коли сила досягає величини  $f_0$ , рівняння (3) можна записати у вигляді

$$f(t_0) = f_0 \quad (5)$$

У цьому разі загальна сила тертя як середнє значення сил зв'язку агрегатів, що перебувають у контакті з контртілом, буде

$$F = \frac{n_0}{t_0} \int_0^{t_0} f(t) dt \quad (6)$$

Припустимо [3], що гума характеризується функцією релаксації виду

$$r(t) = E_0 (1 - be^{-t/\tau}) \quad (7)$$

де  $E_0$  – модуль пружності гуми;

$\tau$  – час релаксації;

$b$  – деяка постійна;

$t$  – поточний час.

Елементарну силу зв'язку кожного агрегату визначаємо за заданого вигляду релаксаційної функції (1) з виразу

$$f(t) = vtE_0 + \tau vbE_0 - vbE_0 \tau e^{-t/\tau} \quad (8)$$

Вводячи позначення

$$L = v \cdot \tau \text{ та } \alpha = \frac{t}{\tau} \quad (9)$$

де  $L$  – довжина релаксації агрегату молекул матеріалу;

$\tau$  – час релаксації.

Залежність (8) матиме вигляд

$$f(t) = LE_0 [\alpha + b(1 - e^{-\alpha})] \quad (10)$$

Величини  $\tau$  і  $L$  (за порядком значень) збігаються: довжина релаксації  $L$  – із середньою довжиною вільного пробігу агрегатів гуми, а час релаксації  $\tau$  – із середнім часом їхнього вільного пробігу.

З урахуванням прийнятих позначень (9), з умов (5)

$$f_0 = f(t - t_0) = E_0 L [\alpha_0 + b(1 - e^{-\alpha_0})] \quad (11)$$

і користуючись рівнянням вищого порядку

$$L = \frac{f_0}{E_0} [\alpha_0 + b(1 - e^{-\alpha_0})]^{-1} \quad (12)$$

можна визначити  $t_0$  (а також  $\alpha_0$ ).

Сила тертя  $F$ , як загальна сила, визначиться усередненням сил зв'язку агрегатів гум за формулою

$$F = \frac{n_0}{t_0} \int_0^{t_0} f(t) dt \quad (13)$$

З урахуванням (1)

$$F = \frac{nE_0L}{\alpha_0 + a} \left[ \frac{\alpha_0^2}{2} + b(\alpha_0 + e^{-\alpha_0} - 1) \right] \quad (14)$$



При дослідженні зміни адгезійної складової тертя залежно від швидкості ковзання  $F(L)$ , достатньо виключити  $\alpha_0$  спільне розв'язування рівнянь (12) і (14) і дослідити одержувані таким чином результати. З урахуванням викладеного можна стверджувати таке: енергетичний  $\psi$  - критерій руйнування гуми, який постулює, що розрив зв'язку агрегату з матрицею відбувається, коли енергія, накопичена агрегатом під час спрацьовування гуми, досягає певного критичного значення  $U_0$ , визначає величину  $t_0$  згідно з рівнянням

$$U_0 = V \int_0^{t_0} f(t) dt \quad (15)$$

або з урахуванням (6), (9)

$$U_0 = \frac{V t_0 F}{n_0} \quad (16)$$

Таким чином, для наповнених гум, які використовують як захисні покриття у машинобудуванні, за абразивно-втомного механізму зносу визначення енергії руйнування доцільно проводити за формулою (16) за відомої релаксаційної кривої та експериментально знайдених параметрів зносу модельних зразків.

### Список джерел посилання

1. Bulat, A. F., Dyrda, V. I., & Kalhankov, Y. V. (2018). Synergetic model of the wave abrasive fatigue wear of rubber lining in the ball tube mills. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), 39–47. Режим доступу: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/1033>
2. Калганков Є. В. Особливості фрактального аналізу поверхні руйнування гумових футерівок, що працюють в умовах абразивно-втомного зносу / Є. В. Калганков. // *Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць*. Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. 2017. №133. С. 66–74.
3. Dyrda, V.I., Agal'tsov, G.N., Novikova, A.V. (et al.) "Determination of physical and mechanical properties of the filled rubber", *Geo-Technical Mechanics*, no. 116, pp. 158-173.



УДК 621.793.7

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ЛОКАЛЬНОГО ДИFUЗІЙНОГО ПОКРИТТЯ РІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

*Клочко О.Ю., доктор технічних наук, професор  
Дерябкіна Є.С., кандидат технічних наук, доцент  
Гринько О.А., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Державний біотехнологічний університет*

Підвищення якості виробів, що випускаються, можна досягти шляхом забезпечення певних експлуатаційних властивостей, які залежать як від стану структури матеріалу, так і від параметрів стану поверхневого шару деталі. У процесі різання відбувається взаємодія інструменту з матеріалом оброблюваної деталі, що супроводжується складним комплексом фізико-хімічних явищ, а саме поверхневий шар піддається пружнопластичному деформуванню [1, 2].

При механічній обробці відбувається деформація, яка призводить до збільшення дефектів у кристалічній ґратці металу, викликаючи як зміцнення, так і для руйнування. Відомо, що інтенсивність деформації залежить від швидкості механічної обробки, а також від внутрішніх напружень, інтенсивності та температури [3]. Механізм формування поверхневих шарів при зміцнювальній обробці з нанесенням покриття пов'язаний з дифузією матеріалу покриття в поверхню. Для зниження внутрішнього напруження сформованого в зоні обробці між обробним та інструментальним матеріалами віддають перевагу тонкому покриттю, що підвищує працездатність інструменту завдяки твердій структурі через модифікування легуючими елементами (такими, як Cr, W, V, Mo, Co) з малою дифузійною рухливістю при температурі, що має місце в процесі різання [4, 5]. Для компенсації негативних контактних процесів, що виникають при експлуатації ріжучого інструменту, необхідно мінімізувати вплив факторів, котрі можуть призводити до передчасного руйнування покриття. Це можливо досягти шляхом нанесення нерівномірного (локального) покриття, тобто за рахунок дифузійного сітчастого тонкого шару. Така структура покриття здатна перешкоджати поширенню тріщин, знижувати концентрацію напружень на межі покриття з інструментальним матеріалом.

Відповідно до цього, було проведено дослідження макроструктури та хімічного складу поверхні зразка з швидкорізальної сталі Р6М5К5 після нанесення відповідного локального дифузійного покриття. Дослідження проводили за допомогою SEM мікроскопії та EDX аналізу. На рисунку 1 показана спектральна структура покриття швидкорізальної сталі, а результат хімічного аналізу вмісту елементів локального дифузійного покриття в областях зразка (без покриття спектр 1 і з локальним дифузійним покриттям спектр 2) представлено в таблиці 1.

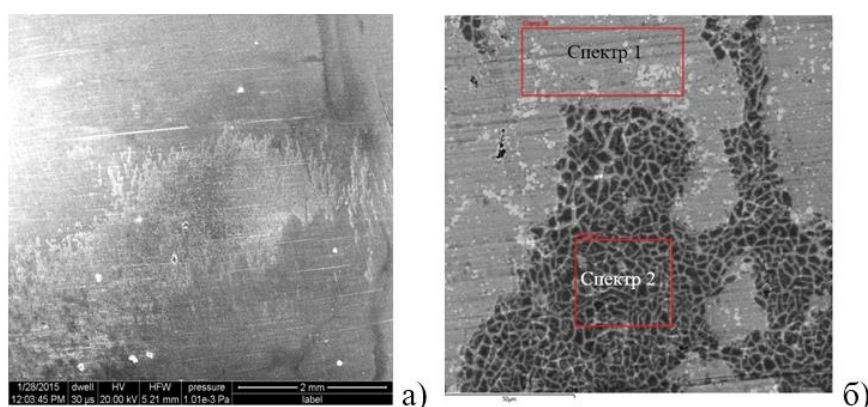


Рисунок 1 – Макроструктура поверхні зразка після нанесення локального дифузійного покриття: а)  $\times 300$ , б)  $\times 500$

Таблиця 1 – Хімічний аналіз локального дифузійного покриття

Область аналізу	Вміст хімічних елементів, %					
	O	V	Cr	Fe	Mo	W
Спектр 1	0	3.84	4.62	73.75	7.52	10.27
Спектр 2	10.41	3.74	4.06	67.67	5.96	8.16

**Висновки.** За результатами EDX аналізу встановлено, що у покритті присутні такі хімічні елементи: Fe, Cr, W, V, Mo, Co, O, C. Виявлено суттєве зменшення вмісту Fe у покритті: у верхньому шарі покриття приблизно на 7% менше, ніж у приповерхневому шарі, тоді як кисень присутній тільки в поверхневому шарі покриття. Можна припустити, що зменшення вмісту Fe у поверхневому шарі обумовлено протіканням процесу окислення та утворення оксидів  $Fe_xO_y$ . Мікрорентгеноспектральний аналіз, що проводився на сканувальному електронному мікроскопі, показав, що покриття, отримане дифузійним способом, має полікристалічну структуру, при цьому розмір зерна становить приблизно 4 мкм.

### Список джерел посилання

1. Виробництво та застосування прокатних валків. Довідник: за ред. проф. Скобло Т.С. /Т.С. Скобло, О.І. Сідашенко, Н.М. Александрова, Є.Л. Белкін, В.М. Власовець, О.Ю. Клочко, О.Д. Мартиненко // Харків: ЦД №1, 2013. - 572с.
2. Підвищення надійності деталей гірських машин шляхом поверхневого зміцнення / В.В. Загора, В.Ф. Ганкевич, А.Г. Лисняк // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. - Дніпро: ІГТМ НАНУ, 2016. - Вип. 131. - С. 75-82.
3. Є.С. Дерябкіна. Аналіз впливу механічної обробки на залишкові напруження у газотермічних відновлюючих покриттях. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Технічний прогрес в АПВ». Харків, ДБТУ, 2023, С.266-267.
4. S.P. Romaniuk, M.S. Bilinska, A.V. Taran, O.Yu. Klochko, et al. Non-Destructive Control of PVD Coating Surface Defects. Problems of Atomic Science and Technology. 2022. №6(142). Series: Plasma Physics (27), p. 139-142. <https://doi.org/10.46813/2022-142-139>
5. Skoblo, T.S., Klochko, O.Yu., Avtukhov, A.K., et al. Strengthening Thin Walled Knives with Nitrogen Plasma. Engineering Technologies and Systems. 2021; 31(1):56-79. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202101.056-079>

УДК 631.3

### ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ ГОСПОДАРСТВА В ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНАХ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

*Ковтун В.П., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Дудник В.В., кандидат технічних наук, доцент  
Полтавський державний аграрний університет*

Принцип визначення потреби комплексу зернозбиральних комбайнів сільськогосподарського підприємства ґрунтується на закономірностях зміни показників надійності впродовж терміну служби комбайна [1]. Враховуючи склад парку різних марок та неоднаковий термін служби машин в ньому, необхідно визначити, який об'єм площ парк може прибрати без порушення агротехнічних

термінів. З цією метою для визначення потреби забезпеченості господарства зернозбиральною технікою з урахуванням її зносу ми пропонуємо ввести поняття «Прогнозоване сезонне напрацювання». Під цим терміном розуміється такий об'єм збиральних площ, який один комбайн може прибрати з коефіцієнтом оперативної готовності, наближеним до одиниці. Таким чином, ми можемо планувати, що в межах певного напрацювання при встановлених капіталовкладеннях в підтримку працездатного стану, один зернозбиральний комбайн може гарантовано прибрати встановлену площу в гектарах зі встановленими показниками надійності.

Особливість експлуатації зернозбиральних комбайнів полягає в тому, що, на відміну від, наприклад, тракторів, вони використовуються для укр. обмеженої кількості сільськогосподарських операцій впродовж жорстко обмеженого тимчасового проміжку за рік [2]. Відповідно, збиток від простоїв під час збирального сезону включає не стільки вартість запасних частин і вартість робіт по їх усуненню, але і вартісні втрати від недобору урожаю в результаті порушення агротехнічних термінів.

Тому проведення підготовки до сезону включає не лише проведення технічного обслуговування і ремонту, але і проведення заходів планово-запобіжної системи обслуговування, яка полягає, у тому числі, і в дефектації і заміні вузлів і агрегатів, що не виробили свій ресурс, але які можуть відмовити впродовж планованого сезонного навантаження [2].

Як показує практика і відповідні дослідження, зі збільшенням терміну служби погіршується технічний стан машин, внаслідок чого необхідні підвищені середньорічні витрати і знижується середньорічний наробіток машин  $W_{\text{рік}}$ .

На підставі даних про зміну показників надійності комбайнів технологічного комплексу впродовж терміну служби можна виділити ресурсні групи, для кожної з яких буде визначений оптимальний прогнозований ресурс.

Існуючі методики визначення забезпеченості господарств зернозбиральними комбайнами не враховують їх зносу і орієнтуються, в основному, не на напрацювання, а на термін служби. Проте сучасні умови, на відміну від епох планової економіки, не припускають встановлення обмеження напрацювання комбайна впродовж сезону. Таким чином, ступінь зносу знаходиться в тіснішій

кореляції з напрацюванням, ніж з терміном служби зернозбиральної техніки [3].

Це планування ґрунтується на вірогідності безвідмовної роботи, яке визначається коефіцієнтом оперативної готовності і є одним їх шести групових показників, що включаються в номенклатуру показників надійності.

Коефіцієнт оперативної готовності – це вірогідність того, що об'єкт опиниться в працездатному стані в довільний момент часу, окрім планованих періодів, впродовж яких застосування об'єкту за призначенням не передбачається, і, починаючи з цього моменту, працюватиме безвідмовно впродовж заданого інтервалу часу [2]:

$$K_{oper} = (t, r) = K_{zom}(t)P(r), \quad (1)$$

де  $K_{zom}(t)$  – коефіцієнт оперативної готовності;

$P(r)$  – вірогідність безвідмовної роботи за час  $t$ .

Коефіцієнт готовності – це вірогідність того, що об'єкт опиниться в працездатному стані в довільний момент часу, окрім планованих періодів, впродовж яких застосування об'єкту за призначенням не передбачається [2]:

$$K_g = \frac{t_w}{t_w + t_p}, \quad (2)$$

де  $t_w$  – сумарний час виправної роботи об'єкту;

$t_p$  – сумарний час вимушеного простою.

Для переходу до імовірнісного трактування величини  $t_p$  і  $t_r$  замінюються математичними очікуваннями часу між сусідніми відмовами і часу відновлення відповідно [2]:

$$K_g = \frac{t_{cp}}{t_{cp} + t_B}, \quad (3)$$

де  $t_{cp}$  – напрацювання на відмову;

$t_B$  – середній час відновлення.

В межах напрацювання для кожної з ресурсних груп, визначеною дослідним шляхом, ми можемо говорити про вірогідність безвідмовної роботи, наближеної до одиниці.

Для визначення потреби господарства в техніці застосовується поняття коефіцієнта забезпеченості. Проте існуючі методики визначення потреб не враховують технічний стан парку машин. Отже, стратегія вибору шляху оптимізації залежить від забезпеченості господарства зернозбиральними комбайнами і їх технічного стану.

### Список джерел посилання

1. Вантух З.З., Кузенко Д.В., Сторожук Л.В. Трактори. Львів: Новий світ-2000, 2019. 109 с.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Р.Г. Сільськогосподарські машини. Київ: Каравела, 2018. 552 с.
3. Шмат К.І. Робочі процеси і розрахунок сільськогосподарських машин. Київ: Кондор, 2009. 308 с.

УДК 631.17:633.521

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ОБЧІСУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН НА КОРЕНІ

*Козаченко О.В., доктор технічних наук, професор  
Бобрик М.С., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Державний біотехнологічний університет*

Сучасні технології збирання врожаю сільськогосподарських культур передбачають застосування техніки, що реалізує процес обчісування рослин на корені. Такий підхід дозволяє отримати низку переваг у порівнянні з класичною технологією із застосуванням зернозбиральної техніки різних виробників: зменшення навантаження на молотильно-сепаруючі агрегати, збільшення продуктивності за рухунок підвищення робочої швидкості, економія паливно-мастильних матеріалів та можливість гнучкого коригування термінів [1, 2]. Крім того, залишаючи на полі незернову частину можна зменшити ерозійні процеси.

Враховуючи актуальність щодо вирішення питань підвищення якості та зменшення енергоємності процесів виробництва сільськогосподарської продукції, метою роботи було проведення досліджень обчісування рослин в лабораторних умовах та розробка практичних рекомендацій виробникам техніки, зокрема, ВАТ «Укр. Агро-сервіс» (м.Харків), що є провідним світовим лідером у виробництві жниварок обчісувального типу «Слов'янка». Така конструкція обладнана двобарабанным обчісувальним пристроєм, що має свої конструктивно-технологічні особливості, у порівнянні із однобарабанным.

Попередніми дослідженнями були встановлені основні конструктивно-режимні параметри, що впливають на якість та енергоємність роботи пристрою, а саме: частота обертання бітера-відбивача та обчисувального барабану, положення та її геометричні розміри на кожуху; визначено рівні варіювання факторів впливу. Проведення багатофакторного експерименту здійснено із застосуванням програмного пакету Wolfram Mathematica. В якості критерію оптимізації обрано витрату енергії на виконання технологічного процесу обчисувальним пристроєм. Після апроксимації одержаних даних щодо споживаної лабораторною установкою потужності  $P$ , одержано рівняння регресії:

$$\begin{aligned} \delta_s = & -3,23992 - 0,45 B + 3,14757 L - 1,45833 L^2 + 0,00462077 n_1 - \\ & - 1,78586 \cdot 10^{-6} n_1^2 + 0,00762877 n_2 - 0,00104167 B n_2 - \\ & - 0,00121528 L n_2 - 1,54321 \cdot 10^{-6} n_1 n_2 - 2,55824 \cdot 10^{-6} n_2^2. \end{aligned} \quad (1)$$

Виходячи із загально прийнятого підходу щодо зменшення витрат енергії на виконання технологічного процесу обчисування рослин на корені та обраним критерієм одержано раціональні значення конструктивно-режимні параметри у першому наближенні: середня споживана потужність  $P = 1,98 \text{ Вт}$ ; частота обертання бітера-відбивача  $n_1 = 600 \text{ об/хв.}$ , частота обертання обчисувального барабану пристрою  $n_2 = 490 \text{ об/хв.}$ , положення повітряної сітки кожуха  $L = 0,6 \text{ м.}$  та ширина повітряної сітки  $B = 0,6 \text{ м.}$

Графічне зображення залежності середньої потужності, що споживається лабораторною обчисувальною установкою  $P$  від факторів досліджень представлено на рисунку 1.

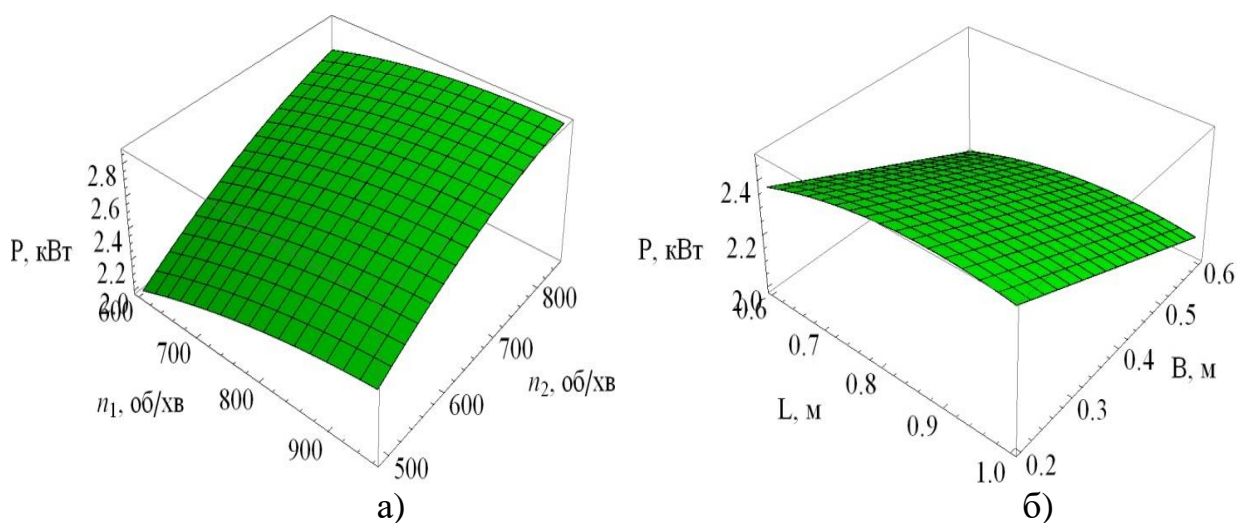


Рисунок 1– Залежність середньої потужності  $P$  від факторів:  
а –  $n_1$  та  $n_2$ ; б –  $B$  та  $L$



Аналізуючи отримані результати проведених досліджень (рисунок 1) можна зробити наступні висновки щодо рекомендованих раціональних параметрів обчисувального пристрою: суттєвий вплив на енерговитрати при реалізації технологічного процесу слід вважати частоту обертання бітера-відбивача, обчисувального барабану та геометричні розміри повітряної сітки кожуху. Зокрема, збільшення частоти обертання бітера-відбивача  $n_1$  і обчисувального барабану  $n_2$  (рисунок 1, а), та зменшення ширини повітряної сітки  $B$  кожуха можемо бачити збільшення середнього значення споживаної потужності обчисувального пристрою. Менший вплив на енергоємність технологічного процесу має фактор  $L$  – положення повітряної сітки на кожуху жниварки, він мінімально впливає на обраний критерій оптимізації при реалізації багатofакторного експерименту.

Подальшим вирішенням задачі мінімізації витрат енергій на здійснення технологічного процесу обчисування рослин на корені були одержані такі раціональні значення конструктивно-режимних параметрів: частота обертання бітера-відбивача  $n_1 = 892$  об/хв., частота обертання обчисувального барабана  $n_2 = 652$  об/хв., положення повітряної сітки кожуха  $L = 0,62$  м, ширина повітряної сітки  $B = 0,56$  м. Як показали розрахунки, при обраних факторах досліджень споживана потужність експериментальної установки становить  $P = 2,7$  кВт.

### Список джерел посилання

1. Oleksiy Kozachenko, Andriy Pahuchiy Modeling of Interaction with Plants Linseed Occupancy Drum ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. 2019. Vol. 19. No 1. 59–64.
2. Kozachenko O. Results of numerical modeling of the process of harvesting the seeds of flax by a harvester of the stripping type Kozachenko O., Pakhuchyi A., Shkregal O., Dyakonov S., Bleznyuk O., Kadenko V. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. 3(1-99). 66–74.



УДК 631.3.004

## МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ АГРЕГАТУ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

*Козаченко О.В., доктор технічних наук, професор  
Гурьянов В.П., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Державний біотехнологічний університет*

Виконання технологічного процесу мобільними агрегатами в технологіях виробництва сільськогосподарських культур зумовлює їх коливний рух внаслідок багатьох чинників, що зумовлено зміною в досить широкому діапазоні характеристик ґрунтового середовища, з яким контактують робочі органи машин. Такий режим руху матиме значний вплив, з одного боку, на якісні показники виконання певного технологічного процесу, а з іншого – на витрати енергії на виконання роботи, що може бути визначальним при виборі складу та типу машинно-тракторного агрегату [1, 2, 3]. Це зумовлює застосування комплексних показників якості виконання процесу, надійності, витрат енергії.

Методика визначення цих показників відома, але вона постійно удосконалюється в напрямку підвищення точності та зменшення трудомісткості проведення випробувань. При цьому визначення комплексних показників енергетичної оцінки передбачає мінімізацію похибки вимірювань середніх значень потужності, що дозволяє вибрати найбільш раціональний варіант агрегату при порівняльних випробуваннях або при створенні нових зразків. При цьому показником ефективності приймають безрозмірний коефіцієнт, що є відношенням енергоємності технологічних процесів, що виконуються серійними і новими машинами, що є проблемним з точки зору точності отриманих результатів.

Проведення математичного моделювання, зазвичай, передбачає, що швидкість руху сільськогосподарського агрегату при виконанні технологічного процесу коливається навколо заданого середнього значення. При цьому рух агрегату можна розглядати як дві складові: переміщення агрегату із заданою постійною швидкістю  $V_0$ ; коливний рух відносно  $V_0$  на величину  $\Delta V$ .

При руху агрегату діюча в напрямку осі  $X$  сила  $P_x$  дорівнюватиме:

$$P_x = P \cdot \sin \omega t, \quad (1)$$

а закон руху точки по цій же осі має вигляд:

$$x = \frac{P}{m\omega^2} (\omega t - \sin \omega t). \quad (2)$$

З (2) можна отримати значення швидкості руху  $V_x$ :

$$V_x = \frac{P}{m\omega} (1 - \cos \omega t) = V_0 - \frac{P}{m\omega} \cos \omega t. \quad (3)$$

Визначимо в деякий довільний час  $t$  миттєву потужність  $N_t$  як:

$$N_t = P_t \cdot V_t, \quad (4)$$

де  $P_t$ ,  $V_t$  – миттєві значення сили  $P_t$  та швидкості  $V_t$ .

При цьому середнє значення потужності визначається залежністю:

$$\bar{N}_t = \bar{P}_t \cdot \bar{V}_t, \quad (5)$$

де  $\bar{P}_t$ ,  $\bar{V}_t$  – середні значення сили і швидкості.

Слід зазначити, що формула (5) є дійсною для випадку, коли  $P_t$  і  $V_t$  не є корельованими величинами. В протилежному випадку в рівняння (5) слід додати кореляційний момент  $K_{PV}$ , який визначається:

$$K_{PV} = M [(P_t - \bar{P}_t) \cdot (V_t - \bar{V}_t)]. \quad (6)$$

Формулу (6) можна також записати і для потужності, що визначається за пройденим шляхом. Визначивши середні значення сил і швидкостей за чверть періоду, отримаємо середні значення потужності за часом і пройденим шляхом:

$$\bar{N}_t = \frac{2P \cdot V_0}{\pi} \pm \frac{4P^2}{\pi^2 m \omega}; \quad (7)$$

$$\bar{N}_x = \frac{2P \cdot V_0}{\pi} \pm \frac{P^2}{\pi m \omega}.$$

Із (7) випливає, що середнє значення потужності включає складову, яка залежить від швидкості руху  $V_0$  і не залежить від  $t$  та  $x$ . Якщо  $\bar{N}_x$  взяти з позитивним знаком, тобто максимальнє значення потужності, то похибка вимірювань  $\varepsilon$  визначається:

$$\varepsilon = \frac{4/\pi - 1}{2m\omega V_0/P + 1}. \quad (8)$$

Позначивши відношення  $\Delta V/V_0 = K$  формулу (8) можна представити у наступному вигляді:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{\max}}{1/K + 1}. \quad (9)$$

Результати розрахунків похибки  $\varepsilon$  в залежності від  $K$  показали,

що при  $K=0$ , коли процес відбувається при постійній швидкості руху, різниця в оцінці середніх значень потужності за часом і пройденим шляхом відсутня. Другий граничний випадок, коли  $K=\infty$  і відбувається чисто коливний процес, призводить до отримання максимального значення похибки. Приймаючи до уваги колювання швидкості руху в межах 20-30%, середні значення оцінки потужності за часом і пройденим шляхом відрізнятимуться на 17-23 % від максимальної похибки чисто коливного процесу. Це необхідно враховувати при вивченні процесів функціонування мобільних машинно-тракторних агрегатів.

### Список джерел посилання

1. Козаченко О.В. Проблеми ресурсозбереження у сільськогосподарських агрегатах: наукове видання. Харків: Торнадо, 2008. 272 с.
2. Козаченко О.В. До методики визначення енергоємності сільськогосподарських агрегатів// Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. –Харків: ХНТУСГ, 2010. Вип 103. С.244 – 249.
3. Козаченко О.В. Визначення енерговитрат основного обробітку ґрунту в умовах мостового землеробства / О.В.Козаченко, О.В.Блезнюк, В.М.Шкрегаль // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». Суми, 2010. Вип. 1(21) . С.29 – 33.



УДК 621.432.3

## ВІДНОВЛЕННЯ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ ЗВАРЮВАННЯМ

*Коновал В.В., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»*

*Сиволапов В.А., старший викладач*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Основні дефекти блоків циліндрів, що підлягають усуненню під час капітального ремонту та приблизний процент повторюваності наступний [1]:

- зношування, неспіввісність, пошкодження постелей корінних підшипників – 40...60 %;
- кавітаційні раковини на нижньому посадковому пояску під гільзу циліндра, зминання, деформація пояска - 30...50%;
- різниця в розмірах гнізда під бурт гільзи, циліндра глибиною більше 0,05 мм – 30...40%;
- пошкодження різьбових отворів, облом шпильок - 30...40%;
- тріщини, пробоїни на блоці – 15...25%.

Більшість блоків циліндрів виготовлено з сірого чавуну СЧ18-36.

Особливості відновлення зварюванням чавунних деталей обумовлені труднощами створення пластичного і щільного металу шва і навколошовної зони внаслідок високого вмісту в чавуні вуглецю, схильності його до відбілювання через різкий перехід при нагріванні з твердого, стану в рідкий, малої пластичності і низької ударної в'язкості, незворотного об'ємного стану під впливом високих температур, нерівномірності усадки металу при кристалізації зварювальної ванни і т.д. [1, 2].

Усунення дефектів (зносів, тріщин, обломів) у чавунних деталях (на прикладі блоків і головок циліндрів) може здійснюватися «гарячим» і «холодним» зварюванням.

«Гаряче» зварювання застосовують виконують як ацетиленокисневе при нагріванні деталі до 650...680°C. Як присадковий матеріал використовують чавунні прутки марки А (3,0...3,6 % С; 3,0...3,5 % Si; 0,3 % Mn ; 0,6 % Cr; 0,3 % Ni ; 0,08% S; 0,3...0,5% P) і спеціальний флюс ФСЧ-1 (23% Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>; 27% NaCO<sub>3</sub>, 50% NaNO<sub>3</sub>). Охолодження деталі в процесі зварювання нижче 500° С не допускається. Після зварювання необхідні низькотемпературний

відпал з нагріванням деталі до 650...670°C і охолодження її разом з піччю.

Таким чином деталь нормалізується, знімаються внутрішні напруження.

Основні недоліки способу гарячого зварювання блоків циліндрів - велика трудомісткість і важкі умови праці зварювальника.

До прогресивних методів «холодного» зварювання чавуну відносять такі:

- напівавтоматичне газоелектричне зварювання спеціальним дротом ПАНЧ-11;

- напівавтоматичне газоелектричне зварювання дротом МНЖКТ-5-1-02-02 марки А  $\varnothing 1,0... 1,2$  мм в середовищі аргону виконують при постійному струмі 80...120 А зворотної полярності, напрузі 20...25 В, швидкості подачі дроту 7...11 м/хв, витраті аргону 6...9 л/хв. Рекомендується проковування шва. Для зварювання дротом ПАНЧ-11 і МНЖКТ використовуються сучасні напівавтомати. Найкращі результати забезпечуються при зварюванні на установках типу УДГ-301 і використання зазначених дротів у вигляді присадочного матеріалу;

- зварювання електродами МНЧ-1, виготовленими з монель-металу (63% Ni + 37% Cu) зі спеціальним фтористо-кальцієвим покриттям типу УОНІ-13/55, виконують електродами  $\varnothing 3...4$  мм при постійному струмі 140 ...150 А зворотної полярності, короткою дугою, невеликими ділянками довжиною 20...30 мм, які відразу ж проковують. Метал шва є в'язкий залізо-нікеле-мідний сплав. Нікель необмежено розчиняється в залізі, а нікелевий аустеніт, що утворюється, розчиняє велику кількість вуглецю без утворення карбідів і забезпечує високу пластичність, низьку твердість і хорошу оброблюваність шва;

- зварювання електродами ЦЧ-4  $\varnothing 3...4$  мм зі сталі Св-08 або Св-08А з фтористо-кальцієвим покриттям, що містить титан або ванадій, ведуть при постійному струмі 120...130 А зворотної полярності та напрузі дуги 20 В. Після накладання валика рекомендується його проковування. Сприятливо дається взнаки підігрів деталі до 150...200°C. Ванадій пов'язує вуглець у важкорозчинні дрібнодисперсні карбіди. Недолік електродів ЦЧ-4 - можливість виникнення тріщин у середині шва;

- зварювання електродами Ц4-3А (Св-08Н50) з фтористо-кальцієвим покриттям, що містить до 5,25% кремнію (рекомендується для деталей з модифікованого чавуну);

- при зварюванні електродами ОЗЧ-1 з мідного електродного дроту з фтористо-кальцієвим покриттям, що містить залізний порошок, метал шва являє собою залізо-мідний шар (89% Fe + 11% Cu) з високою пластичністю, щільністю і міцністю, але поганою оброблюваністю. Процес зварювання рекомендується вести при струмі 150 А зворотної полярності і напрузі 20 В, короткою дугою, невеликими ділянками довжиною 30...60 мм. Кожну ділянку шва слід проковувати і продовжувати зварювання лише після охолодження шва до 50...60°C. Щільність з'єднання може бути підвищена за рахунок застосування електрода ОЗЧ-1 у поєднанні з електродами МНЧ-1, якими наплавляють останній шар. Так як зона підвищеної твердості створюється по межі сплавлення, для поліпшення оброблюваності шва перші шари рекомендується наплавляти також електродами МНЧ-1;

- напівавтоматичне зварювання тонким електродним дротом Св-08Г2С  $\varnothing$ 1,0...1,2 мм в середовищі вуглекислого газу проводять на такому режимі: сила струму 80...100 А зворотної полярності, напруга 20...22 В, витрата газу 6...9 л/хв.

Особливості відновлення деталей зі сплавів алюмінію обумовлені такими причинами:

- утворенням тугоплавких оксидів  $Al_2O_3$  з температурою плавлення 2050°C (у той час як температура плавлення сплавів алюмінію АЛ-5 і АЛ-9 відповідно 535 і 550 °C) і тонкої плівки оксидів (0,002 мм), що перешкоджає з'єднанню основного та наплавлюваного матеріалів, а також забруднюючої зварювальний шов окислами;

- великою теплопровідністю та високим коефіцієнтом лінійного розширення, що сприяє виникненню тріщин;

- інтенсивним поглинанням газів розплавленим металом;

- великою текучістю сплавів алюмінію при їх плавленні та труднощами визначення початку їх плавлення (при нагріванні не змінюють колір);

- низькою міцністю алюмінію та його сплавів при нагріванні до 400...500°C.

Як основні способи зварювання деталей зі сплавів алюмінію рекомендуються: зварювання на змінному струмі вольфрамовим

електродом, що не плавиться, в середовищі аргону на установках типу УДАР або УДГ (найефективніший спосіб), а також електродугове зварювання спеціальними електродами ОЗА-2 для зварювання ливарних сплавів і ОЗА-1 для зварювання технічного алюмінію.

У всіх випадках для підвищення якості зварювання деталей, виготовлених із алюмінієвих сплавів, рекомендується:

- ретельне зачищення зварюваних поверхонь;
- обробка кромки та знежирення їх ацетоном;
- попередній підігрів відновлюваних деталей до температури 250...300 °С для запобігання короблення деталей через нагрівання при зварюванні, виникнення тріщин і забезпечення більш спокійної кристалізації рідкого металу;
- наступний низькотемпературний відпал при температурі 300...350 °С зняття внутрішніх напружень і поліпшення структури зварювального шва.

Присадочний матеріал повинен бути однорідним зі зварюваним і може бути отриманий в результаті переплавлення відповідних вибрактованих деталей, що виготовлені із алюмінієвих сплавів з вмістом кремнію 5...6 %.

Узагальнюючи, можна також вказати на необхідність дослідження показників довговічності та ремонтоздатності деталей двигунів внутрішнього згорання [3].

### Список джерел посилання

1. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; За ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. К.: Агроосвіта, 2014. 665 с.
2. Ремонт дизельних двигунів. Довідник /Л.С. Єрмолов, О.А. Науменко, О.І. Сідашенко, І.Г. Шержуков; За ред. Л.С. Єрмолова. К.: Урожай, 1991. 248 с.
3. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружи́ло З. В. Організація сервісного виробництва. К.: НУБіПУ, 2017. 221 с.





## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОТИ ШНЕКОВОГО ПРЕСУ

*Ладачко М.С., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Костенко О.М., докторка технічних наук, професорка  
Дрожжана О.У., старша викладачка  
Полтавський державний аграрний університет*

Основною характеристикою роботи шнекового пресу (рисунки 1, 2) поряд із залишковою олійністю є продуктивність. Осьовий потік пресованого матеріалу, що розглядається як неньютонівська рідина, в шнековому пресі на кожному окремо взятому витку описується формулою [1]:

$$Q_x = \pi \cdot D \cdot W (H - \delta) V \cdot \cos(\theta) \frac{H^3 \cdot W f_{pd} \cdot f_{ps}}{12n \cdot \mu_s} \cdot \frac{dP}{dx}, \quad (1)$$

де  $Q_x$  – об’ємна продуктивність осьового потоку неньютонівської рідини в шнековому пресі, м<sup>3</sup>/с;

$D$  – діаметр зеєра, м;

$H$  – глибина витка, м;

$W$  – ширина витка, м;

$\delta$  – зазор між краєм витка та поверхнею зеєра, м;

$\theta$  – кут нахилу нитки витка;

$N$  – швидкість обертання шнекового валу, 1/с;

$n$  – показник ступеневого закону з рівняння течії неньютонівської рідини (матеріалу);

$f_{ps}$  – коефіцієнт форми для витрати протитечії;

$$f_{ps} = 1 - (0,949n^2 - 1,87n + 1,59) \frac{H}{W}, \quad (2)$$

$f_{pd}$  – коригувальний фактор для середньої в’язкості в потоці тиску;

$$f_{pd} = 0,98.$$

Другим важливим параметром при розрахунку преса є тиск [2]. Це підтверджується рівнянням (1), в яке входить тиск на витках, що створюється пресом. У відповідності до рівняння (1) на кожному витку необхідно визначити тиск, що створюється шляхом стискання матеріалу. З рівняння осьового потоку неньютонівської рідини (1) можна виразити тиск розділивши диференційовані змінні.

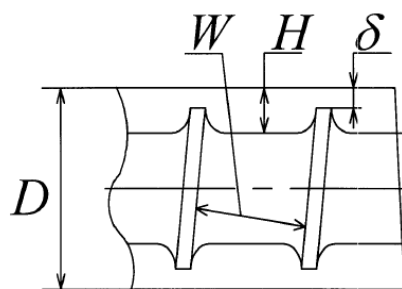


Рисунок 1 – Схема прийнятого позначення геометрії витка

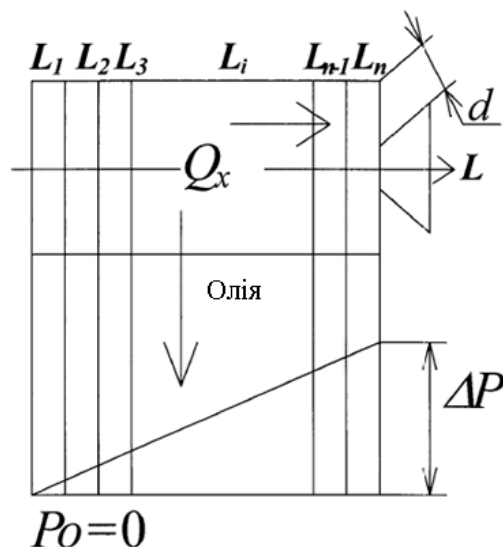


Рисунок 2 – Розрахункова схема олійновіджимного пресу

У зв'язку з невеликими відхиленнями по продуктивності в ході роботи у межах витка диференціали і обох частинах рівняння (1) замінені кінцевими різницями.

Транспортна складова витка представлена першим членом правої частини рівняння (1). Необхідно відмітити, що в реальних шнекових пресах застосовують неповні витки, і їх транспорт на продуктивність зменшується. Для врахування цієї особливості вводиться коефіцієнт незавершеності гвинтової лінії, який визначається як відношення довжини гвинтової лінії вздовж осі шнекового вала до її кроку. З урахуванням характеру коефіцієнта його значення для витка шнекового вала знаходиться в діапазоні  $(0; 1)$  [1].

$$CR = \frac{L}{s}, \quad (2)$$

З урахуванням введеного коефіцієнта незавершеності гвинтової лінії тиск, що створюється на витку визначається за формулою:

$$\Delta P = \frac{C \cdot R \cdot \pi \cdot D \cdot W (H - \delta) N \cdot \cos(\theta) \frac{f^d}{2} - Q_x}{H^3 \cdot W \cdot f d s \frac{f p s}{12 n \cdot \mu s}} \Delta x. \quad (3)$$

Об'ємна продуктивність визначається за різницею між початковою об'ємною продуктивністю по пресованому матеріалу і об'ємною продуктивністю по віджатій олії. У нижче приведену рівнянні представлена різниця вищезгаданих продуктивностей з урахуванням ступеня стискання матеріалу [1]:

$$Q_x = Q_0 (Q_0 - Solid) \beta, \quad (4)$$

де  $Q_x$  – об'ємна продуктивність, м<sup>3</sup>/с;

$\beta$  – ступінь стискання олійного матеріалу в процесі віджиму.

Початкова об'ємна продуктивність визначається:

$$Q_0 = \frac{Q_{\text{поч}}}{3600 \cdot p s_0}, \quad (5)$$

де  $Q_{\text{поч}}$  – початкова продуктивність, кг/год.;

$p s_0$  – початкова щільність пресованого матеріалу, кг/м<sup>3</sup>.

Об'ємна продуктивність по твердій складовій віджатого матеріалу визначається за наступною залежністю:

$$Solid = Q_0 \left( 1 - \frac{p s_0 \cdot F_0}{p l} \right), \quad (6)$$

$p l$  – щільність віджимної рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$F_0$  – початкова відносна олійність матеріалу, в долях одиниці.

При розгляданні зміни олійності в процесі пресування використані поняття відносної та абсолютної олійності, а також ступеня стискання матеріалу. Відносна олійність показує відношення маси віджимної рідини до загальної маси пресованого матеріалу. Абсолютна олійність дорівнює відношенню вмісту віджимної рідини до маси твердої фази.

Ступінь стискання можна виразити через абсолютну олійність:

$$\beta = \frac{F a_0 - F a}{F a_0 - F a_{\text{pred}}}, \quad (7)$$

де  $F a_0$ ,  $F a$ ,  $F a_{\text{pred}}$  – відповідно, початкова абсолютна олійність, поточна абсолютна олійність, гранична абсолютна олійність матеріалу, в масових долях.

З рівняння (7) поточна абсолютна олійність визначається співвідношенням:

$$F a = F a_0 (1 \cdot \beta) + F a_{\text{pred}} \cdot \beta. \quad (8)$$

У зв'язку з різницею у властивостях різних олійних матеріалів, значення граничної абсолютної олійності та характер її зміни поряд з

параметрами пресування залежить від природи пресованого матеріалу. За такими ж причинами обґрунтовується характер поведінки та ступінь стискання матеріалу.

Гранична абсолютна олійність залежить від таких факторів, як вологість пресованого матеріалу, тиск пресування, температура при якій протікає досліджуваний процес.

Абсолютна олійність виражається через відносну олійність формулою [1]:

$$Fa = \frac{Fr}{1-Fr}, \quad (9)$$

де  $Fa$ ,  $Fr$  – відповідно, абсолютна та відносна олійність матеріалу, у масових долях.

Відносна олійність матеріалу визначається з рівняння (10):

$$Fr = \frac{Fa}{1+Fa}. \quad (10)$$

Отже, на основі наведеної методики розрахунків розробляється алгоритм побудови математичної моделі пресу.

#### Список джерел посилання

1. Малежик І. Ф., Немирович П. М., Зав'ялов В. Л. Процеси і апарати харчових виробництв: приклади і задачі : навч.посіб. Київ: НУХТ, 2015. 386 с.
2. Поперечний А. М., Потапов В.О., Корнійчук В.Г. Моделювання процесів та обладнання харчових виробництв: підручник. Київ: ЦУЛ, 2012. 312 с.



УДК 621.923

## ВИБІР ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛМАЗНИХ ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГІВ ПРИ ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ МАШИНИ

*Лапенко Т.Г., кандидат технічних наук, доцент*  
*Лапенко Г.О., кандидат технічних наук, доцент*  
*Діденко О.А., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії*  
*Полтавський державний аграрний університет*

Підвищення надійності сільськогосподарських машин є однією із важливих вимог сучасного технологічного кроку. Вирішення даного питання тісно пов'язане з якістю механічної обробки деталей при формуванні поверхневого шару робочої поверхні особливо при фінішній обробці.

Основними факторами, які впливають на якість оброблюваної поверхні деталей при шліфуванні є:

1. метод різання;
2. вибраний верстат та його точність;
3. характеристика та геометрична точність інструменту;
4. марка алмазного порошку;
5. зернистість алмазного порошку;
6. концентрація алмазу в алмазоносному шарі;
7. параметри режиму різання;
8. мастильно-охолоджуючі розчини.

Надзвичайно важливим питанням, яке забезпечує ефективність обробки, є вибір характеристики алмазного круга та режимів шліфування.

Характеристика алмазного круга включає наступні елементи: форма і типорозмір інструмента, марку і зернистість алмазного порошку, концентрацію алмазного порошку в алмазоносному шарі, марку зв'язки.

При виборі раціональної характеристики інструменту для алмазної обробки необхідно враховувати вид операцій та фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, спосіб термообробки та твердість, точність і якість обробленої поверхні (шорсткість, відсутність припалювання).

Розглянемо схему характеристики алмазного круга (рисунок 1).

Форма і типорозмір шліфувального круга визначається видом операції, типом обладнання та розміром оброблювальної поверхні. Плоске та кругле наружне шліфування виконується кругами 1A1, внутрішнє шліфування – кругами форми A8 та алмазними шліфувальними головками, а плоске торцеве шліфування і заточка інструментів кругами форми 12A2-45, 6A2, 12A2-20, 9A3, 12R4.

1A1	150	x 10	x 3	x 32	AC4	125/100	100%	B2-01	35 м/с
Форма круга									
Діаметр круга									
Ширина алмазозносного шару									
Товщина алмазозносного шару									
Діаметр посадочного отвору									
Марка алмазного порошку									
Зернистість алмазного порошку									
Відносна концентрація									
Зв'язка									
Швидкість									

Рисунок 1 – Характеристика алмазного круга

Геометричні розміри кругів визначаються експлуатаційними та технологічними факторами, причому експлуатаційними факторами є розміри оброблювального виробу та конструкція і потужність верстата

Технологічні фактори визначаються мінімальними та максимальними розмірами алмазного шару, а його ширина вибирається в залежності від розміру оброблювальної деталі, потужності і типу верстата, умов роботи круга (наявність охолодження).

Слід звертати увагу на те, що в процесі шліфування алмазозносний шар по всій ширині входить у контакт з вибором і рівномірно зношується.

Аналіз процесу шліфування показав, що для круглого шліфування на прохід рекомендується круги з більш широким шаром, а при обробці методом врізання ширина вибирається рівною ширині оброблювальної поверхні або на 0,5...10 мм більшою від неї.

При інших рівних умовах шліфування широкого алмазозносного шару для верстатів з ручною подачею рекомендується більшою ніж для верстатів з механічною подачею. Широкий алмазозносний шар для

виробів з ручною подачею забезпечує кращі прямолінійності переміщення деталі, що виробляється.

З метою збільшення економічності шліфування необхідно вибрати оптимальну ширину робочої поверхні круга, яка забезпечить мінімальну вартість обробки і високу якість обробленої поверхні.

Таким чином, аналіз літературних джерел [1-4] дозволяє зробити висновок: товщина алмазного шару безпосередньо не впливає на продуктивність шліфування та питомі витрати алмазу і вибирається в залежності від терміну служби і технологічних можливостей виготовлення інструменту. Експериментально встановлено, що висока якість алмазозносного шару забезпечується при товщині 1,5...3,0 мм для органічних зв'язок і 1,0...4,0мм для металевих зв'язок.

Роботоздатність різних марок синтетичних алмазів в шліфувальному крузі залежить від зв'язок, умов роботи, режимів шліфування і фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу. Дуже важливим є вірний вибір марки алмазу і зв'язки у відповідності з видом роботи.

Алмазні круги виготовляють із синтетичних алмазних порошків марки АС2, АС4, АС6, АС15, АС20, АС32 та АС50. Аналіз літературних джерел показує, що алмази марки АС4 використовуються при виготовленні кругів на органічній зв'язці і, в порівнянні з кругами виготовленими із порошків АС15, мають більшу роботоздатність та невелику температуру в зоні різання. Переваги алмазних кругів із порошків АС4 пояснюються тим, що вони мають підвищену крихкість, яка забезпечує самозаточування зерен алмазів за рахунок поступового їх сколювання, а значна кількість відступів і заглиблень на поверхні алмазів дозволяє надійно утримувати зерна в органічній зв'язці.

Алмазні порошки АС6 використовуються для виготовлення кругів на металічній зв'язці. Вони витримують більші навантаження при шліфуванні, коли знімаються значні припуски. Дослідження показали, що при виконанні напівчистових операцій алмазні круги марки АС6 найбільш економічно доцільні.

Як показує практика промислового використання шліфувальних кругів із синтетичних алмазів, неправильний вибір марки алмазу, наприклад використання марки АС4, в умовах, де потрібні більш тверді алмази марок АС6 або АС15, може призвести до збільшення питомих витрат алмазів у 3...5 разів.

Важливе значення при виборі параметрів шліфування круга має вибір зернистості шліфувального порошку, яка визначається розміром зерен (2000...40 мкм) і вмістом основної фракції. Від зернистості круга залежить продуктивність обробки, якість обробленої поверхні і витрати алмазу. Зернистість алмазного порошку вибирають в залежності від величини припуску на обробку і заданої шорсткості обробленої поверхні. Для грубої (чорнової) обробки, коли необхідно зняти великі припуски, використовують зернистість 150/200..125/100мкм, для завершальної обробки рекомендують порошки зернистістю 100/80...50/40 мкм.

Зв'язку вибирають з урахуванням марки алмазу, оброблюваного матеріалу, виду і режиму обробки.

Алмазний інструмент випускається на органічних та металічних зв'язках, виготовлених методом порошкової металургії. Шліфувальні круги на органічних зв'язках відрізняються високою ріжучою здатністю та продуктивністю, можуть працювати без охолодження, забезпечують мінімальну шорсткість обробленої поверхні і майже не засалюються. Разом з тим алмазоносний шар у кругів на органічній зв'язці більш крихкий в порівнянні з кругами на металевій зв'язці, тому органічні зв'язки швидше руйнуються, відкриваючи при цьому нові зерна алмазу. Круги на органічних зв'язках мають високі питомі витрати алмазу на одиницю ваги знятого твердого сплаву, тому вони використовуються для чистових операцій з мінімальним припуском на обробку.

Металічна зв'язка забезпечує високу зносостійкість, надійно утримує зерна алмазного порошку і забезпечує невеликі питомі витрати алмазу. Алмазні круги на металічній зв'язці мають високу довговічність, довго зберігають свою геометричну форму і використовуються для попереднього шліфування. Разом з тим, круги на металічній зв'язці швидше засалюються та вимагають при роботі інтенсивного охолодження.

Однією із важливих характеристик алмазного круга від якого залежить його ріжуча здатність, продуктивність, термін роботи і вартість є відносна концентрація алмазу.

Відносна концентрація алмазу - величина, що визначає вміст алмазного порошку в алмазоносному шарі шліфувального круга. За 100% концентрацію приймаємо такий вміст алмазу, при якому в 1 см<sup>3</sup> алмазоносного шару знаходяться 4,4 карата алмазів і займає 25%



алмазоносного шару, іншу частину об'єму (75%) займає зв'язка і наповнювач.

Як правило, вибір концентрації алмазу в шліфувальних кругах проводиться в залежності від характеру обробки, оброблюваного матеріалу, матеріалу зв'язки, зернистості, площі контакту алмазного круга з оброблюваною деталлю. Оптимальною вважається така концентрація, яка забезпечує мінімальні витрати алмазу, якість обробленої поверхні та продуктивність обробки.

Шліфувальні круги випускаються з концентрацією 25, 50, 75, 100, 150 і 200%. Практично встановлено, що для обробки неметалічних матеріалів використовуються круги з відносною концентрацією алмазу 25...75%, для обробки металів в машинобудуванні та інструментальній промисловості -75...150%.

Для підбору оптимальної концентрації використовують такий підхід:

- при невеликій контактній поверхні між шліфувальним кругом та оброблюваною деталлю вибирають високу концентрацію алмазу, що забезпечує мінімальну зношуваність круга навіть при великих навантаженнях;

- при великій контактній поверхні необхідні заходи по зниженню температури в зоні різання і зменшенню зусиль шліфування, тому рекомендуються шліфувальні круги з низькою концентрацією алмазу.

Приведений аналіз підходів до вибору алмазних шліфувальних кругів та параметрів режиму шліфування показав, що високі експлуатаційні показники роботи можливо досягти при правильному виборі форми, розмірів і характеристики алмазного круга з врахуванням виду шліфування, фізико-механічних властивостей оброблювального матеріалу, вимог до точності та якості обробленої поверхні.

### **Список джерел посилання**

1. Лапенко Т.Г. Лапенко Г.О. Діденко О.А. До питання вибору алмазних шліфувальних кругів та режимів шліфування. Матеріали наукової конференції професорсько-викладацького складу ПДАУ за результатами науково-дослідної роботи 2021-2022 років. Полтава, 2023. С.29-31

2. Лапенко Т.Г., Лапенко Г.О., Ковтун В.А. Підвищення стійкості та продуктивності алмазних шліфувальних кругів. Інноваційні аспекти системи безпеки праці, захисту інтелектуальної власності:

матеріали V всеукр. наук-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 26-27 берез. 2020р.). Полтава: ПДАА, 2020. С. 140-142

3. Лапенко Г.О., Горбенко О.В., Лапенко Т.Г., Ковтун В.А. Оптимізація параметрів шліфування алмазними кругами, виготовленими з алмазних порошків із нікелевим покриттям. Вісник ПДАА.2020.№4. С.267-272.

4. Лапенко Г.О., Яхін С.В., Лапенко Т.Г., Павлик О.Г. Обґрунтування вибору параметрів шліфувальних кругів та режимів шліфування. Вісник ПДАА, 2022.№3.С.205-212. URL:<http://dspace/pdaa/edu/ua:8080/handle/123456789/13456>

UDC 631.31

## DEVELOPMENT OF A CONSTRUCTIVE SOLUTION OF THE DEVICE FOR PRE-SOWING PROCESSING OF GRAIN

*Lymar O., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,  
Khramov M., assistant,  
Mykolaiv National Agrarian University*

**Formulation of the problem.** In the general struggle for obtaining high and sustainable yields of all agricultural crops, one of the main conditions is the use of high-quality seeds [1, 2]. In the complex of measures that ensure obtaining high-quality seeds, the correct implementation of measures to combat fungal, bacterial and viral plant diseases, and especially those transmitted through seed material, is of great importance.

In order to preserve the sowing qualities of seeds and prevent the transmission of diseases through seeds, they are subjected to various methods of pre-sowing treatment. Currently, the main method of protecting seeds from pests and diseases is the use of chemical preparations (pickling). It allows you to reduce potential crop losses by 50-55%, which determines its predominant use in plant protection systems. However, due to the negative impact of chemical protection agents on the environment, technologies for the use of biological preparations based on microorganisms have been developed as an effective alternative to this method [3, 4]. However, in the practice of agriculture, the widespread use of biological preparations is hindered by the lack of serial seed processing

machines adapted for the use of microbiological preparations in them [5, 6]. Among the produced machines, the most suitable for the use of microbiological preparations in them are drum-type pickling machines, in which the distribution of the biological preparation is carried out with the help of a nozzle, which does not have a harmful effect on microorganisms. However, the quality of their work, assessed by the coefficient of seed surface coverage with the drug, does not exceed 70%, which does not meet agricultural requirements. In this regard, the modernization of the drum proofer by improving and substantiating its structural and technological parameters, which ensure high-quality coverage of seeds with a biopreparation and a gentle effect on microorganisms, is an actual and practically significant scientific task [7].

Achieving continuous and uniform etching with chemical and biological agents is one of the prerequisites for good quality operation of any etching device [8, 9]. The disadvantage of known drum proofers is the stationary mode of seed movement, which does not allow full use of the working volume of the proofer chamber. According to the results of the conducted research, it was established that the eccentric fixing of the drum of the irrigator with the correct selection of the kinematic mode ensures a non-stationary mode of seed movement.

**Presentation of the main research material.** With this in mind, we have developed a device for pre-sowing seed treatment, which allows us to ensure the change of kinematic parameters after reaching a stationary mode of operation and to increase the uniformity of the grain mass distribution on the inner working surface of the drum.

The proposed device for pre-sowing seed treatment (Fig. 1) contains a drum 1 with side windows, which rotates on axis 2 from the side of the gearbox installation, made with the possibility of vertical movement on a support 3 with a damper 4. On axis 2, a carrier 5 with satellites 6 of the planetary gearbox. The sun gear wheel 7 of the gearbox is rigidly fixed on the axis 2, the crown wheel 8 on the drum 1. A shaped cam 9, made in the form of an Archimedean spiral, with a sharp ledge and tangential to the stop 10, is installed on the carrier and 5.

The pre-sowing device works as follows. During the rotation of the drum 1, the crown gear 8 rigidly connected to it ensures the rotation of the satellites 6, which, rolling on the sun wheel 7, rigidly mounted on the shaft 2, rotate the carrier 5. At the same time, the diameters of the wheels of the planetary gearbox are selected so as to ensure the transmission ratio between carrier 5 and crown wheel 7 not less than 1:4. When the guide 5

rotates, the cam 9, coming into contact with the stop 10, brings the output end of the shaft 2 to the support 3, compressing the damper 4. Having reached the position at which the cam 9 passes the highest point of the spiral when it collides with the stop 10, the drum 1 is sharply lowered down, which ensures the movement of the entire mass of grain from the side working surface to the lower part of the drum.

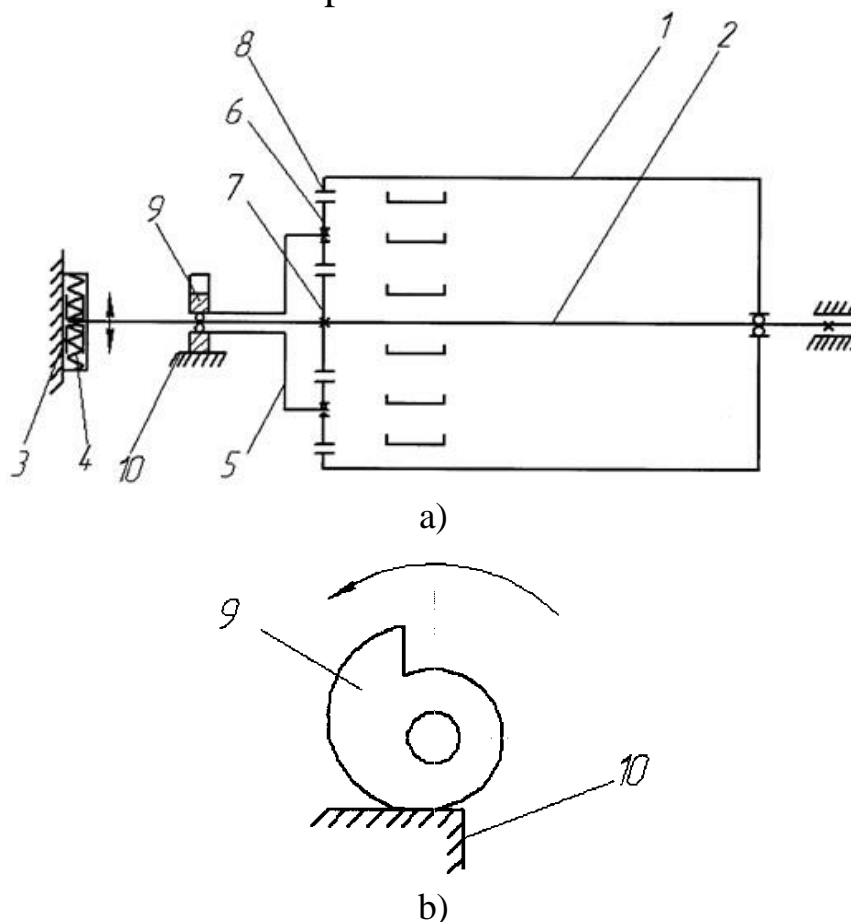


Fig. 1. The proposed device for pre-sowing seed treatment:  
 a – schematic diagram of the device; b – cam profile;  
 1 – drum; 2 – shaft; 3 – support; 4 – damper; 5 – vehicle; 6 –  
 satellites; 7, 8 – gears; 9 – cam; 10 – emphasis

**Conclusion.** The proposed device allows you to ensure a cyclical repetition of the exit to the stationary mode of operation and shaking, thereby improving the intensity of mixing, as a result of which uniform coverage of the seeds with the working liquid is ensured.

### References

1. Syromyatnikov Yu. N. Influence of agricultural practices and sowing dates under different weather conditions on soybean yield //

Agrobiology. – 2023. – № 23. – P. 187-195.  
<https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-187-195>

2. Syromyatnikov Y. M. Physico-chemical indicators of soil condition depending on sugar beet growing technology // Agriculture and plant sciences: theory and practice. – 2023. – №. 3. – P. 59-69.  
<https://doi.org/10.54651/agri.2023.03.07>

3. Benderradji L., Kellou K., Ghadbane M., Salmi M., Saibi W., BenmahammedA., Brini F. Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on In Vitro Bread Wheat (*Triticum aestivum*L.) Growth Parameters and Biological Control Mechanisms. *Advances in Microbiology*. – 2016. №6(9). –P. 677-690.

4. Klipakova Yu.O., Priss O.P. The effect of pre-sowing seed treatment on the autumn-winter vegetation period of winter wheat plants (*Triticum aestivum* L.) *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Plant production, selection and seed production, fruit growing and storage"*. – 2018. №. 1. – P. 203-214.

5. S.S. Yaroshenko The influence of seed poisons on the productivity of winter wheat. *Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine*. – 2012. № 2. –P. 137-140.

6. Bilousova Z. V., Keneva V. A., Klipakova Yu. O. Sowing quality of winter wheat seeds depending on the component composition of poisons. *Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*. – 2020. – Issue 3. –P. 79-86.

7. Syromyatnikov Yu.M. Influence of technological measures on soil moisture saturation in sugar beet growing // *Ukrainian Journal of Natural Sciences* – 2023. – № 4. – P. 125-137.  
<https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.14>

8. Kuts O. et al. Influence of the fertilizer system on the soil nutrient regime and onion productivity // *Plant and Soil Science*. – 2022. – Т. 13. – №. 4. – P. 17-26. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(4\).2022.17-26](https://doi.org/10.31548/agr.13(4).2022.17-26)

9. Syromyatnikov Yu. N. et al. Influence of constant traditional soil treatment in vegetable-fodder crop rotation on density of black soil // *Vegetable and Melon Growing*. – 2022. – № 70. – P. 66-79.  
<https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-70-66-79>

10. Syromyatnikov Y.N. Ways to Reduce the Specific Pressure of Wheeled Thrusters on the Soil // *Agriculture*. – 2017. – № 4. – P. 95-103.  
<https://doi.org/10.7256/2453-8809.2017.4.26797>

УДК 656.13

## АНАЛІЗ УМОВ ТА МЕТОДІВ ЗБЕРІГАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

*Лимаренко В.В., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Дудник В.В., кандидат технічних наук, доцент  
Полтавський державний аграрний університет*

Зберігання сільськогосподарської техніки визначається рядом документів і відповідних правил [1]. Вони визначають три види зберігання:

- міжзмінне – до 10 днів;
- короткочасне – від 10 днів до 2 місяців;
- тривале – більше 2 місяців.

Зберігання автомобільного транспорту є одним із етапів експлуатації, при якому машини, що не використовуються за призначенням утримуються у спеціально відведених для їх розміщення місцях у заданому стані, де забезпечується їх збереження та збереження протягом встановлених термінів.

Зберігання машин включає:

- постановку машин на зберігання (комплекс організаційно-технічних заходів щодо консервації та герметизації агрегатів, вузлів, систем тощо);
- утримання машин на зберіганні (комплекс організаційно-технічних заходів щодо підтримки їх у заданому стані, що забезпечує збереження та збереження протягом встановлених термінів зберігання);
- зняття машин із зберігання (комплекс виконуваних робіт, визначених експлуатаційною документацією машин, щодо приведення їх у готовність до застосування (використання за призначенням)).

Обсяг виконуваних робіт машин, що містяться на зберіганні, залежить від ступеня впливу на них довкілля та умов їх зберігання. Умови зберігання машин характеризуються місцями зберігання, і навіть кліматичними чинниками. Залежно від кліматичної зони, місця зберігання та особливостей розміщення машин умови зберігання сільськогосподарської техніки поділяються на [2]:

- легкі (в опалювальному приміщенні);

- середні (у неопалюваному приміщенні);
- жорсткі (під навісом та на відкритому повітрі).

Майданчики для зберігання на відкритому повітрі повинні бути розташовані в сухих, незатоплюваних місцях і мати рівну, з незначним ухилом для стоку зливових вод, міцну та ущільнену поверхню, здатну витримати навантаження від машин при їх пересуванні та стоянці. Майданчик повинен бути обсаджений деревами (вітрозахисний пристрій) та обладнаний водовідвідними канавами.

У процесі зберігання захист від впливу кліматичних факторів при зберіганні машин у сільському господарстві забезпечується шляхом їх консервації та герметизації.

Консервація машин та їх складових частин – це захист поверхонь деталей та матеріалів від корозії, старіння та біологічних ушкоджень, шляхом застосування засобів тимчасового захисту (робочі-консерваційні та консерваційні, паливно-мастильні матеріали та інші матеріали) та відновлення засобів постійного захисту (хімічних, лакофарбових) покриттів, що наносяться на поверхні деталей при їх виготовленні [2].

Герметизація машин – це ізоляція машин (агрегатів, вузлів, деталей) від впливу довкілля [2].

Консервація машин проводиться такими методами

- без герметизації з використанням робітничо-консерваційних (консерваційних) та паливно-мастильних матеріалів;
- з герметизацією різними способами та створенням мікроклімату всередині герметизованого обсягу (використанням статичного або динамічного осушення повітря та інших засобів);
- комбінований метод – застосування на одній машині поєднань зазначених вище методів та засобів її захисту від впливу навколишнього середовища.

Герметизація машин може бути частковою, коли ізолюється від довкілля частина машини, або повною, що передбачає ізоляцію всієї машини.

Герметизація машин та кузовів-фургонів (кузовів-контейнерів), що утримуються на тривалому зберіганні, здійснюється виходячи з умов їх зберігання:

- на відкритих майданчиках та під навісами;
- у сховищах.

Отже, наведені вище методи зберігання автомобільного

транспорту показали незадовільний стан даного питання. Для рішення цієї проблеми потрібно покращувати існуючі або знаходити нові способи та методи, що можуть забезпечити належні умови зберігання автомобільного транспорту в сільському господарстві.

### Список джерел посилання

1. Гречка О.В. Статистичний аналіз ринку послуг автомобільного транспорту: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.00.10 «Статистика». Київ, 2015. 20 с.

2. Строков О., Макаренко М., Орлов В., Павленко В. Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Частина 1. Київ: Грамота, 2005. 352 с.

3. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ: Знання-Прес, 2003. 512 с.

УДК 631.31

## ПОКАЗНИКИ ГРУНТООБРОБНОЇ МАШИНИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГНУЧКОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ В СИСТЕМАХ «ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА»

*Лоза С.В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Інститут овочівництва та багтанництва НААН*

Поверхнева обробка ґрунту під дрібнонасіненні сільськогосподарські культури проводиться з метою кришення шару її верхнього шару, подрібнення пожнивних залишків, знищення бур'янів і вирівнювання поверхні поля. Якість обробки ґрунту може бути покращена за рахунок обладнання відомих робочих органів підрізаючого типу пристроєм для додаткового кришення пласта та покращення процесу сепарації її структурних частинок [1, 2, 3]. Останнє необхідне для вилучення із ґрунту кореневищ коренепаросткових бур'янів, що є одним із найефективніших прийомів боротьби з ними. Для регулювання агрофізичних властивостей поверхневого шару ґрунту (до 4 см) нами були проведені пошукові дослідження з вивчення можливості та доцільності використання дроту або троса діаметром 2-4 мм, який надалі називатимемо гнучким елементом. Візуальні спостереження за



процесом роботи гнучкого елемента показали, що під його впливом у ґрунті утворюється валок, при русі якого на поверхні поля забезпечується засипка мікронерівностей ґрунту [4, 5, 6]. Причому висота валка значно перевищує розміри поперечного перерізу гнучкого елемента. Дослідження показали, що найкраща якість вирівнювання поверхні поля була отримана при русі гнучкого елемента вздовж гребенів.

У зв'язку з вищевикладеним, з урахуванням результатів відомих досліджень, виникла необхідність у проведенні експериментів щодо визначення якісних показників роботи ґрунтообробної розпушувально-сепаруючої машини із застосуванням гнучкого робочого органу у вигляді троса діаметром 4 мм. Для проведення експериментів у польових умовах на базі роторного культиватора КПП-1 (рисунок 1) була виготовлена ґрунтообробна установка, яка виробляє розшарування ґрунту шляхом сепарації грудочок по глибині обробки [7, 8, 9].



Рисунок 1 – Загальний вид установки для поверхневого обробітку ґрунту з тросом

За отриманими результатами було побудовано графіки (рисунок 2) впливу частоти обертання ротора експериментальної установки на коефіцієнт структурності ґрунту [10, 11, 12]. З графіків видно, що зі зростанням частоти обертання коефіцієнт структурності ґрунту збільшується у всіх контрольних точках експерименту. Однак у верхньому шарі ґрунту величини коефіцієнтів структурності близькі між собою, за невеликою перевагою у випадку з гнучким елементом у вигляді троса.

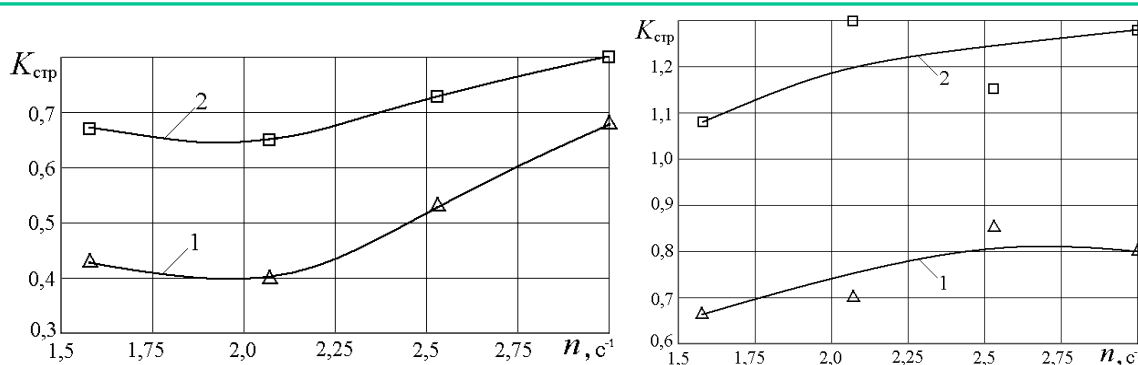


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта структурності ґрунту від частоти обертання ротора у верхньому шарі: 1 – без гнучкого елемента у вигляді троса; 2 – з гнучким елементом у вигляді троса

З графіка видно, що зі збільшенням частоти обертання ротора більше  $2,05 \text{ c}^{-1}$  збільшується розрив в якості обробки ґрунту, більше того, у варіанті з встановленим гнучким елементом у вигляді троса коефіцієнт структурності ґрунту підвищується на 88%. При порівнянні коефіцієнтів структурності ґрунту в нижньому шарі під час роботи машини без гнучкого елемента у вигляді троса і з ним різниця між коефіцієнтами структурності становить від 1,2 до двох разів [13, 14, 15]. Отже, збільшення частоти обертання ротора від  $1,1$  до  $2,3 \text{ c}^{-1}$  сприяє збільшенню коефіцієнта структурності ґрунту в нижньому шарі приблизно на 10%, і у верхньому – не більше ніж на 2,3%. Порівняння якості роботи машини без гнучкого елемента у вигляді троса та з ним свідчить про перевагу використання машини за другим варіантом [16, 17].

**Висновок.** Використання гнучкого елемента у вигляді троса у складі робочих органів роторної ґрунтообробної розпушально-сепаруючої машини сприяє підвищенню якості обробки. Підвищення частоти обертання ротора машини істотного впливу якості обробки немає, хоча призводить до підвищення енерговитрат.

### Список джерел посилання

1. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Physics of the Process of a Work Tool with a Flexible Element Getting into Contact with the Soil // Agriculture. – 2017. – № 3. – P. 33-42. <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2017.3.24563>
2. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Soil-cultivating setting a flexible working body to control of weeds growth // Vegetable and Melon Growing. – 2018. – № 64. – P. 33-43. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2018-64-33-43>

3. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Qualitative performance indicators of a ripping-and-separating machine for soil cultivation in the growth of sugar beet // *Vegetable and Melon Growing*. – 2019. – № 65. – P. 39-49. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2019-65-39-49>
4. Shablia V. P., Tkachova I. V. Machine and manual working actions for different manure removing technologies // *Boletim de Indústria Animal*. – 2020. – Т. 77. – С. 1-14. <https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1482>
5. Syromyatnikov Y. N. Substantiation of the parameters of a soil tillage machine ripper // *Engineering Technologies and Systems*. – 2021. – Т. 31. – №. 2. – P. 257-273. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202102.257-273>
6. Kuts O. et al. Influence of the fertilizer system on the soil nutrient regime and onion productivity // *Plant and Soil Science*. – 2022. – Т. 13. – №. 4. – P. 17-26. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(4\).2022.17-26](https://doi.org/10.31548/agr.13(4).2022.17-26)
7. Kuts, O., et al Fertilisation system influence on the main agrochemical indicators of soil and productivity of white cabbage // *Scientific Horizons*. – 2023. – Т. 26. – №. 11. – С. 69-79. <https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.69>
8. Pashchenko V. F. et al. The influence of local loosening of the soil on soybean productivity // *Tractors and Agricultural Machinery*. – 2019. – Т. 86. – №. 5. – P. 79-86. <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-5-79-86>
9. Пащенко В. Ф., Сиромятников Ю. М. Вплив локального розпушування ґрунту на врожайність сої // *Зернові культури*. – 2017. – Т. 1. – №. 2. – С. 329.
10. Abdrakhmanov R. et al. Study of the kinematics of a disc-pin working body // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2023. – Т. 443. – С. 04004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344304004>
11. Mamatov F., Karimov A., Shodmonov G. Study on the parameters of bars of the potato digger ploughshare // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2023. – Т. 434. – С. 03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343403012>
12. Syromyatnikov Yu. N. et al. The process of trimming and raising the soil by the working bodies of the soil treatment and separation installation // *Technical service of agriculture, forestry and transport systems*. – 2020. – №. 22. – С. 221-231. <https://doi.org/10.37700/ts.2020.22.221-231>

13. Пащенко В. Ф. и др. Обґрунтування доцільності державної підтримки вітчизняного сільгоспмашинобудування //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2016. – №. 173. – С. 53-68.

14. Syromyatnikov Y. M. Physico-chemical indicators of soil condition depending on sugar beet growing technology //Agriculture and plant sciences: theory and practice. – 2023. – №. 3. – С. 59-69. <https://doi.org/10.54651/agri.2023.03.07>

15. Syromyatnikov Yu.M. Influence of technological measures on soil moisture saturation in sugar beet growing // Ukrainian Journal of Natural Sciences – 2023. – № 4. – P. 125-137. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.14>

16. Kuts O. V. et al. Дослідження алелопатичного впливу на рослини батату основних бур'янів та сільськогосподарських рослин //Vegetable and Melon Growing. – 2022. – №. 71. – С. 49-58. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-49-58>

17. Syromyatnikov Yu. N. et al. Influence of constant traditional soil treatment in vegetable-fodder crop rotation on density of black soil // Vegetable and Melon Growing. – 2022. – № 70. – P. 66-79. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-70-66-79>

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ КАСЕТНОГО ПРИСТРОЮ

*Лукаш В.О., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Костенко О.М., докторка технічних наук, професорка  
Дрожжана О.У., старша викладачка  
Полтавський державний аграрний університет*

Наявні пристрої для теплової обробки зерна відносно енерговитратні та не завжди забезпечують належну якість готового продукту, оскільки в них спостерігається пересушування зерна, розтріскування його поверхневих шарів внаслідок нерівномірності та інертності нагрівання в процесі обробки. Створення енергозберігаючих технічних засобів теплової обробки зерна є актуальною технічною задачею.

Пропонований касетний пристрій для теплової обробки зерна на відміну від аналога заснований на застосуванні тільки конвективного

способу передачі теплоти зерну від нагрітого повітря, що прокачується через касету.

Вологе зерно, що надходить у пристрій, незалежно від конструкції сушильного пристрою, має параметри: температура –  $t_{з}, ^\circ\text{C}$ ; вологість –  $\omega_l, \%$ ; масова подача –  $G_l, \text{кг/с}$ ; кількість теплоти, що надходить разом із вологим зерном, що подається в пристрій, –  $Q_3^I, \text{Дж}$  [1].

Ефективна робота касетного пристрою забезпечується так як і аналога за умови постійного відведення з нього водяної пари, що випаровується з оброблюваного зерна.

Пропускна здатність касетного пристрою визначається властивостями і масою оброблюваного зерна ( $G_l$ ), параметрами касети, що визначають величину  $G_l$ , і швидкістю сушіння ( $v$ ), що визначає її час ( $\tau_3$ ). На пропускну здатність пристрою впливають температурний режим обробки зерна і вимоги, що висуваються до якості готового продукту.

Відхилення дійсної пропускну здатності пристрою від теоретичної залежить також від швидкості заповнення ( $\tau_3$ ) і вивантаження ( $\tau_3$ ) касети.

Таким чином, пропускну здатність пристрою можна виразити рівнянням, кг/год. [2]:

$$Q = \frac{G_3}{(\tau_c + \tau_3 + \tau_B)}, \quad (1)$$

У касетному пристрої відсутній шнек і, як наслідок, відсутня необхідність витрати електроенергії на його обертання. Крім того, у касетному пристрої немає необхідності нагрівати корпус і, як наслідок, немає необхідності в спеціальному електронагрівачі. Тому рівняння потужності має вираз:

$$N = \frac{L_B \left[ \frac{2L_B \rho v}{\pi(D_e^2 - d_B^2)} \left( 1 + \frac{64l_K}{Re D_e} + \xi_M \right) + H_K \right]}{\eta_\Gamma \eta_M \eta_n} + k_3 \frac{c_B \rho L_B (t_{ВХ} - t_{ВІХ})}{\eta}, \quad (2)$$

де  $D_e$  – діаметр перерізу кожуху еквівалентного прямокутному, що визначається за формулою:

$$D_e = \sqrt{\frac{4bh}{\pi}}, \quad (3)$$

де  $b$  – ширина перерізу теплогенератора, м,  $h$  – висота перерізу теплогенератора, м.

Питомі витрати енергії (Вт·год/кг) визначаються за формулою:

$$d_{\text{пит}} = \frac{V}{Q}, \quad (4)$$

де  $Q$  – продуктивність установки (зерносушарки), кг/год.

Однак у наведеному визначенні відсутня сутність сушіння зерна - зменшення відсотка його вологості. Тому було введено поняття – питома витрата електроенергії ( $W_{\text{пит}}$ ) на видалення 1 % вологи з 1 кг зерна, Вт·год/кг·%, що визначається за формулою:

$$W_{\text{пит}} = \frac{W}{C_z \Delta \omega}, \quad (5)$$

де  $W$  – кількість електроенергії, витраченої на сушіння зерна і прокачування повітря, Вт;

$G_z$  – маса просушеного зерна, кг;

$\Delta \omega$  – різниця вологості зерна до і після сушки, %,

$$\Delta \omega = \omega_{\text{вх}} - \omega_{\text{вих}},$$

де  $\omega_{\text{вх}}$ ,  $\omega_{\text{вих}}$  – вологість зерна до сушки та після відповідно.

Отже, пропонуються рівняння для розрахунку потужності, необхідної для теплової обробки зерна; питомої витрати електроенергії на видалення 1 % вологи з 1 кг зерна; пропускної здатності касетного пристрою.

### Список джерел посилання

1. Кравчук В.І. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки і зберігання зернових культур: навч.посіб. Дослідницьке: УкрНДПВТ ім.Л.Погорілого. 2011. 224 с.

2. Шаповаленко О.І., Євтушенко О.О., Рибчинський Р.С. Сушіння та зберігання зерна: підручник. Херсон: Олді-Плюс, 2019. 396 с.



УДК 504.064

## АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ ТРІСКОРІЗУ ДИСКОВОГО ТИПУ МК-120ТР

*Ляшенко С.В., кандидат технічних наук, доцент  
Полтавський державний аграрний університет*

Відходи деревини, наприклад, гілки, є прекрасним матеріалом для виготовлення екологічного, відновлювального паливного матеріалу. Популярність таких видів палива на протязі останнього десятиліття збільшилася у кілька разів.

Деревна тріска виготовляється із залишків вирубки і обробки пиломатеріалів. Сьогодні тріска досить популярна як паливний матеріал для котлів в особистих селянських домогосподарствах. Неможливо підрахувати, скільки ж відходів деревини залишається кожен день, тому що вирубка лісових масивів і обрізка дерев, відбувається круглий рік щохвилини. Крім палива деревна тріска використовується для виготовлення будівельних матеріалів, паперу, мульчувальний матеріал і навіть як добриво в сільськогосподарській галузі. Для того, щоб зробити з тріски паливо, перш за все, обрізані гілки сортують. Після цього вони піддаються механічній обробці, перемелюванню в машинах для подрібнення, таких, як тріскоріз дискового типу МК-120ТР (рисунок 1).

Чому в якості паливного матеріалу обирають тріску? Це відбувається з наступних причин [1]:



Рисунок 1 – Тріскоріз дискового типу МК-120ТР

- під час згоряння одного кілограма тріски м'яких порід деревини питома теплота досягає приблизно 2500, а твердих порід – 2700 ккал;
- оскільки відходи деревини дешеві, придбати їх немає ніякої складності;
- подрібнення відходів деревини на тріску, в умовах особисто селянського господарства, орієнтовно коштуватиме від 0,05 грн до 0,5 грн за кілограм;
- можливість розфасовувати тріску в мішки для зберігання, вони будуть займати невелику площу;
- повільне згоряння з можливістю регулювання завантаження тріски в котел.

Тріскоріз дискового типу МК-120ТР призначений для подрібнення деревини розміром в діаметрі до 120 мм. Інші його характеристики наведено в таблиці 1 [2].

Таблиця 1 – Основні характеристики тріскоріза дискового типу МК-120ТР

Макс. діаметр м'якої породи деревини	120 мм
Макс. діаметр твердої породи деревин	100 мм
Розмір отриманої щепи	5...50 мм
Кількість ножів	4 шт.

**Висновки.** Найпоширенішою машиною для подрібнення відходів деревини є дискова подрібнювальна машина, яка найбільш підходить для фермерських господарств, комунальної сфери, а також буде незамінним помічником в особистих селянських господарствах. Зміною робочих органів та використовуючи додаткові специфічні конструктивні елементи можливо забезпечити якісне виконання процесу виготовлення тріски для подальшого використання її в якості паливного матеріалу.

#### Список джерел посилання

1. Ляшенко С.В., Яценко Ю.В., Лазоренко А.І. Результати експериментальних досліджень енергозберігаючого режиму роботи засобу механізації для подрібнення гілок дерев. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2021. №4. С. 249-258.
2. Тріскоріз МК-120ТР <https://arpal.ua/mk-120tr/p176> .



## PROCESSING OF SOLID WASTE ORGANIC COMPONENT

*Lyashenko S.S., student of higher education  
Poltava State Agrarian University*

With the intensification of production, the expansion of agricultural activity, the effects of human activity have become increasingly noticeable recently. A global environmental problem, as a result of human activity, is the pollution of natural ecosystems. In Ukraine, about 13 million tons of waste is generated every year, about 4% of which is recycled. The collected municipal solid waste accumulates in landfills and overfilled sites. The total area under waste is about 7% of the territory of Ukraine, and this figure is increasing every year. Today, 170,000 hectares of land contain about 40 billion tons of various wastes.

The accumulation of solid household wastes in the conditions of a personal rural economy makes it necessary to take into account many factors of their management. Determination of the most optimal methods and ways of processing, gives wide opportunities for its efficient use in the personal rural economy. Recycling of an organic solid waste component in particular should be considered as a strategically important direction for achieving a high solid waste management culture [1, 2]. Therefore, the issue of the recycling of the organic part of municipal solid waste in the personal rural economy is urgent and needs further research.

### References

1. Gorbenko, O., Lyashenko, S., Kelemesh, A., Padaka, V., Kalinichenko, A. Waste Usage as Secondary Resources. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management* 2021. 8(2), с. 417-429.
2. Lyashenko, S.; Gorbenko, O.; Kelemesh, A.; Kalinichenko, A.; Stebila, J.; Patyka, V. Non-Waste Technology for Utilization of Tree Branches. *Appl. Sci.* 2022, 12, 8871. <https://doi.org/10.3390/app12178871>.



УДК 631.316.02

## АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ТА ПРИЧИН ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП

*Ляшенко С.В., кандидат технічних наук, доцент  
Дінець А.А., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Полтавський державний аграрний університет*

При виконанні технологічних операцій обробітку ґрунту відбувається взаємодія різальних елементів культиваторних лап з абразивними частинками ґрунту. Швидкість переміщення культиваторних лап у ґрунтовому середовищі складає від 1,25 до 3,30 м/с, а коливання по глибині обробітку становлять відповідно 40...350 мм [1].

При зазначеній взаємодії спостерігається зменшення розмірів різальних елементів за розміром  $\Delta l$  (рисунок 1) і їх затуплення, що є основними параметрами зміни геометрії культиваторних лап.

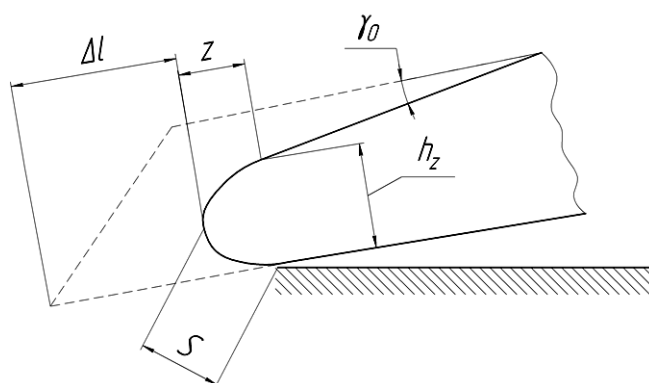


Рисунок 1 – Схема характеру зношування різальних елементів культиваторних лап

Вище згадані значення є контрольованими показниками і є значеннями за якими проводять дефектування культиваторних лап. За фактичними значеннями геометричних параметрів культиваторної лапи, робимо висновок про зносостійкість матеріалу різальної частини в залежності від наробітку та умов використання.

Досвід практичної експлуатації культиваторних лап засвідчує, що при втраті гостроти леза лапи її вибраковують та замінюють на нову [2]. Для контролю ступеню затуплення різальних елементів культиваторних лап використовують значення наступних

геометричних параметрів (рисунок 1): величина нижньої фаски  $S$  та товщину різальної крайки  $h_z$  заміряної на відстані  $z$ , за якими в ході досліджень можемо контролювати величину спрацювання культиваторної лапи. Характер спрацювання передньої грані різальних елементів визначають по величині кута клину  $\gamma_0$ .

З використанням прикладних програм на ПЕОМ є можливість контролювати геометрію різальних елементів як якісно за збільшеним зображенням на моніторі, так і кількісно – безпосереднім вимірюванням радіусу різальної кромки.

Дослідженнями встановлено, що зміна твердості металу суттєво не впливає на спрацювання крил та вістря культиваторної лапи, а лише розтягує в часі період формування геометрії ґрунтообробного робочого органу.

Одним із важливих параметрів різального елемента є його геометрія по довжині різальної крайки, особливості спрацювання культиваторної лапи наведено на рисунок 2.

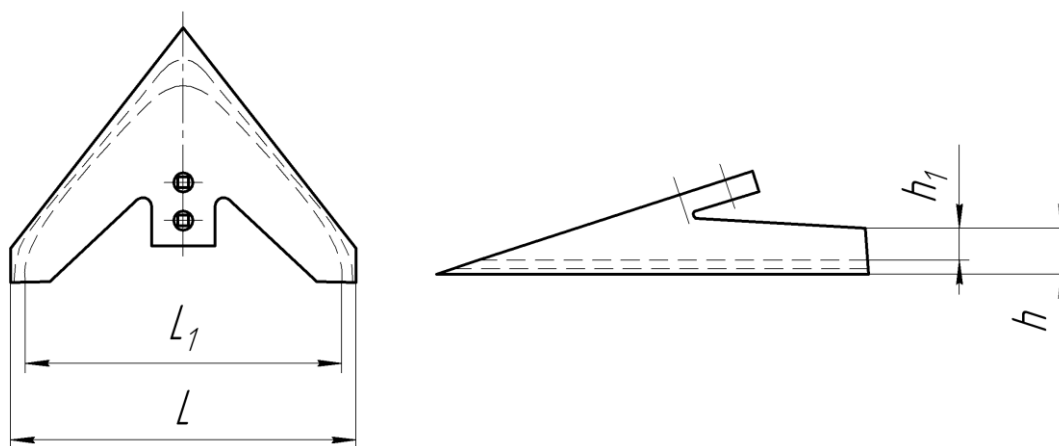


Рисунок 2 – Особливості зміни форми вістря та крила культиваторної лапи в процесі експлуатації

**Висновки.** Негативний вплив інтенсивного абразивного зношування призводить до зміни смуги обробки ґрунту з  $L$  до  $L_1$  та до зміни величини перекриття сусідніх (в напрямку руху) ґрунтообробних робочих органів культиватора. Суттєвих змін в обробку ґрунту отримаємо і при зміні висоти підйому культиваторної лапи внаслідок спрацювання ширини крила в межах від  $h$  до  $h_1$ , що впливає на якість обробки ґрунту, а саме погіршує кришення ґрунту. Із збільшенням значення радіусу заокруглення різальної крайки леза та самого вістря культиваторної лапи під час

експлуатації, суттєво збільшується тяговий опір робочого органа та агрегату в цілому. [3].

### Список джерел посилання

1. Кутовецька Т.О. Аналіз умов роботи та причин зношування різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин. Сучасні аспекти модернізації науки: стан, проблеми, тенденції розвитку, 2022, 256.

2. Климко Я. «Аналіз умов роботи та причин зношування різальних елементів.» Матеріали II Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» 1 (2009): 199-199.

3. Ляшенко С.В. Проектування торсіонно-ударного розпушувача ґрунту. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючого засобу для безполицевого обробітку ґрунту в умовах Полтавського регіону. [монографія] / Полтава: РВВ ПДАА. 2015. 200 с.

УДК 504.064.45

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ДЕРЕВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

*Ляшенко С.В., кандидат технічних наук, доцент  
Кащенко О.О., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Полтавський державний аграрний університет*

Тема поводження з відходами деревини рослинного походження (гілки, кущі, чагарники) актуальна як для фермерських господарств, у діяльності яких утворюються деревні відходи, так і для особистих присадибних господарств, при догляді за садком. Утилізувати гілки методом спалювання заборонено, отже необхідно приділити увагу пошуку технологій переробки.

У процесі обслуговування насаджень міських парків, при лісозаготівлі, під час роботи на присадибній ділянці, неминуче утворюються деревні відходи, левову частку яких становлять звичайні гілки. Технології їх утилізації на сьогоднішній день декілька.

Вивіз гілок на звалище. Вкрай нераціональна і застаріла технологія, але вона й досі використовується переважно у сільській місцевості.

Спалювання. Технологія, що широко використовується переважною більшістю садівників. Спалювання на відкритому вогнищі заборонено.

Переробка. Найбільш економічна та екологічно раціональна технологія. Включає кілька різних етапів, які з успіхом реалізуються і на промислових підприємствах, і в масштабах особистого присадибного господарства.

Переробка гілок та інших деревних відходів включає наступні методи, що поділяються умовно на кілька груп.

Перша група – фізико-хімічні методи. Суть технологій переробки цієї групи полягає у впливі на вихідну сировину хімічними реагентами та фізичними факторами. Наприклад, гідроліз (розкладання полісахаридів у сірчаній кислоті для виробництва етанолу) та піроліз (отримання піролізного палива з деревних відходів у безповітряному середовищі в умовах високих температур).

Друга група – механічні методи. Вплив на гілки та інші залишки деревини різними видами обладнання для зміни об'ємів та розмірів відходів для їх подальшого використання.

Третя група – біологічні. Розкладання органічної компоненти деревини мікроорганізмами (хробаками) для одержання компосту (компостування). Досить повільний процес і тому у промислових масштабах використовується рідко [1].

Найбільш простим і доступним для умов особистих присадибних господарств – є механічний спосіб, а саме переробка гілок на тріску за допомогою спеціального обладнання, такого як тріскоріз.

**Висновки.** Подрібнення відходів деревини рослинного походження, що накопичуються на приватних присадибних господарствах є, на думку авторів, найефективнішим технологічним процесом, що має наступні переваги:

- механічний спосіб подрібнення за допомогою тріскоріза є екологічно безпечним;
- подрібнений матеріал може бути використаний у якості дешевого, відновлюваного паливного матеріалу;
- під час спалювання такого матеріалу у спеціалізованих котлах, отримуємо деревну золу, що знаходить застосування як безкоштовне добриво, збагачене калієм.

### Список джерел посилання

1. Gorbenko, O., Lyashenko, S., Kelemesh, A., Padaka, V., Kalinichenko, A. Waste Usage as Secondary Resources. Procedia Environmental Science, Engineering and Management 2021. 8(2), с. 417-429 [http://procedia-esem.eu/pdf/issues/2021/no2/13\\_45\\_Gorbenko\\_21.pdf](http://procedia-esem.eu/pdf/issues/2021/no2/13_45_Gorbenko_21.pdf)

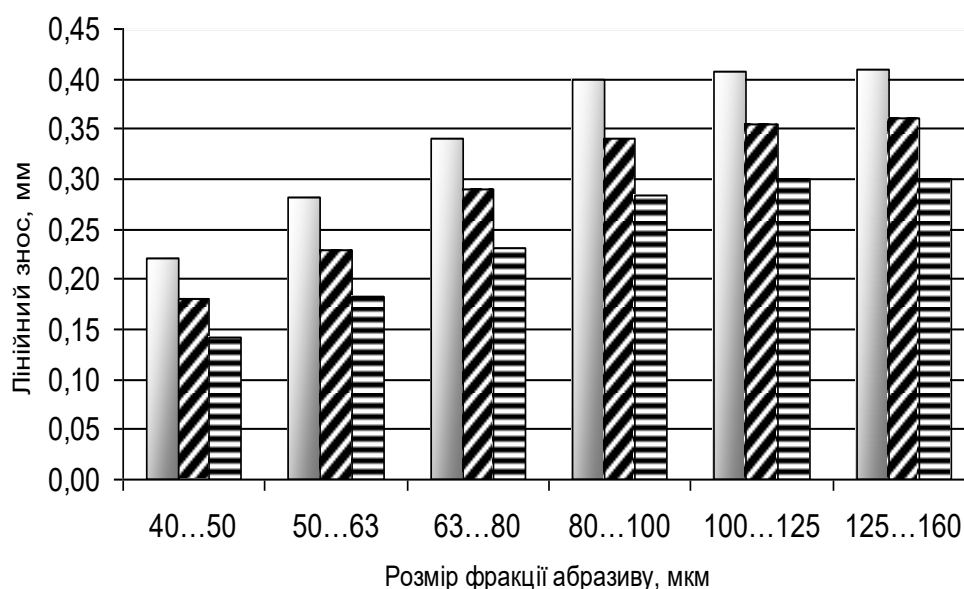
УДК 504.064.45

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ АБРАЗИВНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЗМІЦНЕНИХ СТАЛЕВИХ ЗРАЗКІВ

*Ляшенко С.В., кандидат технічних наук, доцент  
Чорнобай О.В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Полтавський державний аграрний університет*

Дослідження абразивної зносостійкості зразків сталей 45, Л53, 65Г, зміцнених за технологіями термообробки проводили на машині тертя Х4-Б, за відомою методикою [1].

Результати вимірювань лінійного зносу зразків, що підлягали термічній обробці, наведені на рисунку 1.



■ – сталь 45; ▨ – сталь Л53; ▤ – сталь 65Г

Рисунок 1 – Залежність лінійного зносу зразків після термозміцнення від розміру фракції абразиву

Можна бачити, що після термообробки величина зносу для досліджуваних сталей збільшується практично за однаковою закономірністю. Після того, як розмір фракції абразиву становить 80...100 мкм і більше величина зношування зразків сталі 45 практично однакова. Для сталей Л53 і 65Г величина зношування стабілізується починаючи з розміру фракції абразиву 100...125 мкм. Це можна пояснити особливостями зміцнення сталей, що мають легуючі елементи. На зазначений ефект впливають і режими термообробки [2].

**Висновки.** На увагу заслуговує і той факт, що величина і швидкість зношування сталі 45 на 14 % більше від сталі Л53 і на 36% більша від сталі 65Г, тобто залежить від складу сталей.

У порівнянні з індукційним наплавленням сплаву ПС-14-60, його термообробка збільшує зносостійкість поверхні у 1,15...1,25 рази, а при додаванні карбиду бору до даного сплаву при термічній обробці зразків – у 1,3...1,5 разів. Закономірність зношування наплавлених шарів в залежності від розміру фракції абразиву аналогічна термозміцненню. Відмінність полягає тільки у більш високій зносостійкості наплавлених шарів.

### Список джерел посилання

1. Мартиненко О.Д.; Щербак Л.В. Зміцнення дискових робочих органів ґрунтообробних машин лазерним випромінюванням. 2011.
2. Денисенко М.І.; Войтюк В.Д. Зміцнення лез ґрунтообробних робочих органів сільськогосподарських машин з утворенням ефекту самозагострювання. Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового лісового та транспортного комплексів», 2016, 6: 175-182.



УДК 631.5

## ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ БЛОЧНО- МОДУЛЬНОЇ ПОБУДОВИ

*Макаренко М.Г., доцент*  
*Пиріжок В.І., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»*  
*Хейло В.О., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»*  
*Державний біотехнологічний університет*

Блочно-модульне і базове виконання універсальних машин (агрегатів) характеризується наявністю в них базової конструкції (енергетичного засобу) і складових частин (робочого або технологічного устаткування), що агрегуються з нею, кожна з яких має сукупність таких ознак, як функціональна визначеність, конструктивна завершеність, належність до відповідного типорозмірного ряду. Привабливість ідей блочно-модульного принципу конструювання при створенні універсальної техніки полягає в тому, що вона дає можливість здійснити звуження невиправдано широкої номенклатури машин та освоєння модульних виробів (устаткування).

В основі блочно-модульного принципу конструювання лежить системний підхід, при якому сукупність виробів, призначених для виконання певного кола функцій, розглядається як складна система, що складається з ряду функціональних підсистем [1]. При цьому складова частина розглядається як частина, що не підлягає подальшому розчленовуванню, як моноблокова конструкція з своїм головним параметром і приєднувальними розмірами. Тому необхідно, щоб така складова частина належала до найвищих ступенів розчленовування виробів ряду. З позицій системного підходу ці умови характеризують складову частину модуля як підсистему найвищого рівня в структурі універсальної машини (агрегату), що відповідає її компоновальній схемі. Це дозволяє забезпечити багатофункціональність і високий рівень універсальності модульної складової частини і агрегату в цілому [2].

В практиці конструювання складної сучасної техніки перспективною є розробка модифікацій вже існуючих і освоєних у виробництві виробів з метою зміни або розширення їх



функціональних властивостей, а також проектування нових видів, що не мають прототипу або аналога. При цьому модульні складові частини повинні відповідати на своєму рівні розукрупнення вимогам: конструктивної і функціональної закінченості; відповідати типорозмірному ряду; конструктивної і функціональної сумісності (параметричної, енергетичної, ергономічної і ін.); мати приєднувальні, габаритні розміри кратні проектному модулю.

Однак, при складанні таких агрегатів існують обмеження, при перевищенні яких порушується стабільність руху агрегату по заданій траєкторії та знижуються його тягово-зчіпні властивості [3]. З метою визначення допустимих меж проведена оцінка жорстко-з'єднаного агрегату на прикладі спрощеної двоколісної моделі тракторного агрегату з переднім керованим колесом в режимі сталого руху ( $\square = const$  и  $V_{X1} = const$ ).

$$R_{\delta 2} = mV_{X1}^2 \frac{a}{L^2} \operatorname{tg} \alpha; \quad R_{\delta 1} = mV_{X1}^2 \frac{b}{L^2} \operatorname{tg} \alpha \sec \alpha + R_{k1} \operatorname{tg} \alpha; \quad R_{k2} = \frac{R_{k1}}{\cos \alpha}.$$

При виході за допустимі обмеження сумарних реакцій сил по зчепленню на передніх і задніх колесах, можливе ковзання коліс по опорній поверхні. Це приводить до втрати керованості (включаючи стійкість), а також знижує показники поворотності машини.

При ковзанні передніх коліс погіршуються показники керованості та поворотності машини, а при ковзанні задніх – стійкості.

Умова відсутності ковзання передньої осі

$$R_{\delta 1}^2 + R_{k1}^2 - \varphi^2 R_{Z1}^2 \leq 0.$$

Можна зробити висновок про те, що граничні (за умовами ковзання передніх і задніх коліс) швидкості руху трактора відрізняються один від одного. Це означає, що при повороті такого агрегату першим можуть почати ковзати або передні, або задні колеса.

З погляду забезпечення керованості трактора доцільно, щоб ковзання задніх коліс відбувалося при вищій швидкості, ніж ковзання передніх. Визначена умова випереджаючого ковзання передніх коліс у вигляді

$$\sqrt{gfL \operatorname{tg} \alpha \sqrt{\frac{\varphi^2}{f^2} - \frac{b^2}{a^2} \sec^2 \alpha}} \geq \sqrt{gfL \operatorname{tg} \alpha \left( \sqrt{\frac{\varphi^2}{f^2} - 1} \cdot \cos \alpha - \sin \alpha \right)}.$$

За результатами досліджень встановлено, що тракторний агрегат, що має зміщений до передньої осі центр мас при задніх ведучих і

передніх не ведучих керованих колесах, має недостатню стійкість при  $\alpha < 10^\circ$ , а при великих кутах повороту керованих коліс зона випереджаючого ковзання передніх коліс заповнює практично все поле можливих значень  $a/L$ .

### Список джерел посилання

1. Макаренко М.Г. Вплив перерозподілу нормальних навантажень від агрегатуємих на передній і задній начіпних системах сільськогосподарських машин на тягові якості трактора // Вісник ХДТУСГ. Зб. наук. пр., вип. 29. Харків, 2004. – С. 91-97.

2. 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.

3. Пиріжок В.І., Макаренко М.Г. Дослідження структури адаптивної системи керування блочно-модульного агрегата. // Матеріали ХІХ міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4.0 в ХХІ столітті". Харків, 2023. – С. 60.

УДК 631.5

## ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ РАЦІОНАЛЬНОЮ КОМПОЗОВКОЮ

*Макаренко М.Г., доцент  
Хейло В.О., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Пиріжок В.І., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Державний біотехнологічний університет*

Проблеми підвищення ефективності тракторної техніки тісно пов'язані з вибором оптимальної потужності і досягненням відповідної маси трактора. В зарубіжному тракторобудуванні рівень потужності визначається на основі попиту і статично відображає можливості її використання. Статистика розподілу залежності маси трактора від потужності дозволяє оцінити «економічність» конструкцій за допомогою усереднених значень енергонасиченості. Таким чином можна встановити оптимальну енергонасиченість з погляду несучої здатності конструкцій. Крім того, зарубіжні

тракторобудівні, фірми розглядають оптимальну енергонасиченість тракторів з погляду найбільшого задоволення потреб покупців, надаючи при цьому велику увагу підвищенню тягово-зчіпних якостей при робочих швидкостях, що найчастіше використовуються в процесі виконання різних с. г. операцій.

Аналіз залежності маси зарубіжних тракторів від потужності показав, що ця залежність близька до прямолінійної і змінюється в невеликих межах залежно від функціонального призначення трактора. Також енергонасиченість тракторів змінюється, коли декілька тракторів уніфікованого сімейства при різній потужності мають масу, що мало змінюється [1].

В цілому енергонасиченість трактора залежить перш за все від робочих швидкостей МТА, які на найбільш поширених сільськогосподарських операціях досягли межі при існуючих технологіях і домінуванні тракторів традиційної компоновки і тягової концепції. Тому характер залежності маси трактора від потужності в тракторобудуванні США і західноєвропейському регіоні не змінюється протягом тривалого періоду [2].

Для вирішення проблеми підвищення продуктивності виникає необхідність пошуку нових компоновальних схем для мобільних енергозасобів, а також принципів побудови польових агрегатів, що дозволять інтенсивно використовувати енергетичні і матеріальні ресурси за рахунок більшої зайнятості енергозасобів на с.-г. роботах, зменшення їх вартості при комплектуванні уніфікованими вузлами і агрегатами. Аналізуючи використання мобільних енергетичних засобів в сільському господарстві можна прогнозувати, що широке застосування самохідних збиральних машин приводить останнім часом до «заморожування» значних матеріальних засобів і неефективного використання енергетичного потенціалу [3, 4]. За даними академіка М. М. Севернева, енергоємність 1 години роботи у тракторів в 5-7 разів менше ніж у самохідних машин з двигуном однакової потужності, що пов'язано з меншим річним завантаженням останніх. Разом з тим сучасний трактор, оснащений швидкозчіпними і навісними пристроями, системами відбору потужності для приводу сільгоспмашин, змінюється якісно, стає універсальним енергозасобом. А оскільки у самохідних машин 35-50% маси припадає на силову установку і шасі, можна розраховувати, що використання «вивільняємих енергозасобів», що агрегуються з технологічним модулем, дозволить в 2-2,5 рази зменшити металоємність години роботи і одиниці продукції в порівнянні з самохідними комбайнами.

Для підвищення продуктивності при виконанні с. г. робіт є декілька шляхів: подальше підвищення робочих швидкостей, що обмежується рядом причин, збільшення ширини захвату знарядь, що обмежується умовами стійкості руху, маневрування, копіювання рельєфу, часу перескладання агрегатів і т. д., або комбінування машин і поєднання операцій, якщо це можливо за технологією виконання с. г. робіт. У всіх цих випадках потрібна зміна конструкції силової установки, шасі, органів управління і навіть в цілому компоновки мобільних енергетичних засобів (МЕЗ) з широким застосуванням мікропроцесорних систем автоматичного керування [5]. Найбільш ефективно застосовувати вивільняється МЕЗ в агрегаті з комбінованими машинами в інтенсивних технологіях, для яких характерне зростання кількості одночасно виконуваних малоенергоємних технологічних і транспортних операцій. Крім того, вони мають високу універсальність при комплектуванні комбінованих агрегатів.

### Список джерел посилання

1. Макаренко М.Г. Вплив перерозподілу нормальних навантажень від агрегатуємих на передній і задній начіпних системах сільськогосподарських машин на тягові якості трактора // Вісник ХДТУСГ. Зб. наук. пр., вип.. 29. Харків, 2004. – С. 91-97.
2. Match Implement Size to Tractor to Save Fuel. Електронний ресурс. <https://farm-energy.extension.org/match-implement-size-to-tractor-to-save-fuel/>
3. Хейло В.О., Макаренко М.Г. Дослідження тягових якостей самохідного шасі у складі комбінованого МТА. // Матеріали ХІХ міжнародного форуму молоді «Молодь і індустрія 4.0 в ХХІ столітті». Харків, 2023. – С. 74.
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 ХІХ міжнародного форуму молоді «Молодь і індустрія 4.0 в ХХІ столітті». Харків, 2023. – С. 60.



УДК 631.5

## ПІДВИЩЕННЯ МАНЕВРНОСТІ ТРАКТОРА ХТЗ-160 ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАНОТРОННОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПОВОРОТОМ

*Макаренко М.Г., доцент*  
*Хейло В.О., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»*  
*Пиріжок В.І., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»*  
*Державний біотехнологічний університет*

Перспективним напрямком вдосконалення керуванням сучасними сільськогосподарськими агрегатами є створення автоматизованих систем керування на основі впровадження мікропроцесорних систем. Необхідністю використання таких систем є: збільшення кількості об'єктів керування і їх параметрів, якими необхідно управляти; розвиток системи дистанційного керування об'єктами, про динаміку яких судять на основі сприйнятих сигналів від засобів відображення інформації; ускладнення і збільшення швидкості перебігу технологічних процесів; зміни в умовах праці і т.д.

Проблема підвищення ефективності функціонування машинно-тракторних агрегатів (МТА) в значній мірі залежить від їх керованості для можливості руху агрегату по заданій траєкторії.

Сучасна система «людина – машина – поле» забезпечує прийнятне протікання технологічного процесу, якщо характеристики вхідних сигналів і об'єктів керування (апріорна інформація) практично не змінюються в процесі роботи, або їх зміна ефективно контролюється людиною. Разом з тим, на практиці робота такої системи з точки зору якості виконання технологічних операцій є недостатньо ефективною. В зв'язку з цим, пропонується перехід до нового класу систем типу «людина – засоби оперативного мікропроцесорного керування - машина – поле», які можуть бути названі адаптивними системами з керованою якістю виконання технологічних процесів. Їх реалізація полягає в доданні до базової структури системи контуру оперативного (адаптивного) керування (рисунок 1).

Додатковий контур оперативного керування повинен виконувати наступні функції: отримання поточної інформації про стан поля  $I_{П}(t)$ , режими роботи робочого органу та машини  $I_{М}(t)$  і у процесі

виконання технологічної операції встановлення значення відповідного показника якості; порівняння дійсного показника якості  $I_{Aj}(t)$  з бажаним і обчислення на цій основі (з врахуванням факторів зовнішнього впливу і попередньо заведеної апріорної інформації) відповідної керуючої дії  $U_{Ti}(t)$ , або сигналу оператору  $I_{Ti}(t)$  на зміну параметрів робочого органу (керуваного пристрою)  $U_{Oi}(t)$ .

Створення систем з керованою якістю виконання технологічних процесів потребує розробки сільськогосподарської техніки нового покоління. Ця техніка відрізняється наявністю спеціальних засобів оперативного керування, що інтегровано вписані в конструкцію та режими роботи базових агрегатів.

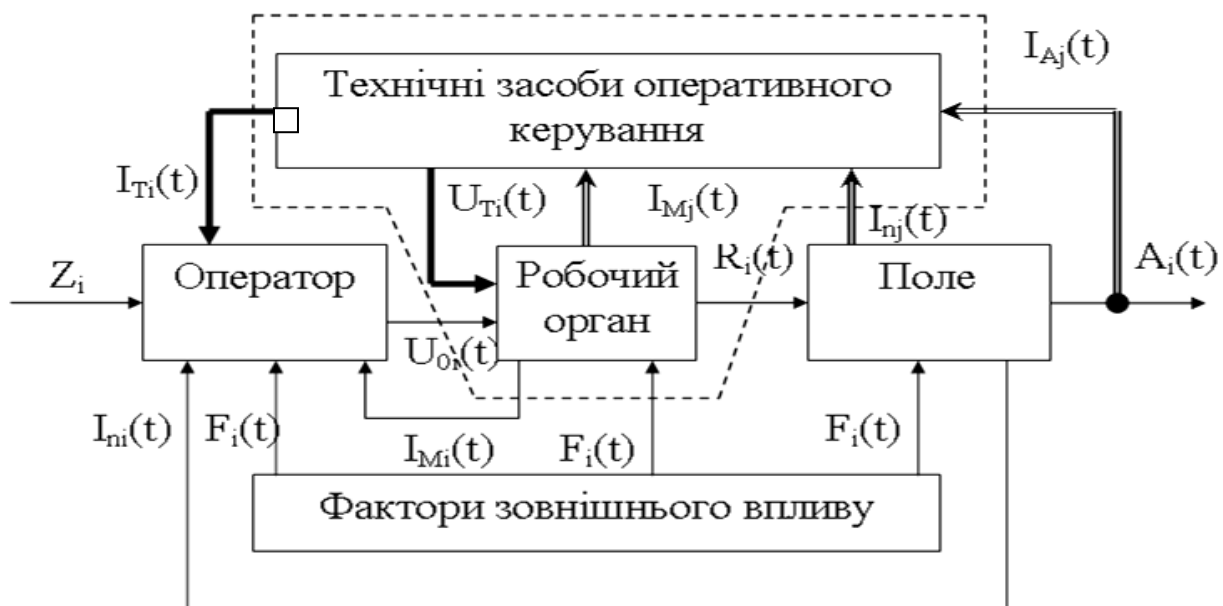


Рисунок 1 – Структурна схема системи «людина – засоби адаптивного керування - машина – поле» з керованою якістю виконання технологічного процесу

Ця система може бути застосована для підвищення маневрових якостей машинно-тракторного агрегату на базі трактора ХТЗ-160. Для цього запропонована модель повороту шляхом використання комбінованого способу керування.

Особливістю сучасного багатоопераційного МТА є дія змінних по величині та напрямку сил і моментів від навішених машин на передньому та задньому начіпних пристроях [1-5]. Внаслідок цього змінюються зчіпні властивості коліс та маневреність агрегату в цілому. Для забезпечення руху тракторного агрегату по заданій траєкторії передбачається узгодження кутів повороту керованих коліс

і різниці дотичних реакцій на колесах так, щоб не викликати бічного ковзання коліс.

Питання узгодження роботи гальмівного і рульового керування полягають у визначенні гальмівного моменту на внутрішньому задньому колесі трактора, який необхідний при повороті керованих коліс на кут  $\bar{\alpha}$  для запобігання їх бічного ковзання:

$$M'_{T_2} = \frac{mfr_{k_2}}{2b\left(1 + \frac{b^2}{L^2} \operatorname{tg}^2 \bar{\alpha}\right)} V_{X1}^2 \left[ \frac{h}{B} \left(1 + \frac{b}{L} \operatorname{tg} \frac{\bar{\alpha}}{2} \operatorname{tg} \bar{\alpha}\right) + \frac{2I_{k_2}}{mBr_k^2} \right] \cdot \sin 2\bar{\alpha},$$

У зв'язку з тим, що в колісних тракторах комбінований спосіб керування поворотом здійснюється за рахунок одночасного повороту керованих коліс і гальмуванням коліс внутрішнього борту (натисненням на педаль гальма), то узгодження немає. У зв'язку з викладеним, можлива ситуація, при якій у разі блокування загальмованого внутрішнього колеса і малому навантаженню на передні керовані колеса виникає бічне ковзання останніх. Проведені дослідження повороту трактора з гальмуванням заднього внутрішнього колеса і бічним ковзанням передніх керованих коліс. Рух трактора в цьому випадку описується наступною системою рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} m \frac{d^2 X_1}{dt^2} &= R''_{k_2} - R'_{k_2} - R_{\Sigma 1} \cos \rho; \\ m \frac{d^2 Y_1}{dt^2} &= R_{\Sigma 1} \sin \rho - R_{\delta 2}; \\ I_{ZC} \frac{d\omega}{dt} &= (R''_{k_2} + R'_{k_2}) \frac{B}{2} - R_{\delta 2} b - R_{\Sigma 1} a \sin \rho. \end{aligned} \right\}$$

Якщо допустити, що  $|R''_{k_2}| \approx |R'_{k_2}|$  то отримаємо:

$$R_2 = \frac{L}{B} \frac{mV_{X1}^2}{(R''_{k_2} + R'_{k_2})} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{B^2 (R''_{k_2} + R'_{k_2})^2}{m^2 V_{X1}^4 \frac{b^2}{L^2}}} \right).$$

Таким чином, використовуючи вказані залежності можна орієнтовно розрахувати радіус повороту тракторного агрегату при загальмовуванні внутрішнього борту і бічному ковзанні передніх коліс. Автоматичне узгодження кутів повороту керованих коліс і гальмування заднього внутрішнього колеса трактора є найбільш ефективним варіантом реалізації комбінованого способу повороту при реалізації системи «людина – засоби оперативного мікропроцесорного керування - машина – поле».

### Список джерел посилання

1. Макаренко М.Г. Вплив перерозподілу нормальних навантажень від агрегатуємих на передній і задній начіпних системах сільськогосподарських машин на тягові якості трактора // Вісник ХДТУСГ. Зб. наук. пр., вип.. 29. Харків, 2004. – С. 91-97.
2. Хейло В.О., Макаренко М.Г. Дослідження тягових якостей самохідного шасі у складі комбінованого МТА. // Матеріали ХІХ міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4.0 в ХХІ столітті". Харків, 2023. – С. 74.
3. 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.
4. Пиріжок В.І., Макаренко М.Г. Дослідження структури адаптивної системи керування блочно-модульного агрегата. // Матеріали ХІХ міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4.0 в ХХІ столітті". Харків, 2023. – С. 60.
5. Match Implement Size to Tractor to Save Fuel. Електронний ресурс. <https://farm-energy.extension.org/match-implement-size-to-tractor-to-save-fuel/>

УДК 631.331

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ СЕПАРАТОРА ЗЕРНА

*Маляр П.Є., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»*

*Падалка В.В., кандидат технічних наук, доцент*

*Полтавський державний аграрний університет*

Найважливішим завданням у землеробстві є всемірне збільшення виробництва зерна, підвищення стійкості зернового господарства на основі вдосконалення структури посівних площ, зростання врожайності, ефективності використання мінеральних та органічних добрив, максимального розширення посівів на меліоративних землях у районах, достатнього зволоження, впровадження високоврожайних сортів та гібридів агротехніки вирощування зернових культур.

Великим резервом збільшення виробництва зерна, поряд із підвищенням урожайності зернових та зернобобових культур, є



скорочення втрат урожаю при збиранні, а також покращення якості насінневого матеріалу.

Зернове господарство нашої країни має розвиватися високими темпами, щоб надійно постачати країну продовольством та сільськогосподарською сировиною в достатній кількості.

Одна з найважливіших проблем у виробництві зерна, як і раніше, залишається його післязбиральна обробка.

Вирішення поставленого завдання вимагає подальшої інтенсифікації післязбиральної обробки зерна та постановки її на промислову основу.

Особливо актуальне це завдання для центральної України, де збирання та післязбиральна обробка проводиться у стислі терміни та у більшості випадків за несприятливих умов погоди. Тому в цих зонах широкого поширення набули індустріальні методи збирання зернових культур з подальшою післязбиральною обробкою на зерноочисних агрегатах та комплексах [1-5].

Практика експлуатації агрегатів та комплексів показала, що середня продуктивність та технічна ефективність зерноочисних машин низька.

З досвіду експлуатації насінноочисних машин видно, що їх можливості використовуються далеко не повністю, причому однією з основних причин, що знижують ефективність цих систем, є їх недосконалість.

У багатьох зонах країни у структурі собівартості зерна до 40% посідає післязбиральну обробку, а витрати праці сягають 50% і від загальних витрат.

Найбільш поширений та ефективний спосіб очищення та сортування зерна в даний час – сепарація на решітках. У цьому переважно застосовуються плоскі решета, але мають обмежену продуктивність на одиницю робочої поверхні [6-7].

Недоліком плоских решіт є необхідність коливальних рухів, що ускладнює привід та очищення решіт, потребує пристроїв для їх врівноваження. Все це обумовлює складність, недостатню надійність машин, а також їх великі габарити, металомісткість і, відповідно, високу вартість, і великі експлуатаційні витрати.

Для підвищення ефективності роботи решітних сепараторів необхідно у принципі змінити технологічний процес. Основним чинником, визначальним процес сепарації, має бути сила тяжкості,

інші сили, наприклад, інерційні. Це можна реалізувати в циліндричних решітках.

В даний час циліндричні решета застосовуються рідко внаслідок меншої питомої продуктивності через більшу товщину шару зерна, слабкого перерозподілу в ньому частинок, неповного використання решітної поверхні. Однак, маючи меншу в порівнянні з плоскими решітками питому продуктивність, циліндричні решета мають ряд безперечних переваг. Вони не потребують врівноваження, відрізняються плавністю ходу, простим приводом, компактністю, високою надійністю. Пристрої для очищення циліндричних решіт також значно простіше. Але найголовніша перевага циліндричного решета - можливість використовувати як фактор, що визначає процес сепарації, не силу тяжіння, а інерційні сили, тим самим збільшити швидкість і продуктивність решета. Все це дозволяє вважати, що інтенсифікація сепарації за допомогою циліндричних решіт є актуальним завданням, а самі решета одним з найперспективніших робочих органів для сепарації зерна.

На підставі викладеного, формулюється наступна мета дослідження: Інтенсифікація технологічного процесу сепарації зерна, на стадії попереднього очищення шляхом застосування циліндричного решета з планетарним обертанням.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес сепарації зерна на горизонтальних циліндричних решітках із планетарним обертанням.

Предмет дослідження. Виявлення закономірностей процесу сепарації зерна, параметри та режими роботи решітних циліндрів при планетарному русі.

Сезонна вологість свіжозібраного зерна 18-23% залежно від кліматичної підзони та умов конкретного року. Вологість окремих партій зерна, що надходить на обробку, може коливатися від 9 до сухих періодів до 36% в кінці збирання в несприятливі сезони. Засміченість зерна також висока - у середньому 8-10% і коливається від 3 при вологості зерна 16-20% і до 20% у високовологих партій зерна.

Важкі умови збирання та післязбиральної обробки зерна вимагає чіткої і правильної організації та виконання робіт з очищення, сушіння та зберігання зерна, ефективного використання наявних у господарстві машин та обладнання з дотриманням усіх вимог [3].

Зернова маса, що надходить на обробку від комбайнів, має підвищену вологість і засміченість: містить насіння основної

культури, інших культурних і бур'янів, домішки органічного та мінерального походження, а також дефектні (щуплі, биті, роздроблені та ін) зерна основної культури. Тому основне призначення післязбиральної обробки - збереження зібраного врожаю та доведення зернового матеріалу до необхідної якості шляхом видалення зайвої вологи, насіння інших культур, дефектного зерна, бур'янів та різних домішок. За своїм призначенням зерно підрозділяється на продовольче, фуражне, технічне та насіннєве. Якість кожного їх встановлюється спеціальними стандартами.

Структура зернової маси забезпечує її легку рухливість, тобто сипкість. Хороша сипкість зернових мас дозволяє досить легко переміщати їх за допомогою норій, конвеєрів та пневмотранспортних установок, завантажувати в різні за розмірами та формою зерносклади і, нарешті, переміщати їх, використовуючи принцип самопливу.

Щоб інтенсифікувати процес сепарації зерна на решетах, необхідно вивчити всі фактори, що впливають на цей процес. Насамперед, слід теоретично встановити, як відбувається рух частинок оброблюваного матеріалу по внутрішній поверхні решета, виявити характер цього руху, визначити сили, що діють на частинки, а також умова їх стійкого циклічного руху, так як стійкість процесу є однією з основних умов надійної роботи сепаруючого робочого органу.

Зерновий ворох, розташовується на поверхні, що сепарує, шаром певного розміру і структури [8-10]. Частина може рухатися зі ковзанням, або перекочуючись. Можливий також варіант, у якому обидва види руху чергуються. Переважання якогось одного з них у конкретний момент часу залежить від багатьох факторів. Частина може рухатися з деякою відносною швидкістю або перебувати у стані спокою по відношенню до поверхні решета. Оскільки при вирішенні технічних завдань у першому наближенні можна прийняти, що коефіцієнт тертя матеріальної точки на поверхню решета не залежить від швидкості її відносного руху. Тому приймемо, що коефіцієнт тертя спокою дорівнює коефіцієнту тертя під час руху. Тобто. приймається постійним і рівним середньому його значенню по всьому шляху руху частки.

Сепарація сипких тіл можлива лише при русі оброблюваного матеріалу щодо поверхні, що сепарує. Отже, одним із найважливіших

завдань, що виникають при обґрунтуванні параметрів зерноочисних машин, є вибір режиму роботи.

З проведеного аналізу випливає, що дослідження шляхів інтенсифікації процесу сепарації зерна на циліндричних решітках набули великого поширення в сучасній науці, що говорить про розгляд циліндричного решета як перспективний шлях інтенсифікації процесу сепарації зерна.

За результатами аналізу стану питання встановлено, що одним із ефективних рішень інтенсифікації сепарації зерна є застосування горизонтальних циліндричних решіт. Розроблено технологічну схему циліндричного решета з планетарним обертанням, що забезпечує інтенсифікацію процесу сепарації за рахунок впливу на зерно складного інерційно-гравітаційного силового поля, що підвищує інтенсивність переміщення зернового шару, що покращує перерозподіл компонентів зернового вороху та його динамічні характеристики.

Виявлено закономірності, що характеризують вплив конструктивно-технологічних параметрів (питома продуктивність, вологість зерна, радіус решета, співвідношення радіусів водила та решета, частота обертання, кут нахилу решета щодо осі водила) на процес сепарації зернового вороху. Обґрунтовано раціональні конструктивно-режимні параметри: діаметр циліндричного решета - 0,3 м, довжина решета - 0,9 м, співвідношення радіусів водила і решета - 1,8...2,4, кут нахилу решета - 3 град, частота обертання водила.

Розрахунковий річний економічний ефект при обробці зернового вороху сепаратором, оснащеним горизонтальним циліндричним решетом з планетарним обертанням, становить 21080 грн на одну зерноочисну машину.

Результати досліджень можна використовувати в навчальному процесі навчання агроінженерних спеціальностей у навчальних організаціях, у конструкторських бюро при розробці технічних засобів для очищення зерна, безпосередньо в сільськогосподарському виробництві при післязбиральній обробці зерна

### Список джерел посилання

1. Сало В.М., Лузан П.Г., Богатирьов Д.В. Технічне забезпечення підготовки зерна до зберігання: монографія. Кіровоград: СПД ФО Лисенка В.Ф., 2014 року. 148 с.

2. ТОП-10 країн-виробників пшениці в 2020/21 МР. Головний сайт про агробізнесі: веб сайт. URL: <https://latifundist.com/rating/top-10-stran-proizvoditelej-pshenitsy-v-202021-mg> (дата звернення 27.06.2021).

3. Постнікова М.В., Петров В.О. Дослідження енергоємності процесу очищення зерна на зерноочисних машини. Науковий вісник ТДАТУ. 2018 року. Вип. 8. Т2. 3. 238-245. DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-33.

4. Самчук Ю.Ю., Стельмах В.М., Тростенюк Ю.І. Дослідження можливості застосування комп'ютерного моделювання у процесі оптимізації конструкторських рішень при проектуванні зерноочисних машин . Інженерія природокористування . 2018 року. № 1(9). 3. 71-78.

5. Тищенко Л., Харченко С., Василенко О. Сепарація гороху та нуту. The Ukrainian Farmer: веб-сайт. URL: <https://agrotimes.ua/article/separaciya-gorohu-ta-nutu/> (дата звернення: 29.11.2021).

6. Тищенко Л.М., Ольшанський В.П., Ольшанський С.В. Вібросітчаста сепарація зернових сумішей: монографія. Харків: «Міськдрук», 2011 року. 280 с.

7. Котів Б.І., Деревенько І.А, Степаненко С.П. Дослідження ефективності сепарації зернових матеріалів на ступінчасто-колінчастому решеті вібровідцентрових машин Вібрації в техніці та технологіях. 2017. № 2 (85). С. 99-102.

8. Алієв, Є.Б. Фізико-математичні моделі процесів прецизійної сепарації насінневого матеріалу соняшнику: монографія. Запоріжжя: СТАТУС, 2019. 196 с.

9. Сергіїв А.П., Макарів А.В., Журавльов А.В. До питання безрешітної сепарації сипучих багатокомпонентних матеріалів. Фундаментальні дослідження: Технічні науки. 2015. № 2, ч.2. 3. 4871-4875.

10. Igor Dudarev et al. Research on seed separation process on gravity-cascade separator / Дослідження процесу сепарування насіння на сепараторі гравітаційно-каскадного типу INMATEH – Agricultural Engineering . 2020. Vol. 62, no.3. Pp. 173-180. DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-62-18>.



УДК 622.2

## МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗУСИЛЛЯ РОЗРИВУ В ТАЛЕВОМУ КАНАТІ УСТАНОВОК ДЛЯ БУРІННЯ АРТЕЗІАНСЬКИХ СВЕРДЛОВИН З РОЗРОБЛЕННЯМ ПРУЖИННОГО ЕЛЕКТОРМЕХАНІЧНОГО ІНДИКАТОРА

*Матвієнко А.М., кандидат технічних наук, доцент  
заступник директора Департаменту дослідження свердловин та  
розробки родовищ ДП «Укрнаукагеоцентр»*

Вода та водні ресурси є одним з головних джерел життєдіяльності людини. Питання водозабезпечення та водної безпеки стали вкрай актуальними для України в умовах ведення військових дій та впливу їх руйнівних наслідків на стан забезпечення доступу населення, аграрних та промислових підприємств до водних ресурсів. Тому, актуальним питанням сьогодення є виконання комплексу заходів із розвідки, спорудження та введення в експлуатацію нового свердловинного парку для забезпечення потреб населення та промисловості у водних ресурсах.

Бурові свердловини є найбільш економічними та ефективними спорудами для видобування підземних вод [1]. Близько 90% обсягів буріння на воду приходиться на обертний спосіб буріння з прямим промиванням або продуванням повітрям.

З цією метою застосовується широка номенклатура спеціальних агрегатів та установок, таких як УРБ-2,5А, УРБ-2А2, УРБ-3АМ, УРБ-3А3, А-50, ТW-80, котрі протягом багатьох років ефективно виконують роботи з буріння свердловин на воду [1]. Одночасно з цим розповсюдження набувають більш сучасні установки для буріння розвідувальних та водних свердловин: HFZC-350, GEFCO 3000 CF та ін. Проте, їх номенклатура на території України все ще не є значною. Також існує проблематика їх обслуговування та ремонту.

Тому актуальним питанням є підтримання наявного парку бурових установок на воду в працездатному стані та проведення всебічної модернізації їх вузлів та агрегатів з метою забезпечення більш ефективної та надійної експлуатації та доведення їх технічних показників до рівня сучасних вимог.

На ринкові послуг з буріння свердловин на воду в Україні застосовується значна номенклатура установок УРБ-3АМ

(рисунок 1), які протягом декількох десятиріч надійно та ефективно виконують роботи та складаються з наступних основних вузлів та агрегатів: силового агрегату, бурового насосу, лебідки, щогли, талевої системи, вертлюга, ротора та ін.



Рисунок 1 – Бурова установка УРБ-3АМ

Талева система такої установки складається з кронблоку, гакоблоку з гаком та сталевого канату. Нерухомий кінець канату закріплений на станині лебідки. При роботі талевої системи для бурових комплексів важливо мати інформацію про вагу, яка на неї діє під час виконання спуско-підймальних операції (СПО), з цією метою застосовується система контролю та реєстрації зусилля розтягу нерухомого кінця талевого канату, котра оснащена гідравлічним індикатором ваги (ГІВ) (рисунок 2).

Під час експлуатації подібних індикаторів ваги в умовах температур зовнішнього середовища нижчих за  $0^{\circ}\text{C}$  спостерігаються випадки зниження якості або відмови роботи самописця із-за промерзання чорнил, що вимагає застосування спеціальних заходів з їх розрідження. Також, слід зазначити, що така конструкція не оснащується пристроями телеметрії, які мають змогу транслювати одержаний сигнал до автоматизованих систем керування СПО бурових агрегатів.

Тому існує необхідність модернізації установки УРБ-3АМ та розроблення для неї сучасної конструкції індикатора зусилля розтягу в талевому канаті, котра забезпечуватиме перетворення одержаних показників в електричний сигнал і транслюватиме його на сучасні

електронні пристрої індикації, контролю та керування. Така система має замінити стандартну конструкцію, або забезпечити можливість паралельної експлуатації з існуючою.

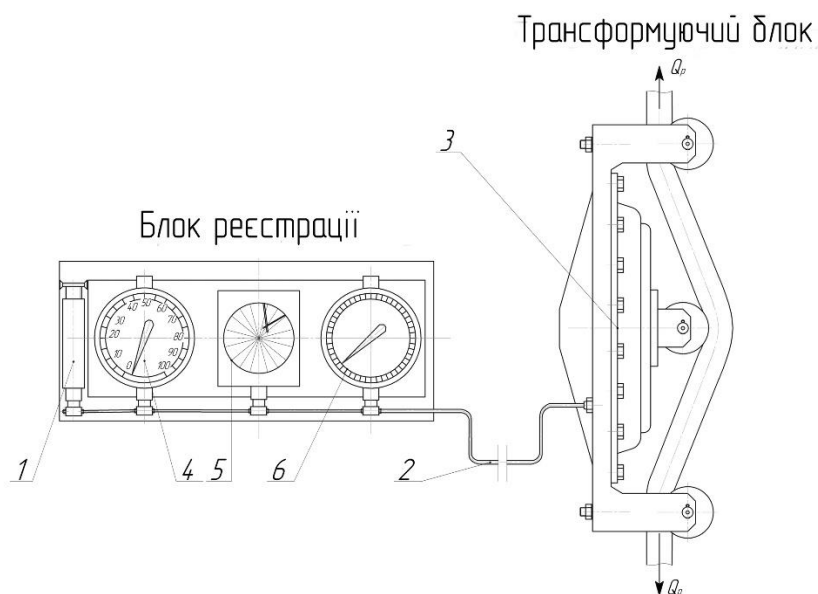


Рисунок 2 – Гідралічний індикатор ваги: 1 – прес-бачок;  
2 – трубопровід; 3 – трансформатор; 4 – основний покажчик;  
5 – самописець; 6 – верн'єрний покажчик

Пропонується конструкція пружинного електромеханічного індикатора зусилля розтягу в талевому канаті ІВЕМ оснащеного дуговою двосторонньою пружиною та двома електромеханічними перетворювачами, яка застосовуватиметься у складі талевої системи установки УРБ-ЗАМ та подібних талевих систем інших бурових агрегатів (рисунок 3).

Робота запропонованої конструкції відбувається наступним чином. При зміні величини зусилля розтягу в канаті талевому 9 пружина дугова двостороння 6 стискається-розтискається та переміщує повзун-шток електромеханічного датчика переміщення 1, що призводить до зміни величини вихідного електричного сигналу. Ролики 4, які розміщені на опорах роликів верхній 2 та нижніх 3 забезпечують відповідне осьове положення канату талевого і, обертаючись, дозволяють йому здійснювати робочі рухи. Вихідний електричний сигнал спрямовується до блоку прийому та обробки вхідного електричного сигналу 10, який калібрується під роботу конкретного бурового агрегату і видає сигнал на електронний покажчик величини навантаження 11 та на реле-вимикач 12, яке вимикає двигун приводу талевої системи 13 у випадку аварійного



перевантаження або подає вихідний електричний сигнал на звуковий сповіщувач 14, якщо перевантаження знаходиться в діапазоні передаварійних величин. Надійність зняття показників зусилля розтягу забезпечується застосуванням в конструкції двох електромеханічних датчиків переміщення.

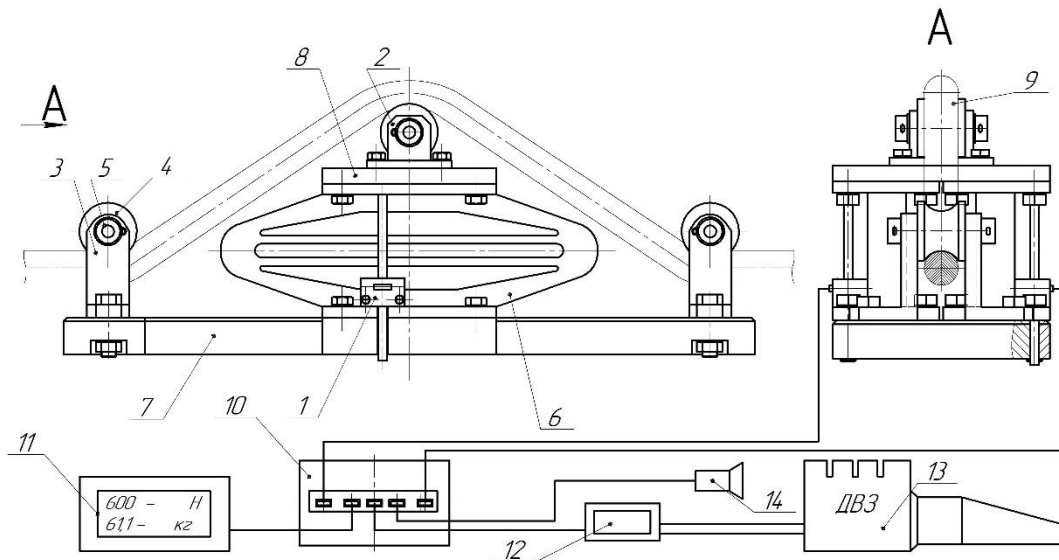


Рисунок 3 – Пружинний електромеханічний індикатор зусилля розтягу в талевому канаті ІВЕМ: 1 – електромеханічний датчик переміщення; 2 – опора роликів верхня; 3 – опора роликів нижня; 4 – ролик; 5 – вісь; 6 – пружина дугова двостороння; 7 – основа; 8 – майданчик опорний верхній; 9 – канат талевий; 10 – блок прийому та обробки вхідного електричного сигналу; 11 – покажчик величини навантаження; 12 – реле-вимикач; 13 – двигун приводу талевої системи; 14 – звуковий сповіщувач

Отже, запропонована конструкція пружинного електромеханічного індикатора зусилля розтягу в талевому канаті ІВЕМ дає можливість проведення модернізації талевої системи бурової установки УРБ-ЗАМ та більш широкого насичення її систем, таких як система керування технологічними процесами та система запобігання аварійним ситуаціям сучасними та надійними конструкціями вузлів контролю та керування.

### Список джерел посилання

1. Світлицький В.М. Поточний та капітальний ремонт свердловин / В.М. Світлицький, С.І. Ягодовський, Г.Р. Галустин. Київ : Логос, 2001. 344 с.

УДК 631.3

## ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Новицький А.В., кандидат технічних наук, доцент  
Ружило А.З., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Сторож Р.О., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Аналіз літературних джерел показує, що надійність основних елементів вітчизняних гідроприводів значно нижча від зарубіжних. За напрацюванням на відмову гідропривід вітчизняних тракторів поступається зарубіжним аналогам в кілька разів. Відмови гідроприводу становлять 3...7 % від загальної кількості відмов сільськогосподарських тракторів, 9...16 % – промислових тракторів і до 30-35% на комбайнах. Ресурс гідророзподільників у лабораторних умовах значно перевищує нормативну цифру 6000 мото-год. Ресурс гідророзподільників в експлуатаційних умовах, де забрудненість робочої рідини на один-два порядки вище, не може досягти 3000 мото-год.

Гідропривід зазначених засобів чутливий до забруднення робочих рідин. Від 70 до 90% відмов гідроприводів тракторів та сільськогосподарських машин є функціональними. Від 45 до 95 % відмов, що систематично повторюються, пов'язані з втратою герметичності ущільнень і, як наслідок, інтенсивним абразивним або ж гідроабразивним зносом деталей гідророзподільників. Золотникові пари розподільників Р75, Р80 та Р150 конструктивно ідентичні, відрізняючись лише тільки розмірами, а розподільників Р75 і Р80 - повністю ідентичні за розмірами, матеріалом, механічною та термічною обробкою. Зношений золотниковий отвір у корпусі гідророзподільника можна розглядати як характерну модель для відпрацювання технології відновлення отворів золотникових гідророзподільників вітчизняних моделей.

Дослідженнями надійності гідророзподільників [3, 4] встановлено, що їх ресурс, в основному, залежить від зносостійкості з'єднання «золотник - корпус». Необхідно зазначити, що для виготовлення прецизійних пар застосовують високосортні конструкційні матеріали – золотник гідророзподільника

виготовляють зі сталі 15Х твердістю НRC 56...63, корпус із сірого чавуну марки СЧ21 твердістю 170...205 НВ та технологій із застосуванням металорізального обладнання та спеціального оснащення, високоточного контрольного та вимірювального інструменту. Все це вказує на те, що технологічний процес виробництва золотникових пар є дорогим. Тому розвиток досліджень надійності цих елементів, а також відновлення їх працездатності шляхом застосування сучасних технологій відновлення має важливе значення.

На надійність гідравлічних систем впливають: досконалість конструкції гідроагрегатів, технологічні фактори, режим експлуатації, робочі рідини, способи захисту та очищення робочої рідини від забруднення, якість технічного обслуговування і ремонту, дотримання вимог зберігання гідроагрегатів та ін.

Експлуатаційні відмови є наслідком порушень умов роботи, на які розрахований даний гідропривід, не дотримання обумовлених у технічній документації правил експлуатації, низької кваліфікації обслуговуючого персоналу, природного старіння та зношування [1, 2].

Забруднення робочої рідини – одна з основних причин, що знижує такі важливі якісні показники гідроприводів, як ресурс, безвідмовність, а також точність оцінки їх технічного стану. Значна кількість відмов гідроприводу вітчизняних тракторів та сільськогосподарських машин прямо або побічно пов'язані із забрудненням робочих рідин через незадовільне їх зберігання, транспортування та заправку.

Дослідженнями встановлено, що забруднення вітчизняних тракторних гідроприводів вищі за закордонні. Це пов'язано, зокрема, із недостатньо високою ефективністю систем фільтрації та захисту гідроприводу від забруднень. Так, наприклад, у загальній вартості гідроприводу вітчизняних тракторів витрати на фільтри не перевищують 1%, у той час, як в Японії -2,2%, Німеччині – 6,3%, Франції – 2,6%, Англії – 3,7%, а США – 4,3%.

Надійна робота розподільників забезпечується своєчасним усунення несправностей при технічному обслуговуванні. Через несправності розподільників, які викликані внутрішнім та зовнішнім витіканням робочої рідини відбуваються 23-42% всіх відмов гідросистем тракторів та сільськогосподарських машин.

Для визначення способу відновлення основних деталей гідророзподільників необхідно проаналізувати умови їх роботи та визначити основні причини, що спричиняють порушення працездатності в процесі експлуатації.

### Список джерел посилання

1. Novitskiy Andrey. Professional Reliability of Personnel in System of Development of Innovative Processes. ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. 2018. Vol. 18. No 2, P. 93-102.

2. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Технічна оцінка споживчих якостей сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 264 (2017). С. 293–303.

3. Новицький А. В. Методичні підходи до формування програми забезпечення надійності сільськогосподарської техніки. Центральноросійський науковий вісник. Технічні науки, Кропивницький. X Міжнародна науково-практична конференція «Крамаровські читання» 127 Україна. 2022. Вип. 6(37), ч. I. С. 134–143

4. Новицький А. В., Банний О. О., Бистрий О. М. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 39–46.



УДК 629.3.07:658.818.3

## ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Новицький Ю.А., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Новицький А.В., кандидат технічних наук, доцент  
Ружило З.В., кандидат технічних наук, доцент  
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Приготування і роздавання кормів є одним з найважливіших процесів у тваринництві. На всіх етапах реалізації зазначеного процесу слід зосереджувати зусилля на зменшенні витрат корму, на покращенні його фізико-механічних властивостей, підвищенні якості та забезпеченні зоотехнічних вимог [1, 2]. Автори пропонують використовувати збалансований за поживними речовинами раціон, який базується на фізіологічних потребах жуйних тварин різних вікових груп на різних стадіях росту. Обґрунтування зазначених раціонів експертами з годівлі тварин передбачає грубі корми, подрібнені до відповідної довжини, концентровані елементи та добавки, які змішуються в певних пропорціях. Використання технологій збалансованих раціонів, є ефективною методологією для рогатої худоби та реалізацією переходу від традиційної годівлі до сучасної. Науково-обґрунтовані технології годівлі та розробка відповідних засобів для приготування і роздавання кормів (ЗПРК) є ключем для їх ефективного застосування [3].

Протягом останніх десятиліть в багатьох країнах з розвиненим тваринництвом проводились дослідження технологічних процесів приготування кормових сумішей, удосконалення існуючих та розробки сучасних кормоприготувальних машин [4]. Дослідження особливостей експлуатації ЗПРК показали, що поряд з підвищенням навантаженнями на кожен змішувач-кормороздавач, спостерігається також велика кількість факторів, які обумовлюють значне розсіювання показників техніко-економічного [6, 8], параметрів надійності машин [5, 7], довговічності робочих органів. У зв'язку із зазначеним, одним з важливих критеріїв якості процесу експлуатації ЗПРК є їх надійність.

Недостатня надійність ЗПРК призводить до погіршення ефективності її використання та є причиною значних втрат продукції

на стадіях подрібнення, змішування, транспортування, дозування та роздавання. Дослідженнями встановлено, що при проектуванні технологічного процесу приготування і роздавання кормів виникає кілька протиріч: перше - необхідність скорочення часу виконання технологічних операцій, друге – необхідність підвищення показників ефективності роботи об'єктів досліджень, а це залежить від збільшення часу використання машин.

Серед сучасних машин та обладнання особливе місце займають змішувачі-кормороздавачі Seko (Італія), KUHN (Франція), Siloking та Strautmann (Німеччина), Roto-mix (США), Trioliet (Нідерланди), Delaval (Швеція). Представлені засоби різних заводів-виробників виготовляються як причіпними, так і самохідними.

Значну частку ринку засобів для приготування і роздаванні кормів в Україні займають змішувачі-кормороздавачі PROFILE 12.2 DS та PROFILE 14.2 DS компанії KUHN [8], які використовуються для годівлі великої рогатої худоби на тваринницьких фермах аграрних підприємств. Але в результаті впливу факторів, які характерні для умов використання засобів для приготування і роздавання кормів в Україні, відмічається поява потоку відмов, які суттєво впливають на експлуатаційну надійність змішувачів-кормороздавачів. Для забезпечення справності або ж працездатності змішувачів-кормороздавачів необхідне виконання комплексу заходів з технічного обслуговування та ремонту.

В процесі виконання досліджень проведено спостереження за надійністю 25 змішувачів-кормороздавачів «PROFILE 12.2-14.2, які експлуатувались в аграрних підприємствах України протягом 2015-2022 років [9]. Відмови змішувачів-кормороздавачів PROFILE 12.2 DS та PROFILE 14.2 DS були розподілені за наступними підсистемами: механізм подрібнення-змішування; механізм вивантаження кормової суміші; ходова система; рама; система управління. Після обробки інформації встановлено, що отриманий масив експериментальних даних характеризується наступними показниками: середнє напрацювання на відмову,  $\bar{t} = 3152,0$  мото-год.; середнє квадратичне відхилення,  $\sigma = 902,6$  мото-год.; коефіцієнт варіації,  $v = 0,40$ ; теоретичний закон розподілу – закон нормального розподілу.

В подальших дослідженнях будуть розглядатись аналітичні способи оцінки надійності механізму подрібнення-змішування змішувачів-кормороздавачів як складних технічних систем «людина-

машина-середовище» та формуватись заходи для зменшення ймовірності виникнення відмов в залежності від впливу людського фактору.

### Список джерел посилання

1. Moallem, U., & Lifshitz, L. (2020). Accuracy and homogeneity of total mixed rations processed through trailer mixer or self-propelled mixer, and effects on the yields of high-yielding dairy cows. December 2020. *Animal Feed Science and Technology*, 270, article 114708. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114708.

2. Morrone, S., Dimauro, C., Gambella, F., & Cappai, M.G. (2022). Industry 4.0 and precision livestock farming (PLF): An up to date overview across animal productions. *Sensors*, 22(12), article number 4319. doi: 10.3390/s22124319.

3. Li L., Wang D., Jiang Z. (2017). Comparison of detection methods for mixing uniformity of rotary total mixed rations mixer. *Journal of Gansu Agricultural University*. 52 (3). pp. 136–139.

4. Astanakulov, K.D., Gapparov, Sh., Karshiev, F., Makhsumkhonova, A., & Khudaynazarov, D. (2020). Study on preparation and distribution of forage by chopping coarse feed. In *IOP Conference Series: Earth and environmental science 1st international conference on energetics, civil and agricultural engineering* (vol. 614, article number 012158). Tashkent: IOP.

5. Novitskiy, A., Banniy, O., & Novitskiy, Yu. (2023). Logical-probabilistic model of the reliability of means for preparing and distributing fodder. *Machinery & Energetics*, 14(1). <https://technicalscience.com.ua/uk/journals/t-14-1-2023/logiko-irovdavnisna-modyel-otsinki-nadiynosti-zasobiv-dlya-prigotuvannya-i-rozdavnannya-kormiv>.

6. Loveikin, V., Khmelovskiy, V., Lukach, V., & Achkevych, V. (2022). Improving efficiency of mobile combined feed mixer. In *Engineering for rural development* (pp. 853-859). Jelgava, Latvia.

7. Ruzhylo, Z., Novitskii, A., Milko, D., Bulgakov, V., Beloev, I., & Rucins, A. (2022). Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as “Man-Machine”. In *Engineering for rural development* (pp. 911-917). Jelgava, Latvia.

8. Брагінець М. В., Науменко О.А., Ревенко І. І. Біотехнічна система тваринницького підприємства та її ефективність. Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: VIII Всеукраїнська науково-технічна конференція, смт Глеваха Київської області—м.

Київ, Україна, 2-27 грудня 2019 року: матеріали конференції. Глеваха-Київ. 2020. С. 25-26.

9. Новицький А.В., Антал М.В. Забезпечення надійності подрібнювачів-роздавачів «PROFILE» компанії «KUNH УКРАЇНА». Збірник тез доповідей XXII Міжнародної онлайн-конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн». К., 2023. С. 106-108.

## СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ І ТЕНДЕНЦІЇ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ

*Опара Н.М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Полтавський державний аграрний університет*

Галузь машинобудування, як і всі інші галузі промисловості нашої країни переживає не найкращі часи.

З початком повномасштабного вторгнення росії 24 лютого 2022 року проблеми галузі ще більше загострилися. Знаходяться під окупацією, знищено, пошкоджено частина підприємств галузі сільськогосподарського машинобудування. Втрачено ринки збуту Білорусії, росії, куди постачалися значні обсяги продукції.

Відбувається значне погіршення економічного стану аграрних підприємств в Україні. Внаслідок цього збільшується попит на вітчизняну техніку, яка є дешевшою за імпортні аналоги, що є одним з позитивних моментів. Виникла загальна тенденція скорочення експорту сільськогосподарської техніки.

Питанням проблематики галузі сільськогосподарського машинобудування присвячені праці вітчизняних вчених: С. Бугіль, І. Гронська, А. Дудяк, В. Ліпчук, П. Макаренко, М. Малик, Л. Мірошник, С. Рижук, В. Сердюк, В. Ситник, І. Сушко, І. Шувар.

В даний час фахівців для галузі готують 14 факультетів закладів вищої освіти, над тематикою працюють близько двадцяти колективів розробників. З 2022 року в нашій країні діє Закон України «Про стимулювання розвитку вітчизняного машинобудування для АПК».

Частина машинобудування у загальному промисловому виробництві України становить близько 10%. Наразі наявний



технологічний парк в нашій країні – 50 тисяч одиниць техніки, 72% – техніка старша за 16 років.

На сьогодні У галузі сільськогосподарського машинобудування функціонують більше восьмидесяти машинобудівних підприємств. Номенклатура машин і обладнання складає понад 2,5 тисячі найменувань.

Галузь сільськогосподарського виробництва випускає три групи техніки: посівну; садильну; розсадосадильну.

Найбільший сегмент використання цієї техніки становить рослинництво. Це – плуги, розпушувачі, культиватори, косарки навісні та причіпні, картоплекопальні та картоплезбиральні машини.

Через брак сучасної збиральної техніки українські аграрії щорічно залишають у полях більше шести мільйонів тон зернових (це десята частина) всього врожаю. Для країни це мільярди доларів збитків. Ще у 2016 році під час Глобального форуму з продовольства і сільськогосподарського виробництва (GFFA) у Берліні очільники аграрних відомств понад 60 країн світу «ахілесовою п'ятою» вітчизняного агросектора називали застарілий технологічний парк.

В тому ж, 2016 році, Міністерство агропромислової політики та продовольства України пропонувало три напрямки, що повинні змінити сільськогосподарське машинобудування в країні.

1. Внесення змін до Закону України «Про стимулювання розвитку вітчизняного машинобудування для агропромислового комплексу» в частині встановлення, що вітчизняна техніка – це техніка, яка виготовлена в Україні діючими підприємствами – резидентами України, у т.ч. спільними з іноземними партнерами та на нових виробництвах.

2. Розробити та втілити у життя інвестиційні проекти з налагодження виробництва високопродуктивних зернозбиральних комбайнів, тракторів та іншої інноваційної сільськогосподарської техніки та обладнання.

3. Удосконалити програму фінансування і лізингу техніки та збільшити обсяги фінансування, паралельно удосконалюючи митно-тарифні регулювання розвитку галузі шляхом відміни сплати ввізного мита на ввезення комплектувальних виробів та машинокомплексів для виробництва в Україні високопродуктивної техніки, а також на сучасне технологічне обладнання для забезпечення модернізації виробничої бази заводів.

Складна тенденція до експорту вітчизняної агротехніки за прогнозами оцінки науковців Інституту аграрної економіки буде зберігатися що найменше до закінчення повномасштабної агресії РФ на територію України.

Вирішити цю проблему можливо наступними способами: розробка плану дій у повоєнний період з метою відновлення експертного потенціалу у галузі сільськогосподарського машинобудування. Збільшення його через відкриття та модернізацію підприємств в галузі; виважена державна політика, спрямована на залучення внутрішніх і зовнішніх інвесторів, створення сприятливих умов для ведення бізнесу, збереження та нарощування кадрового потенціалу; співпраця Всеукраїнської асоціації підприємств-виробників сільськогосподарської техніки та обладнання для агропромислового комплексу «Украгромаш» з закордонними партнерами.

Потенціал українських сільськогосподарських підприємств залучають для забезпечення конкурентної співпраці машин компонентами елементної бази та іншими комплектуючими, виробленими в Україні.

Основною бюджетною програмою державної підготовки в оновленні технологічного парку АПК був і залишається фінансовий лізинг через НАК «Украгролізинг» та ДП «Спецагролізинг».

#### Список джерел посилання

1. Хелемендик М. Перспективи сільськогосподарського машинобудування України. URL: <http://www.propozisiea.com/?page=149@itemid=141@number=46>

2. Положення про Державний департамент тракторного і сільськогосподарського машинобудування, затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 03.08.2000 р. №1210. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1210-2000-%D0%BF#Text>



## ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ГРУНТОЦЕМЕНТУ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ

*Петраш О.В., кандидат технічних наук, доцент*  
*Петраш Р.В., кандидат технічних наук, доцент*  
*Рожко І.І., докторка філософії, доцентка*  
*Іваніщева В.В., здобувачка вищої освіти СВО «Бакалавр»*  
*Полтавський державний аграрний університет*

Бурозмішувальна технологія – це метод підсилення ґрунту, який використовується при спорудженні об'єктів сільськогосподарського призначення. У цьому методі ґрунти механічно змішуються на місці з в'язучим за допомогою бурових інструментів. Незважаючи на те, що ця технологія є економічна ефективна та з мінімальним впливом на навколишнє середовище, в багатьох проектах невизначеність щодо характеристик ґрунтоцементних елементів, часто обмежує застосування цього методу [1-4].

**Актуальність дослідження.** Механічні властивості (по суті, міцність на стиск і жорсткість) ґрунтів, підсилених бурозмішувальною технологією, все ще погано вивчені, і їх особливо важко контролювати. Багато факторів впливають на характеристики підсилених ґрунтів. Ці фактори в основному пов'язані з типом і кількістю в'язучого, станом ґрунту (тип ґрунту, вміст вологи), умовами змішування та умовами твердіння. Довговічність або довгострокова поведінка підсилених ґрунтів є важливою проблемою для проектування капітальних підземних конструкцій в агропромисловому комплексі.

**Метою роботи** є краще розуміння властивостей ґрунтоцементних елементів, виготовлених на місці шляхом бурозмішувальної технології. Першою ціллю є оцінка та порівняння характеристик міцності та деформації ґрунтів, підсилених у лабораторних умовах та у полі. Друга ціль полягає в аналізі потенційних факторів, що впливають на довговічність підсилених ґрунтів

Механізми бурозмішувальної технології безпосередньо пов'язані з реологічними властивостями матеріалів, що змішуються. Проте

знання про реологічні характеристики підсиленних ґрунтів у свіжому стані дуже обмежені.

Характеристики та однорідність матеріалів ґрунтоцементу в полі залежать від багатьох факторів. Зв'язок між властивостями польових і лабораторних зразків залишається неясним. Умови змішування на місці значно відрізняються від лабораторних процедур. Деякі автори намагалися встановити емпіричні зв'язки між показниками міцності, отриманими в лабораторії, і в польових умовах. Доступна дуже обмежена інформація щодо впливу умов змішування на жорсткість ґрунтоцементу.

Неруйнівні геофізичні методи використовуються для оцінки динамічного модуля лабораторних зразків і пропонують багатообіцяючі перспективи з точки зору оцінки якості та контролю якості підсиленних ґрунтів. Для оцінки механічних властивостей на основі вимірних динамічних параметрів, необхідні емпіричні співвідношення з міцністю. Кілька досліджень підтвердили актуальність таких кореляцій для польових зразків.

Вплив хімічних сполук, таких як сульфати та хлориди, умови твердіння, що включають сушіння або цикли зволоження та сушіння можуть впливати на довговічність ґрунтоцементних конструкцій. Потрібні подальші дослідження, щоб оцінити вплив цих механізмів на параметри міцності та жорсткості ґрунтів, підсиленних цементом, у середньому та довгостроковому періоді.

**Висновок.** Представлені в цьому дослідженні дані показують, що можна визначити стандартизовану методику для оцінки довговічності ґрунтів, підсиленних за бурозмішувальною технологією, на основі потенційних індикаторів довговічності. Пряма кореляція між потенційними індикаторами та контрольованими факторами (такими як вміст в'язучого та води) вказує на можливість оптимізації властивостей, пов'язаних із довговічністю матеріалів ґрунтоцементу. Потенційні класи довговічності на основі пористості, доступної для води, пропонуються для порівняння різних ґрунтоцементних сумішей.

### Список джерел посилання

1. Afrin, H. (2017). A review on different types soil stabilization techniques. *International Journal of Transportation Engineering and Technology*, 3(2), 19-24.
2. Okonkwo, V. O., & Nwokike, V. M. (2015). Soil-cement stabilization for road pavement using soils obtained from Agu-Awka in

Anambra State. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 2(10).

3. Ghadir, P., & Ranjbar, N. (2018). Clayey soil stabilization using geopolymer and Portland cement. *Construction and Building Materials*, 188, 361-371.

4. Archibong, G. A., Sunday, E. U., Akudike, J. C., Okeke, O. C., & Amadi, C. (2020). A review of the principles and methods of soil stabilization. *International Journal of Advanced Academic Research/ Sciences*, 6(3), 2488-9849.

УДК 631.331

## АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

*Петрик В.В., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Падалка В.В., кандидат технічних наук, доцент  
Полтавський державний аграрний університет*

Україна є найбільшим виробником зерна. Відповідно до державної програми розвитку сільського господарства та регулювання ринків сільськогосподарської продукції, сировини та продовольства, валовий збір зернових та зернобобових у господарствах усіх категорій повинен досягти 80 млн.

Основним способом збирання зернових культур є комбайновий, у якому головна роль належить зернозбиральному комбайну. При збиранні зернових культур на полях з нахилом більше 5° продуктивність зернозбирального комбайна знижується, причому лімітуючим робочим органом, що обмежує продуктивність комбайна, є система очищення, на яку припадає понад 60% від усіх втрат зерна. Не беручи до уваги закордонну збиральну техніку, збирання зернових культур на схилах виконують комбайнами, призначеними для роботи на полях з нахилом не більше 2°. Однак лише в Полтавському регіоні, з 3,8 млн. га, на яких вирощуються зернові культури, третина ріллі має ухил. Відповідно до Стратегії розвитку сільськогосподарського машинобудування необхідно створювати сучасну конкурентоспроможну високотехнологічну техніку для технологій та технічних

засобів сепарації зернового вороху в системі очищення комбайна, призначеного для роботи на схилах, тому є актуальною.

Обґрунтуванню пропускної спроможності та продуктивності зернозбиральних комбайнів, удосконаленню, розробці нових конструкцій та обґрунтуванню параметрів системи очищення та сепараторів зернового вороху присвячені роботи С.О. Алфьорова, В.Є. Бердишева, Е.В. Жалніна, Н.І. Косілова, С.Г. Ломакіна, В.І. Машанова, В.А. Патріна, Ю.А. Пєскова, А.І. Русанова, А.І. Ряднова, В.Ф. Семенова, С.В. Троньова, Ю.А. Царьова, Г.Є. Чепуріна, С.Д. Шепелева та багатьох інших вчених [1-10].

Вивченню питань, пов'язаних з рухом зернового вороху по поверхні, що коливається, присвячені роботи С.А. Алфьорова, М.І. Белова, Б.А. Берга, П.М. Василенка, С.М. Васильєва, І.І. Канєєва, П.М. Лапшина, І.П. Лапшина, М.М. Літошньова, В.А. Патріна, Д.М. Пирожкова, В.М. Романенко, У.К. Сабієва, В.І. Славкіна, Г.Д. Терскова, І.Я. Федоренко, Л.В. Шабанової та інших вчених.

Сепарація зернового вороху відображено у роботах М.Н. Літошньова, І.Ф. Василенка, С.А. Алфьорова, С.М. Барашова, М.І. Белова, Д.А. Блінова, П.М. Гришкевича, М.Р. Думанського, Е.В. Жалніна, В.І. Зубкова, Н.І. Косілова, Г.А. Кузіна, В.М. Романенко, О.І. Русанова, В.І. Оробінського, Н.А. Смирнова, М.А. Ульяненко, Л.В. Шабанової, М.І. Ейгера та інших вчених.

Зазначені вчені зробили великий внесок у теорію та практику створення зернозбирального комбайна. Однак питання функціонування системи очищення під час збирання зернових культур на схилах вивчені недостатньо повно. Зокрема, вимагає подальшого вивчення поведінка зернового вороху на верхньому решеті системи очищення, сепарація зернового вороху за умов роботи комбайна на схилах. Немає методики оцінки нових конструктивно-технологічних рішень системи очищення зернозбирального комбайна, призначеного для роботи на схилах.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи зернозбиральних комбайнів на схилах шляхом обґрунтування технологічних та конструктивних рішень системи очищення, спрямованих на зниження втрат зерна.

Об'єкт дослідження – сепарація зернового вороху у системі очищення зернозбирального комбайна в умовах роботи на схилах.

Для досягнення поставленої мети роботи визначено такі завдання:

1. Виявити та дослідити закономірності поведінки зернового вороху на верхньому решеті системи очищення в умовах роботи комбайна на схилах.

2. Обґрунтувати технологічні та конструктивні рішення та параметри системи очищення зернозбирального комбайна, призначеного для роботи на схилах.

3. Визначити техніко-економічну ефективність розроблених конструктивно-технологічних рішень системи очищення.

Система очищення – робочий орган зернозбирального комбайна, призначений для виділення зерна із зернового вороху, очищення від домішок та подачі очищеного зерна до бункеру, а недомолочених колосків – на домолочуючий пристрій.

Ознаки, які можуть бути покладені в основу класифікації систем очищення зернозбиральних комбайнів:

- способи поділу зернового вороху;
- способи підготовки зернового вороху до поділу;
- сфера застосування зернозбирального комбайна.

За способами поділу зернового вороху можна виділити такі групи:

- повітряно-решітні очищення (ПРО), в яких поділ зернового вороху відбувається за рахунок одночасного впливу транспортуючого робочого органу, що коливається, і повітряного потоку;

- відцентрові системи очищення, в яких розподіл зернового вороху відбувається в основному за рахунок дії відцентрових сил;

- пневмоінерційні системи очищення, в яких розподіл зернового вороху відбувається за рахунок відмінності в аеродинамічних властивостях його компонентів;

- комбіновані, що поєднують різні способи поділу.

За способами підготовки зернового вороху до поділу:

- повітряно-решітні очищення, в яких як транспортуючий робочий орган виступає струсна дошка, що робить коливання, за рахунок яких відбувається сегрегація зернового вороху;

- системи очищення з попереднім поділом зернового вороху, у яких із зернового вороху виділяється частина зерна до його надходження на основне очищення;

- шнекові системи очищення, в яких як транспортуючий робочий орган застосовуються гвинтові транспортери;

- комбіновані очищення, що поєднують різні способи підготовки. Розглянемо тенденції вдосконалення систем очищення зернозбиральних комбайнів по напрямку застосування.

Зазначимо основні причини підвищеного рівня втрат зерна за системою очищення під час роботи на схилах комбайна рівнинної (базової) конструкції:

1) при русі комбайна з поперечним нахилом відбувається зміщення зернового вороху в бік нахилу (поперечне зміщення), погіршується розподіл зернового вороху на решітці - в одній бічній стороні решета товщина вороху збільшується і, як наслідок, опір проході повітряного потоку збільшується, шпаруватість вороху; у іншого боку решета товщина вороха зменшується, що призводить до непродуктивної витрати повітряного потоку;

2) при русі комбайна вгору схилом швидкість зернового вороху по решету збільшується, а час перебування вороха на решеті зменшується, зерно не встигає пройти крізь усю товщину вороха;

3) при русі комбайна вниз по схилу швидкість зернового вороху зменшується, товщина шару вороху збільшується, ступінь розпушення вороху зменшується, що призводить до зниження інтенсивності сепарації зерна;

4) при русі комбайна вгору схилом з одночасним нахилом в поперечному напрямку - одночасна дія факторів пп.1 і 2;

5) при русі комбайна вниз схилом з одночасним нахилом в поперечному напрямку - одночасна дія факторів пп. 1 та 3.

Безсумнівно, найбільші втрати зерна відбуваються під час руху комбайна вгору чи вниз схилом з одночасним креном у поперечному напрямі.

Погіршення якості роботи системи очищення при роботі зернозбирального комбайна з поперечним або поздовжнім нахилом молотарки, збільшення нерівномірності зернового вороху на



решітках, погіршення сепарації зернового вороху при нерівномірній подачі хлібної маси відзначається багатьма дослідниками.

За результатами досліджень доведено нижчевикладені положення.

Збирання зернових культур на схилах зернозбиральними комбайнами рівнинного виконання супроводжується підвищеним рівнем втрат зерна, причому основна частка втрат посідає систему очищення, а основною причиною є збільшення нерівномірності розподілу зернового вороху на верхньому решеті при поперечному нахилі молотарки. Підвищення ефективності роботи комбайна на схилах до  $10^\circ$  шляхом зниження втрат зерна доцільно здійснити за рахунок удосконалення попередньої сепарації зернового вороху та зниження нерівномірності його розподілу на верхньому решеті системи очищення.

Перспективними технологічними операціями, що забезпечують зниження втрат зерна під час роботи комбайна з поперечним нахилом молотарки є; попередня сепарація зернового вороху; зниження нерівномірності подачі зернового купу на верхнє решето; стабілізація розподілу зернового вороху на верхньому решеті; вирівнювання зернового вороху на початку та на всій поверхні верхнього решета.

Розроблено конструктивні рішення системи очищення, що забезпечують виконання перспективних технологічних операцій, обґрунтовано параметри для зернозбиральних комбайнів 3 та 4 класів.

Порівняльними випробуваннями встановлено, що рівень втрат зерна нижчий порівняно з базовим очищенням. При поперечному нахилі молотарки  $8^\circ$  та подачі зернового вороху 2,9 кг/с втрати зерна у базовій очистці становили 1,17%. Найбільше зниження втрат зерна за зазначених умов досягнуто:

Порівняльними випробуваннями системи очищення з адаптером для схилів встановлено, що втрати зерна при оптимальному завантаженні нижче, ніж у порівнюваного більш ніж у 6 разів. Річна економія сукупних витрат коштів від експлуатації одного комбайна з адаптером для схилів дорівнює 66,9 тис. грн. при терміні окупності менше одного сезону.

### Список джерел посилання

1. Бойко А., Думенко К. Вплив ефективності сфери технічного обслуговування на встановлення функцій готовності та відновлення зернозбиральної техніки. *Техніка і технології АПК*. 2011. № 1. С. 11–14.
2. Бондаренко О. В., Думенко К. М. Використання пар тертя вуглецевих композиційних матеріалів в екстремальних умовах роботи зернозбиральної техніки. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2011. Вип. 3 (60). С. 165–170.
3. Бондарь М., Заволока А, Свириденко Н. Повышение пожаробезопасности эксплуатации зерноуборочного комбайна: концепция и пути её реализации. *Техніка і технології АПК*. 2010. № 8. С. 12–16.
4. Броварець О.О. Регульована висота зрізу зернозбиральних комбайнів – засіб підвищення ефективності роботи зернозбиральних комбайнів. *Хранение и переработка зерна*. 2014. № 180 (3). С. 16–19.
5. Васильченко В., Ружило З. Підготовка збиральної техніки до зимівлі. *Аграрна техніка та обладнання*. 2012. № 4. С. 78–80.
6. Васильченко В. Підготовка комбайна до жнив. Що потрібно зробити, аби мінімізувати втрати? *Агроном*. 2013. № 2. С. 202–205.
7. Бурлака О. А., Яхін С. В. Підвищення ефективності роботи скребкових елеваторів з відцентровим типом розвантаження. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 4. С. 195–200. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.31>
8. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки/ за ред. А. Ф. Головчука. К. : Грамота, 2004. 320 с.
9. Демко О. А., Демко А. А., Надточій О. В. Закономірності впливу тривалості експлуатації зернозбиральних комбайнів на їх технічний стан. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2014. Вип. 145. С. 161–167.
10. Думенко К. М. Інтегрований показник ефективності роботи зернозбиральних комбайнів. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2011. Вип. 4 (61). Т. 1. С. 220–224.



UDC 69.691.624.01

## EQUIPMENT FOR PROCESSING PET BOTTLES INTO RAW MATERIALS FOR THE SCREW EXTRUDER OF THE 3D PRINTER

*Polishchuk A.O., postgraduate student,  
Skyba M.Ye., doctor of technical sciences, professor,  
Polishchuk O.S., doctor of technical sciences, professor,  
Khmelnyskyi National University*

Finding ways to dispose of solid waste is one of the tasks that many scientists around the world are working on [1]. The emergence and development of new industries, rapid population growth as a result of rising consumption, all this leads to an increase in waste that poses a danger to the environment. In recent years, the level of production and consumption of polymeric materials has increased. Most of the manufactured products are packing containers. For example, every second in the world produce 20 thousand bottles of polyethylene terephthalate and buy every minute about 1 million. According to forecasts, in 2024 this number will increase by about 23%.

The scope of PET in the world is distributed approximately as follows: about 70% of plastic goes to the production of threads and fibers (polyester), about 30% - to plastic bottles.

Polyethylene terephthalate wastes are practically non-degradable wastes. The processing of this type of waste is still underdeveloped, and its utilization, including incineration or storage in landfills causes significant damage to the environment.

Recycling technologies for plastic bottles are profitable and environmentally friendly. They reduce the need for primary raw materials, save labor, reduce the consumption of 50-60% of the energy that would be needed to produce a product from primary materials, contribute to further environmental protection and improve the existing environmental situation, reduce greenhouse gas emissions.

The problem of recycling PET waste is relevant for the whole world community, so it must be solved by joint efforts based on research and advanced technologies.

One way to recycle plastics is to use recycled polyethylene terephthalate waste, in particular PET bottles into consumables for 3D

printers [2, 3]. The use of additive technologies is one of the most striking examples of how new developments and equipment can significantly improve traditional production.

The recycling of thin-walled hollow containers and the rational use of crushed polymers can be solved by creating new efficient crushing equipment and further processing technologies [4, 5].

Today, there is a significant amount of used PET bottles (Fig. 1), which can be mechanically processed into tape or flex. In the future, they can be used as raw materials for the screw extruder of the 3D printer. In this way, used PET bottles can again be turned into finished products using 3D printing.

The analysis of the empty bottle showed that a strip of a certain width can be obtained from the part located between the bottom and the neck by cutting, and from the bottom, neck and cap by crushing flex of a certain fraction (Fig.2).



Fig.1. PET bottles with a capacity of 1.5 liters, which were in use



a



b



c

Fig.2. Parts of a PET bottle to obtain a ribbon by cutting and shredding into flex; a-lid; b-bottle blank without a bottom; c-separated parts of the bottom and neck

A device was developed for cutting tape from a PET bottle, which is shown in Fig.3, a. A crusher from the Epo3d company was used to crush the bottom, neck and lid (Fig.3, b) [6].

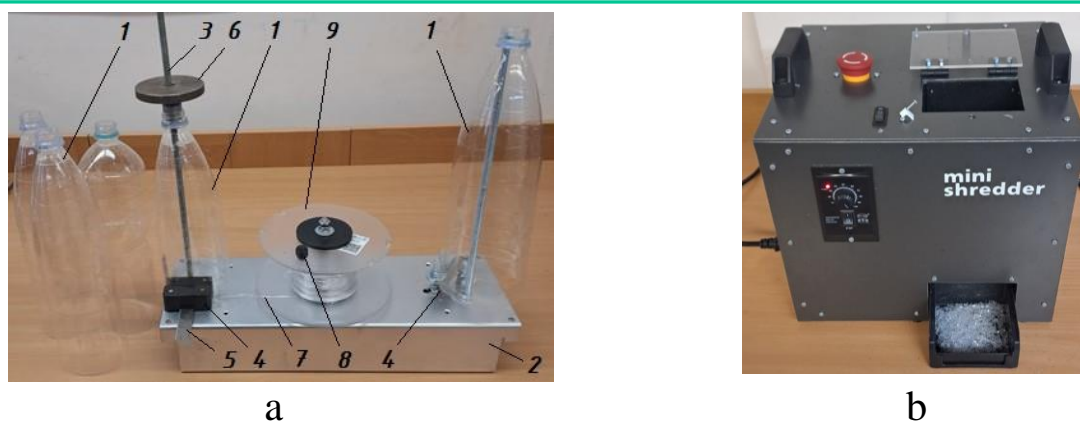


Fig.3. Equipment for processing PET bottles into raw materials for a 3D printer screw extruder: a-device for cutting tapes; b-mini shredder; 1- blank PET bottle; 2-base; 3-guide rod; 4-node cutting; 5-knife; 6-pressure weight; 7-PET tape; 8-handle; 9-reel for winding tape

The principle of operation of the tape cutting device is as follows. The PET bottle blank is installed on the guide rod and fed into the cutting mechanism (Fig.3). The knife in the mechanism is installed at a height of 5 mm from the base.

By rotating the bottle, a ribbon begins to form. Then the tape is fed into the reel. By turning the reel handle, the cut tape is wound. 12 meters of tape with a width of 5 mm is formed from a 1,5 liter bottle (Fig.4).

The principle of operation of the shredder is as follows. The waste of the neck and bottom is pre-cut with scissors into smaller pieces, which are then poured into the shredder's hopper. A rotor with knives captures the cut parts of the polymer (Fig.5). They are crushed into flex of a certain fraction (Fig.6). The caps are crushed separately.



Fig.4. The received tape after cutting



Fig.5. The process of crushing waste PET bottles



Fig.6. The received flex after crushing

In the future, the crushed flex must be subjected to sieve analysis in order to separate it into fractions. The size of the particles for use as raw materials for the screw extruder of the 3D printer should be within 1-2,5 mm.

A screw with a certain width between the ridges was calculated and manufactured for the use of cut polyethylene terephthalate strips as raw materials for a screw extruder. The tape is fed into the auger loading area. Next, it moves to the melting zone, where it changes from a solid to a viscous and liquid state. From the dosing area, the polymer is fed through a nozzle to the 3D printer platform to produce the finished product. The principle of operation of the device with crushed particles is similar. The only difference is that flex is poured into the hopper of the extruder. It is then fed into the loading zone, compressed in the compression zone, melted and extruded through the nozzle onto the desktop of the 3D printer. In this case, a different screw design is used in the screw extruder. For this purpose, it was calculated and manufactured.

Using empty PET bottles as feedstock for a 3D printer screw extruder not only helps recycle these materials, but also helps solve disposal problems and reduce environmental impact by allowing new products to be created using waste. The developed and proposed equipment for recycling used PET bottles will contribute to this.

### References

1. Lupynos A. Hurzhii N. Analysis of trends in the development of entrepreneurial activity in the field of polymer waste disposal in Ukraine. Management and entrepreneurship: trends of development. ISSUE 2 (04) 2018. P.55-63.
2. Malyshevska O.S., Melnyk O.D. Mechanical recycling of waste polyethylene terephthalate bottles. Scientific bulletin of NLTU of Ukraine. 2014. Issue 24.9. - P.149-155.
3. Zozulya P.F., Polishchuk O.S., Polishchuk A.O. Prospects for the use of 3D printing in light industry. Bulletin of Khmelnytskyi National University, 2017. № 4. – P. 102-104.
4. Zozulya P.F., Polishchuk O.S., Nejmak V.S., Polishchuk A.O. Application of 3D printing technology in the footwear industry. Scientific notes. Lutsk National University, 2019. – Issue №67. – P.48-52.
5. Bezpalko A.P., Yakymchuk M.V., Valiulin G.R., Yuhno M.I. Research on the crushing of PET bottles by the cutting method with simultaneous separation of the neck and bottom. Food Industry. 2013, No. 14. - P.119-124.
6. Crusher Mini Shredder. URL: <https://epo3d.com/uk/katalog/shreder/razmelchitel-mini-sredder-.html>.

УДК 625.08

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСУ РІЗЦІВ ДОРОЖНЬОЇ ФРЕЗИ

*Рибалко І.М., доктор технічних наук, доцент*  
*Тіхонов О.В., кандидат технічних наук, доцент*  
*Петрикін Є.О., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»*  
*Державний біотехнологічний університет*

Аналіз чинників, які впливають на інтенсивність зношування обертових різців дорожньої фрези, показав, що зносостійкість інструмента визначається геометрією робочого органу, характером взаємодії з абразивом, властивостями матеріалу, зовнішніми умовами зношування, а також режимами фрезерування. Зважаючи на той факт, що інтенсивність спрацьовування різця визначається зносостійкістю його наконечника та корпусу, більшість дослідників намагались підвищити термін служби робочого органу лише за рахунок поліпшення матеріалу наконечника. При цьому, згідно з одержаними результатами, застосування дорогих твердосплавних матеріалів, які містять дефіцитні елементи, не забезпечує значного підвищення строку експлуатації різців [1].

Попадання абразивних частинок між різцетримачем і різцем обумовлює неможливість його повороту, що викликає нерівномірний розмір корпусу в одній площині і відколювання наконечника [2]. Такому характеру руйнування піддається не більше ніж 13% досліджуваних деталей. Застосування відновлювального наплавлення корпусу для різців, які не мають значних пошкоджень в одній площині, не зогнуті, а також наконечник яких пошкоджений не більше ніж на 20%, дозволить збільшити термін їх служби. Тому використання відновлювального наплавлення забезпечує можливість повторного застосування до 20 - 25% оброблених різців.

Виходячи з цього, можна отримати підвищення терміну виконання служби різання, як для нових деталей – за рахунок застосування попереднього зміцнюючого наплавлення, так і для зношених – у випадку, якщо наконечник різання має практично первісну геометричну форму і його розмір становить не більше 20% за рахунок відновлювального наплавлення [3].

Для проведення дослідження зношування була розроблена методика вимірювання (рисунок 1) та результати заносились до

таблиці карти мікрометражу корпусу різця.

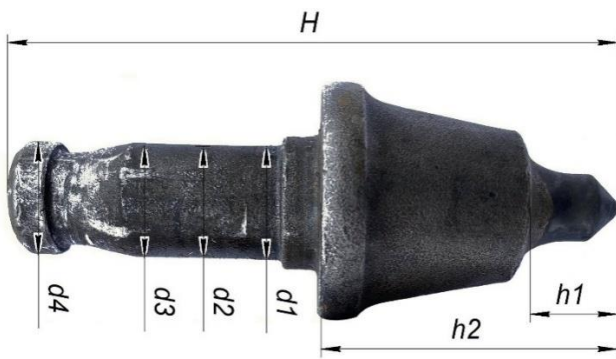


Рисунок 1 – Методика вимірювання зміни розмірів різців дорожньої фрези

Перевірку зміни розмірів різця до (рисунок 2) та після напрацювання (рисунок 3) [3] проводили на основі вимірювань. Знос визначали як різницю розмірів нового різця і зношеного.

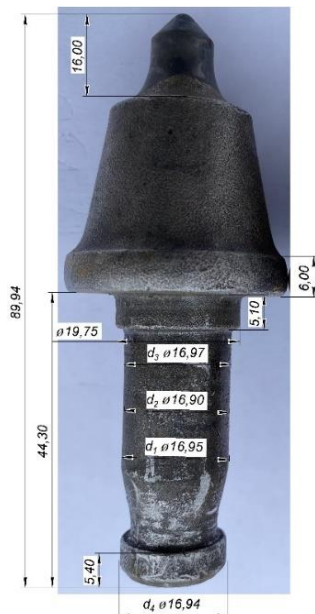


Рисунок 2 – Розмірні характеристики нових різців



Рисунок 3 – Різці дорожньої фрези: а – зношений, б – новий

Згідно розробленої методики рисунок 1 [4] було проведено вимірювання 80 відпрацьованих різців дорожніх фрез, які мали не великий знос наконечника та не мали зміни геометрії головки різця. Результати заносились в таблицю. Середні значення розмірів представлені у таблиці 1 та представлені на рисунках 4, 5.



Таблиця 1 – Результати дослідження зміни розмірів дорожніх різців

Значення	H	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	d <sub>1.1</sub>	d <sub>1.2</sub>	d <sub>2.1</sub>	d <sub>2.2</sub>	d <sub>3.1</sub>	d <sub>3.2</sub>	d <sub>4.1</sub>	d <sub>4.2</sub>
max	86,87	15,54	43,13	16,73	16,84	16,87	16,74	16,84	16,80	16,67	16,70
min	82,67	9,55	38,32	16,22	16,21	16,34	16,36	16,24	16,18	16,27	16,25
R	4,20	5,99	4,81	0,51	0,63	0,53	0,38	0,60	0,62	0,40	0,45
Середнє	85,75	12,108	41,05	16,43	16,42	16,50	16,50	16,58	16,58	16,42	16,43

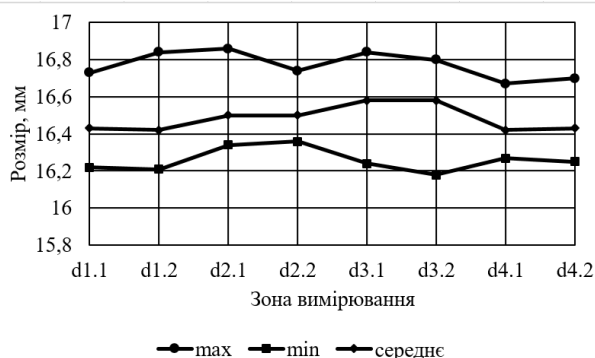


Рисунок 4 – Значення розмірів хвостової частини корпусу різця

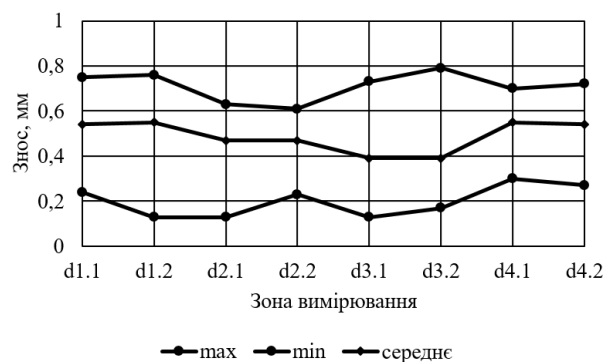


Рисунок 5 – Значення зносу хвостової частини корпусу різця

Проведено вимірювання зміни розмірів корпусу різця після експлуатації та порівняно з новим. Всі різці мають різний знос поверхонь. Найбільшому зносу схильна хвостова частина корпусу різця та твердосплавний наконечник.

### Список джерел посилання

1. Попов С.Н. Оптимизация срока службы резцов дорожной фрезы на основе технологий предварительной и восстановительной износостойкой наплавки / С.Н. Попов, Д.А. Антонюк // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2007. – № 1. – С. 69–77.
2. Мухторов А.М. Разработка методов повышения износостойкости резцов дорожных фрез / А.М. Мухторов // Educational Research in Universal Sciences. – 2022. – Volume 1. Issue 7. – С. 479-483.
3. Рибалко І.М. Зношування обертових різців дорожньої фрези / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, В.С. Гобиш // Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 23-24 лют. 2023 р., м.

Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2023. – С. 86-88.

4. Гобиш В.С. Методика дослідження зносу різців дорожньої фрези / В.С. Гобиш, І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов // Збірка матеріалів ХІХ-ї Міжнародного форуму молоді «МОЛОДЬ І ІНДУСТРІЯ 4.0 В ХХІ СТОЛІТТІ». – Харків: ДБТУ, 2023. – С. 114.

УДК 631.312

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСУ БАГАТОЗУБЧАСТИХ ЛЕМІШІВ

*Рибалко І.М., доктор технічних наук, доцент  
Тіхонов О.В., кандидат технічних наук, доцент  
Полунін М.В., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Державний біотехнологічний університет*

У процесі роботи більшість деталей сільськогосподарських машин піддається абразивному зносу. Питання підвищення довговічності нерозривно пов'язані з вивченням закономірностей зношування машин за умов експлуатації. Так наприклад, знання закономірностей переміщення ґрунтових частинок по робочих органах ґрунтообробних машин, характеру і величини діючих при цьому на поверхні тертя сил дозволяють за новим, підійти до питань збільшення довговічності деталей шляхом зміни їх конфігурації та технологічних параметрів.

Складність процесу зношування деталей сільськогосподарських машин зумовлена безперервно мінливими силами по поверхні тертя, неоднорідністю абразивного середовища як по механічному, так і хімічному складу, складністю динаміки процесів контактування та переміщення частинок абразиву. У практиці випадки зношування поверхні леміша та його леза дуже різноманітні і вони по-різному впливають на витрату енергії та якість оранки. В результаті зносу леміша зменшуються його вага та розміри.

Найбільш поширеним лемішем є долотоподібний, який у процесі роботи на твердих ґрунтах швидко затуплюється, а «потилична» фаска, що утворилася, призводить до виглиблення плуга, погіршення оранки, підвищення тягового зусилля і збільшення витрати палива.

Як видно, від технічного стану леміша залежить середня глибина оранки, рівномірність цієї глибини і частково кришіння оброблюваного шару ґрунту. Тому з метою підвищення зносостійкості долотоподібні леміші наплавляють сормайтом з тильного боку.

Великий інтерес викликають дослідження зубчастих лемішів [1-3]. Метою цієї роботи було дослідження зносу багатозубчастих лемішів з лобовим різанням ґрунту (рисунок 1). Для випробувань на зношування було виготовлено два комплекти 6-зубчастих лемішів з нових штампованих лемішів. Зуби вирізали плазморізом. Випробування проводилися на оранці стерні (пшениці, кукурудзи, ячменю) на полях підприємств Харківської та Сумської областей. Глибина оранки приймалася 25-27 см. Ґрунт, на якому проводилися випробування, являв собою важкий суглинок, вологість її становила 12-14%. Знос лемішів визначався в польових умовах ваговим та лінійним методами. Зважування проводилося через кожен гектар оранки до та після випробування з точністю до 1,0 г. Результати дослідів представлені графіком (рисунок 2), з якого випливає, що 6-зубчасті леміші менше зношувалися порівняно з контрольними. Це пояснюється тим, що наявність вирізів на найнапруженішій частині леміша знижувало величину нормальних і дотичних сил, що припадають на леміш, а також зменшувало площу контакту (ґрунт - метал) у експериментальних лемішів порівняно з суцільним лезом у контрольних дивись рисунок 2.



Рисунок 1 – Характер зносу багатозубчастого лемішу

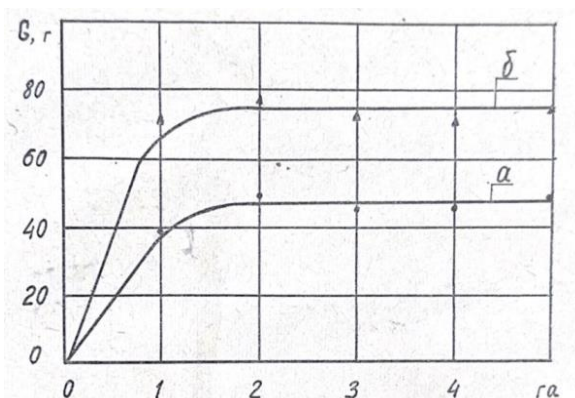


Рисунок 2 – Ваговий знос експериментальних та контрольних лемішів: а – 6-зубчасті леміші з лобовим різанням ґрунту; б – долотоподібні леміші

Знос лемішів за вагою є важливим показником інтенсивності зношування. Однак цей метод не дає можливості судити про знос матеріалу в різних місцях леміша. Недолік вагового методу усувався лінійним.

Вимірювання проводилися у вказаних на леміші точках (рисунок 3) штангенциркулем з точністю до 0,05 мм. Дані вимірів оброблялися та представлені графіком (рисунок 4).

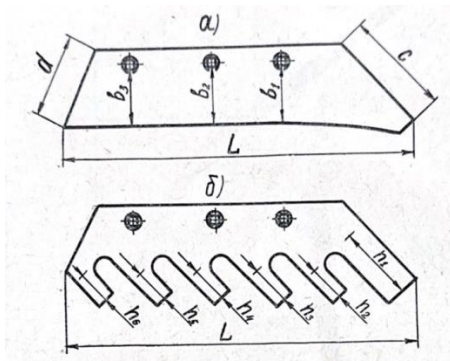


Рисунок 3 – Контрольовані розміри лемішів при їх зносі: а – долотоподібні леміші; б – б-зубчасті леміші з лобовим різанням ґрунту

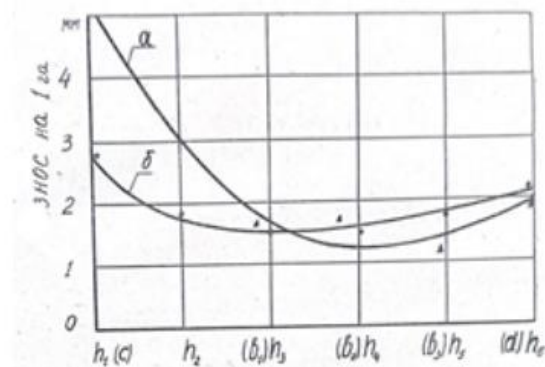


Рисунок 4 – Лінійне знос експериментальних та контрольних лемішів:

а – долотоподібні леміші;  
б – б-зубчасті леміші з лобовим різанням ґрунту

З графіка видно, що, після оранки 5 га, найінтенсивніше зношувався носок долотоподібного леміша.

Для оцінки зносостійкості лемішів визначалися їх питомі зноси:  $K_p$  – питомий знос за вагою г/га;  $K_c$  ( $K_{h1}$ ),  $K_{b1}$  ( $K_{h3}$ ),  $K_{b2}$  ( $K_{h4}$ ),  $K_{b3}$  ( $K_{h5}$ ) та  $K_d$  ( $K_{h6}$ ) – питомі зноси за лінійними розмірами мм/га.

Остаточну оцінку проводили за коефіцієнтами зносостійкості, що обчислюються за такими формулами:

• коефіцієнт зносостійкості за вагою:  $M = \frac{K_{p6}}{K_{pc}}$ ,  $K_{p6}$  – б-зубих

лемішів;  $K_{pc}$  – стандартних лемішів;

• коефіцієнт зносостійкості за розмірами лека:  
$$Л = \frac{(K_{h3} + K_{h4} + K_{h5} + K_{h6})}{(K_{b1} + K_{b2} + K_{b3} + K_d)}$$

• коефіцієнт зносостійкості за розмірами носку:  $H = \frac{K_{h1.6}}{K_c}$ .

В результаті проведених випробувань отримані порівняльні дані щодо зносу багатозубчастих та стандартних лемішів. Дані (таблиця 1), і рисунок 4 показують, що коефіцієнти зносостійкості 6-зубчастих лемішів з лобовим різанням ґрунту за вагою та лінійними розмірами носку краще, ніж відповідні коефіцієнти серійних долотоподібних лемішів. Коефіцієнт зносостійкості за розмірами леза нижче зубчастих лемішів.

Таблиця 1 – Середні значення величин, що характеризують зношування багатозубчастих і стандартних лемішів

Найменування величин	Зубчасті леміші	Долотоподібні леміші
Коефіцієнти зносостійкості:	0,62	1,00
а) за вагою (М) б) по носку(Н)	0,53	1,00
в) по лезу (Л)	0,11	1,00
Середнє питоме знос за вагою $K_p$ в 1/га	47,00	75,00
Середнє питоме лінійне зношування в мм/га		
а) по носку	2,75	1,17
б) за перерізом першого отвору	1,71	1,60
в) за перерізом другого отвору	1,52	1,72
г) за перерізом третього отвору	1,87	1,19

З проведених досліджень за роботою багато зубчастих лемішів можна зробити такі висновки: знос зубів нерівномірний; найбільш інтенсивно зношувався перший зуб, оскільки він найбільше навантажений; при роботі багатозубчастих лемішів між зубову відстань майже не зношувалося; кількість вирізаних зубів на леміші може варіюватися 4 - 6, що потребує додаткових досліджень; знос металу на 1 га оранки у зубчастих лемішів зіставив 47 г, а стандартні – 75 г; зносостійкість багатозубчастих лемішів в 1,5-2,0 рази вище стандартних долотоподібних.

### Список джерел посилання

1. Семенов А.Н. Новая форма лезвия плужного лемеха. / А.Н. Семенов, Б.А. Даколо // Информационный листок. ХЦТИ. Харьков. 1972. 3с

2. Рибалко І.М. Дослідження способів відновлення плужних лемішів / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, М.В. Полунін // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний

прогрес в АПВ» 23-24 листопада 2023 року. Харків: ДБТУ, 2023. С. 433-437.

3. Тіхонов О.В. Результати дослідження на зношування відновлених лемішів / О.В. Тіхонов, М.В. Горшков // Збірник тез доповідей ХХІV Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (17-19 жовтня 2023 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2023. С. 283-285.

## АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ ЗЕРНА

*Рибальченко В.Д., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Костенко О.М., докторка технічних наук, професорка  
Дрожчана О.У., старша викладачка  
Полтавський державний аграрний університет*

Для визначення міцності термообробленого зерна під час динамічних навантажень було виготовлено експериментальну установку (рисунок 1), яка складається з основи 5 і вертикальної стійки 1, шкали 4 для виміру кута вильоту молотка 3 після удару, фіксатора зразка 6, на верхній частині стійки кріпиться горизонтальний вал 2, що служить віссю підвісу молотка 3.

Роботу руйнування ( $A$ ) визначали за формулою [1]:

$$A = G \cdot l(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2), \quad (1)$$

де  $G$  – маса молотка, кг;

$\alpha_1$  – кут підйому молотка до руйнування зерна, град;

$\alpha_2$  – кут зльоту молотка після руйнування зерна, град;

$l$  – довжина молотка, м.

Для визначення роботи руйнування було підготовлено кілька молотків (таблиця 1) з різною масою, довжиною, товщиною (рисунок 1).

Величину шкідливих опорів, що діють на молоток (сили тертя на осі підвісу, опір повітря), визначали за методом В.А.Ворошка [2]. На підставі отриманих результатів (таблиця 2) досліджень визначили роботу руйнування зерна. На її значення впливає: маса молотка, фізико-механічний стан зерна (сире чи термооброблене), товщина молотка, фізико-механічний стан зерна (сире чи термооброблене), товщина молотка.

В таблиці 1 наведені параметри експериментальних молотків.

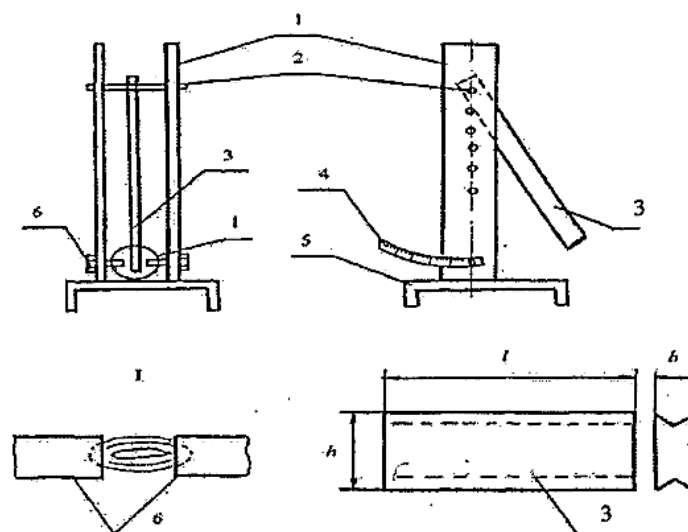


Рисунок 1 – Схема установки для визначення роботи руйнування зерна: 1 – стійка; 2 – вал; 3 – молоток; 4 – шкала; 5 – основа; 6 – фіксатор зразку

Таблиця 1 – Параметри експериментальних молотків

Параметри	I молоток	II молотка	III молотка
Довжина, м	250	190	130
Ширина, м	50	50	50
Товщина м	2	1,5	1
Маса, г	200	140	80

Таблиця 2 – Результати експериментів із руйнування зерна

Тип молотків	Кут підйому молотка до руйнування зерна, $\alpha_1$ , град	Кут підйому молотка після руйнування зерна, $\alpha_2$ , град
Сире зерно		
1	70	10
2	90	30
3	115	50
Термооброблене зерно		
1	70	45
2	90	65
3	115	90

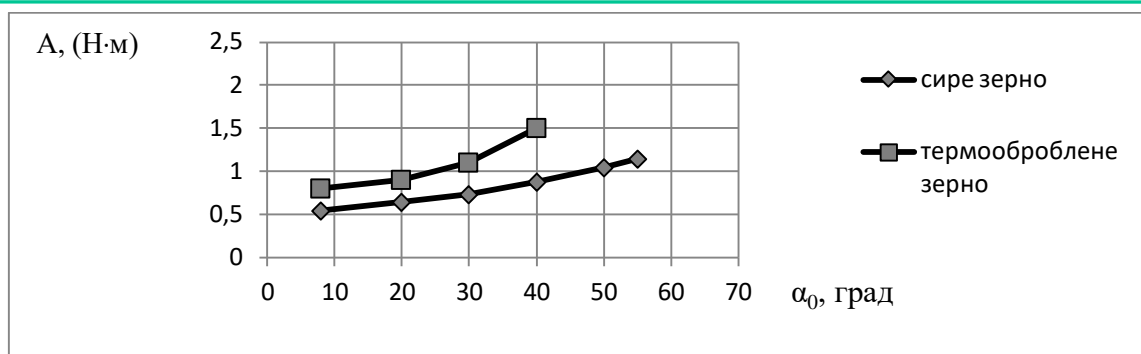


Рисунок 2 – Графік залежності роботи руйнування ( $A$ ) від кута вильоту молотка після руйнування зерна ( $\alpha_2$ )

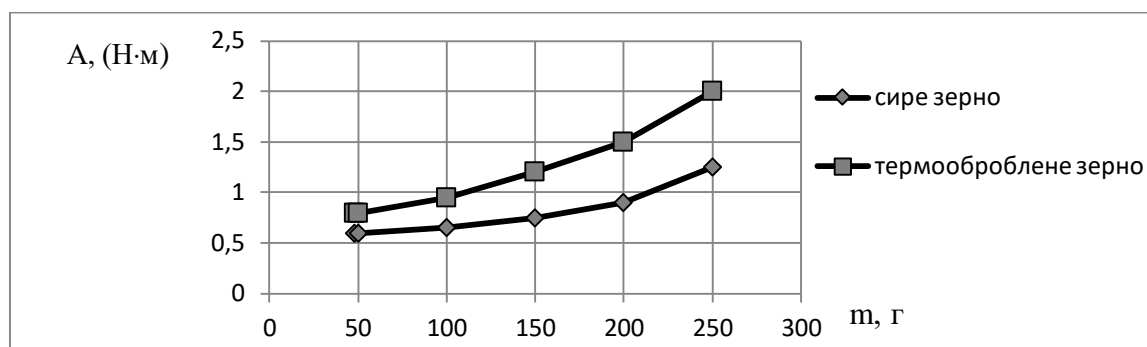


Рисунок 3 – Графік залежності роботи руйнування ( $A$ ) від маси молотка ( $m$ )

Після проведення експерименту за методикою ми визначили ударну в'язкість термообробленого та сирого зерна. З цього випливає, що робота на руйнування сирого зерна витрачається більша, ніж на термооброблене в середньому вдвічі.

Результати цього експерименту стали основою для виготовлення молотка з двома ріжучими крайками.

### Список джерел посилання

1. Гвоздєв О. В, Вдосконалення процесу подрібнення зерна. Збірник наукових праць ВНАУ. Серія «Технічні науки». 2011. № 9. С. 143–150.

2. Грабченко А.І., Федорович В.О., Гаращенко Я.М. Методи наукових досліджень: навч. посібник. Харків: НТУ ХПІ, 2009. 142 с.





УДК 631.3

## ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГРУНТООБРОБНОГО РОТАЦІЙНОГО ЗНАРЯДДЯ У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

*Рижкова Т.Ю., здобувачка вищої освіти ступеня доктора філософії*  
*Негребецький І.С., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії*  
*Ветохін В.І., доктор технічних наук, доцент*  
*Полтавський державний аграрний університет*

Актуальним питанням при обробці земельних угідь, зокрема, у період вегетації рослинних культур, постає питання розпушування ґрунту, збереження та накопичення вологи, боротьба з бур'янами в міжрядді. Відомі дискові та голчасті робочі органи, що застосовуються у весняно-осінній період, мають ряд недоліків, пов'язаних з недостатньою обробкою ґрунтів схильних до вітрових ерозій, невірним налаштуванням режимів роботи та неможливістю використання ряду подібних знарядь для обробки просапних культур.

Пасивний режим роботи ротаційного знаряддя дозволяє проводити обробіток легких та середніх за фізико-механічними властивостями ґрунтів та схильних до ерозійних проявів. Такий режим має низьку енергоємність роботи, забезпечує простоту конструкції, здатність працювати у широкому діапазоні швидкостей, низьке зношення та не потребують складного ремонту. Перевагою пасивного режиму роботи ротаційного знаряддя є виконання руху за рахунок реакції ґрунту, що забезпечує плавність взаємодії знаряддя з ґрунтовим покривом.

Попередніми дослідженнями визначено, що голка ротаційного голчастого знаряддя виконує поступально-обертальний рух відносно поверхні ґрунту. Внаслідок мінливості стану ґрунту, та, відповідно, його фізико-механічних характеристик, зокрема, щільності, вологості, складу, змінюється співвідношення швидкості поступального та обертального рухів [1, 2, 3].

Метою дослідження стало визначення в польових умовах фактори, що найбільш ймовірно впливають на ефективність обробітку ґрунту.

Для дослідження роботи голчастих робочих органів використовувалося експериментальне ротаційне голчасте знаряддя,

що призначено для внесення води, добрив чи інших мінеральних сполук до кореневої системи просапних культур з одночасним розпушенням поверхневого шар ґрунту.

До факторів, що найбільш ймовірно можуть впливати на якість обробітку ґрунтового покриву та накопичення і збереження вологи, віднесемо лінійну швидкість поступального руху знаряддя та кутову швидкість обертального руху ротаційного диску з голками. Під якістю обробки ґрунту вважатимемо розміри утворення лунок та наявність інших змін навколо неї. За допомогою встановлених на експериментальному знарядді вимірювальних датчиків визначалися лінійна швидкість експериментального знаряддя та кутова швидкість обертання робочого органу. Проводились також вимірювання щільності та вологості ґрунту (рисунок 1).

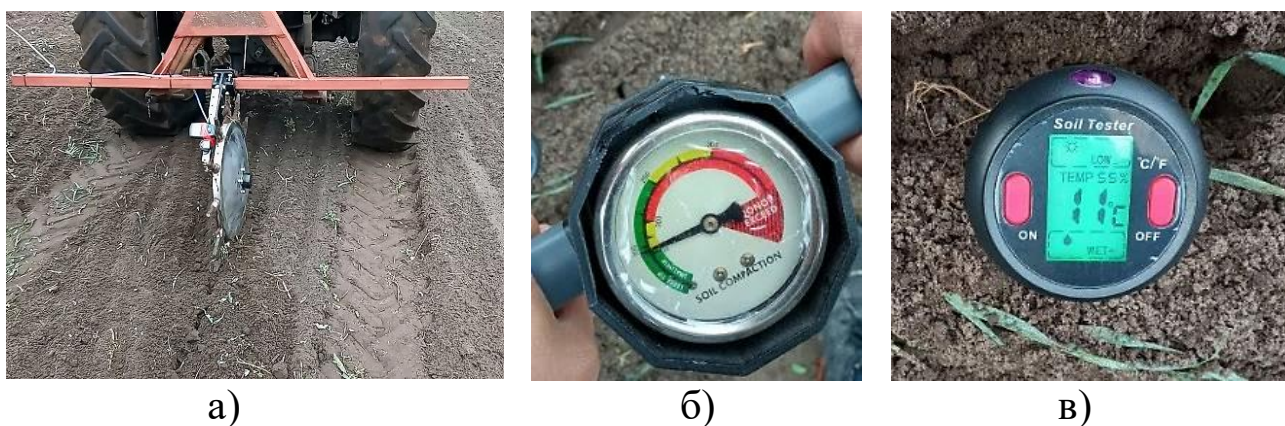


Рисунок 1 – Дослідження роботи експериментального ротаційного голчастого знаряддя у польових умовах:

а – загальний вигляд експериментальної установки з ротаційним голчастим робочим органом б, в – обладнання для вимірювання щільності та вологості ґрунту.

У ході експерименту вимірювалися швидкість ротаційного голчастого знаряддя та параметри утворюваних лунок. Фіксувалися щільність та вологість ґрунту.

Встановлено, що при роботі протягом однієї години з лінійною швидкістю агрегату в діапазоні  $3,5 \div 6$  км/год, глибина лунки зменшується в середньому на 27 % від глибини на початку роботи. При цьому стан ґрунту (вологості та щільності) залишалися незмінними. За тривалим часом роботи ґрунтообробного знаряддя, відбувається налипання ґрунту на голки (рисунок 2).



а)



б)

Рисунок 2 – Результати роботи експериментального робочого органу ґрунтообробного ротаційного знаряддя в польових умовах:  
а – ефект налипання ґрунту на голки; б – динамічний винос ґрунту кінцями голок

Результати польових досліджень підтверджують висновки наших попередніх досліджень [1-4]. Явище налипання ґрунту на голки створює ефект зміни робочого радіусу кочення голок. Радіус кочення зменшується по відношенню до початкового при незалиплих голках. Це явище також впливає на зміну глибини лунок, утворених голками. Зазначимо, що на ступінь налипання ґрунту впливають вологість та щільність ґрунту, параметри яких потрібно враховувати перед початком експлуатації агрегату.

В результаті польових спостережень встановлено, що кінематичні характеристики робочого органу ротаційного ґрунтообробного знаряддя у пасивному режимі роботи мають змінний характер. При зростанні швидкості поступального руху знаряддя вище оптимальних показників виникає явище кочення робочого органу ротаційного ґрунтообробного знаряддя з прискоренням. Як наслідок, спостерігається динамічний винос ґрунту кінцями голок робочого органу ротаційного голчастого знаряддя на поверхню поля (рисунок 2). Зазначений режим кочення з прискоренням

спостерігається у значній ступені внаслідок налипання ґрунту на голки, тобто зі зменшення реального радіуса кочення ґрунтообробного робочого органу.

Отже, на ефективність роботи ротаційного голчастого знаряддя впливають швидкості поступального руху ротаційного голчастого знаряддя та явище налипання ґрунту на голки в результаті тривалої роботи. Важливий підбір оптимальної швидкості руху знаряддя в залежності від фізико-механічних характеристик ґрунту, у тому числі вологості.

Подальший пошук шляхів вдосконалення знаряддя доцільно спрямувати на аналітичні дослідження математичної моделі взаємодій голки з шаром ґрунту.

### Список джерел посилання

1. Ветохін В., Рижкова Т., Негребецький І., Погорілий В., Голдибан В. Дослідження траєкторії взаємодії з ґрунтом голчастої ротаційної частини знаряддя для внесення добрив. *Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій*: наукові доповіді XXI Міжнародної наукової конференції, 22 вересня 2021 року, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого; Україна, Дослідницьке, 2021. С.61-65.

2. Ветохін В.І., Рижкова Т.Ю., Негребецький І.С. Фізико-механічні аспекти взаємодії з шаром ґрунту голчастих ротаційних робочих органів. *Молодь і технічний прогрес в АПВ*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 17-18 травня 2021 р. Харків : ХНТУСГ, 2021. Том 2. С. 70-71.

3. Ветохін В.І., Рижкова Т.Ю., Негребецький І.С. Дослідження руху у ґрунті голок ротаційного знаряддя в ґрунтовому каналі. *Техніка та технології в агропромисловому виробництві (присвячена 55-й річниці заснування інженерно-технологічного факультету Полтавського ДАУ)*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 7-8 жовтня 2021 р. Полтава : ПДАУ, 2021. С. 35-37.

4. Негребецький І., Рижкова Т., Ветохін В. Деякі аспекти руху у шарі ґрунту голки ротаційного голчастого знаряддя. *Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій*: наук. доп. XXIII Міжнар. наук. конф., присвяч. 75-річчю від дня заснування УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 22 вересня 2023 року. Дослідницьке, 2023. С. 98-102.

УДК 621.471

## МЕТОДИКА ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ ПЛАВАЛЬНИХ БАСЕЙНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНОГО УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ОЗОНУВАННЯ

*Семенов А.О., кандидат фізико-математичних наук, доцент  
Сахно Т.В., докторка хімічних наук, професорка  
Харак Р.М., кандидат технічних наук, доцент  
Кузнецов Р.О., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»  
Полтавський державний аграрний університет*

Як і природна вода, так і вода в громадському басейні містить мікробіологічні та хімічні речовини [1]. Завдяки чому експлуатація басейнів потребує проведення комплексу заходів з фільтрування та дезінфекції води [2]. Дезінфекція води необхідна для захисту від мікробних забруднень, яка призводить до утворення побічних продуктів (ППД) [1, 3], деякі з яких представляють небезпеку для здоров'я людини.

Очищення води плавальних басейнів складний процес, перш за все тому, що у воді містяться різні типи забруднень [4]. Різні технічні прийоми та методи очищення води спрямовані на ефективність очищення води від різного типу забруднень та патогенної мікрофлори. Формування побічних продуктів дезінфекції може призводити до критичних наслідків впливу на здоров'я людини: деякі виявлені речовин у воді володіють мутагенністю та канцерогенністю і здатні викликати несприятливі репродуктивні ефекти.

Наявність побічних продуктів дезінфекції у воді плавальних басейнів знаходить відображення в нормативних документах, національних регламентах європейських країн та рекомендаціях ВООЗ [5], які вказують на необхідність здійснення контролю за вмістом побічних сполук в оброблюваній воді, а також прийняття заходів по зниженню їх концентрації за рахунок альтернативних технологій дезінфекції [6].

Громадські басейни зазвичай дезінфікують традиційними методами: фільтруванням, газоподібним хлором або гіпохлоритом натрію, а в домашніх басейнах зазвичай використовують хлорування [1].

Крім традиційних процесів очищення води останнім часом використовують ультрафільтрацію та УФ-опромінення [7, 8] або комбінацію різних реагентних та безреагентних способів [2, 6].

Метою нашого дослідження є розробка комбінованого способу знезараження води плавальних басейнів з використанням озону та ультрафіолетового випромінювання без використання хлорвмісних реагентів.

При проведенні експериментальних робіт використано комбінований метод ультрафіолетового знезараження води з озонуванням. Контроль за дозою УФ-опромінювання здійснювали з використанням радіометра енергетичної освітленості «Тензор-31», виробництва НПВ «Тензор».

Експериментальні роботи проводили в басейні об'ємом 100 м<sup>3</sup> з використанням ламп, характеристика яких представлена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристики ламп

Тип лампи	P, Вт	I, mA	U, В	Енергетична освітленість, Вт/см <sup>2</sup>	Кількість озону, г/год
ZW80D19Y	80	1000	120	250-270	0,7-0,8

Для очищення та дезінфекції води в плавальному басейні використаємо наступні етапи знезараження: установка для видалення крупних забруднень (грубе очищення); установка для видалення високодисперсних домішок (тонке очищення), що спричиняють мутність та колірність води; установки для бактерицидного знезараження води (інактивації мікроорганізмів), а також обладнання для підігрівання води і системи електронного керування.

Обладнання для видалення крупних забруднень та високодисперсних частинок справляється із очищенням води від сторонніх включень, але не вирішує питання інактивації мікроорганізмів. Для вирішення цього питання використаємо комбінований метод знезараження: УФ-знезараження та озонування.

При проведенні експериментальних робіт здійснювали контроль наступних параметрів: ступінь забруднення фільтрів грубої та тонкої очистки; рівень рН, температуру води, кількість відвідувачів.

Для забезпечення 5-ти кратного обміну води за добу використана установка продуктивністю 16 м<sup>3</sup>/год. Установка складається з 4-х циліндричних однакових камер [9, 10] з внутрішнім діаметром 90 мм та довжиною 950 мм, в якій УФ-лампа в кварцовому чохлі

розташована по осі камери. Озон, що утворюється в повітряному просторі між лампою і стінками кварцового чохла, подається в воду за допомогою ежектора. Об'єм повітря, що проходить через камеру складає 220-240 л/годину. Доза опромінення води  $\geq 25$  Дж/м<sup>2</sup> з додатковим озонуванням 0,1 г/м<sup>3</sup> води.

Вимірювання мікробіологічних параметрів води проводили в атестованій мікробіологічній лабораторії. Значення отриманих результатів бактеріологічних досліджень води в басейні зведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати бактеріологічних досліджень води в басейні

Найменування показника, КУО/см <sup>3</sup>	Вимоги	Результати дослідження		
		Початкові дані води	Експериментальні результати (після 2-х та 4-х днів)	
ЗМЧ при 37 <sup>0</sup> С	Не більше 100 КУО/см <sup>3</sup>	5	28	16
Загальні коліформи	Відсутні	Не виявлено		
Ентерококи та E.coli	Відсутні	Не виявлено		

Бактеріологічними дослідженнями води в басейні встановлено, що ультрафіолетове знезараження з озонуванням по загальному мікробіологічному числу КУО/см<sup>3</sup> не перевищує 28 КУО/см<sup>3</sup>. При запропонованій комбінованій технології побічні продукції дезінфекції не виявлено, концентрація озону у воді не перевищує 0,015 мг/л.

Таким, чином для басейну об'ємом води 100 м<sup>3</sup> бактеріологічна чистота води забезпечується установкою з продуктивністю 18 м<sup>3</sup> за годину при опроміненості  $\geq 25$  Дж/м<sup>2</sup> та дозі озонування 0,1 г/м<sup>3</sup>.

### Список джерел посилання

1. Semenov, A.A., Sakhno, T.V. Disinfection of Swimming Pool Water by UV Irradiation and Ozonation. J. Water Chem. Technol., 2021, 43, 491–496.
2. Semenov, A., Vyzhva S., Sakhno T., Semenova N. (2021a). Combined method of UV treatment and ozonation during water

disinfection in swimming pools. XV International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment», 17–19 November 2021, Kyiv, Ukraine, Mon-21-095.

3. Semenov A., Sakhno T., Korotkova I., Barashkov N. Disinfection of water in swimming pools by combined action of UV-light and ozone. Division of Environmental Chemistry: 258st American Chemical Society National Meeting and Exposition (San Diego, CA, august 25–29). 2019. ENVR 394.

4. Chaukura N., Marais S.S., Moyo W., Mbali N., Thakalekoala L.C., Ingwani T., Mamba B.B., Jarvis P., Nkambule T.T.I. Contemporary Issues on the Occurrence and Removal of Disinfection Byproducts in Drinking Water—A Review. Journal of Environmental Chemical Engineering. 2020. 8, N2. 103659.

5. World Health Organization (WHO). Guidelines for Safe Recreational Water Environments; Swimming Pools and Similar Environments; WHO Press: Geneva, Switzerland, 2006; Volume 2. Available online: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43336/1/9241546808\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43336/1/9241546808_eng.pdf)

6. Семенов А.О., Кожушко Г.М., Сахно Т.В. Знезараження води комбінованими методами – УФ-випромінювання в поєднанні з іншими технологіями. Технологический аудит и резервы производства. 2016. № 3/3 (29). С. 67-71.

7. Семенов А.О., Кожушко Г.М., Семенова Н.В. Використання ультрафіолетового випромінювання для бактерицидного знезараження води, повітря та поверхонь Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : Збірник науково-технічних праць. Львів : РВЦ НЛТУ України, 2013. № 23.02. С. 179-186.

8. Semenov, A., Semenova, K. Ultraviolet disinfection of water in recirculating aquaculture system: a case study at sturgeon caviar fish farm. Acta Agriculturae Slovenica, 2022, 118 (3), 1–4.

9. Semenov A. A., Kozhushko G. M., Sakhno T. V. Device for germicidal disinfection of drinking water by using ultraviolet radiation. Herald of Karagand. University. Series "Physics", 2016. 1 (81), 77-80.

10. Semenov A. Device for disinfection of water by using ultraviolet radiation. Physics of Liquid Matter: Modern Problems (PLMMP 2018): 8-th International Conference. (Kyiv, Ukraine, 18-22 May). 2018. 1-20.P.





УДК 621.65

## МЕТОДИКА КІНЕМАТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСНОГО АГРЕГАТУ

*Семенов А.О., кандидат фізико-математичних наук, доцент  
Скрипник В.О., доктор технічних наук, професор  
Горбань О.А., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»  
Полтавський державний аграрний університет*

Кінематичний розрахунок приводу є важливим для визначення руху і передачі обертового моменту в системі. Він включає аналіз руху, швидкості, прискорення та взаємозв'язків між різними компонентами системи [1].

Однією з основних задач кінематичного розрахунку приводу є визначення швидкості та прискорення елементів системи в залежності від їхнього розташування, форми та обертового руху. Це інформація важлива для оптимізації приводу, а також для визначення можливості виникнення небезпечних ситуацій, таких як перевантаження або зіткнення елементів системи.

Ось кілька кроків, які враховуються при кінематичному розрахунку приводу [1, 2]:

**Визначення типу приводу:** Визначте тип приводу, який ви плануєте використовувати, наприклад, механічний (за допомогою шестерень, ланцюгів тощо), гідравлічний або електричний.

**Аналіз компонентів приводу:** Розгляньте всі компоненти приводу, такі як вал, шестерні, зубчасті колеса, гідравлічні циліндри, електродвигуни тощо. Визначте їх параметри, такі як діаметр валів, розмір шестерень тощо.

**Визначення вихідних та вхідних швидкостей:** Визначте потрібну вихідну швидкість обертання для вашого приводу (наприклад, обертань насосного вала) та вхідну швидкість (наприклад, обертань вала електродвигуна).

**Визначення передачі обертового моменту:** Визначте обертовий момент, який потрібно передати від приводу до робочого механізму (наприклад, насосу). Це може бути виражено в Нм (ньютон-метри) або фунт-футах, залежно від одиниць вимірювання.

Визначення передачі: Виберіть або розрахуйте передачу (відношення швидкостей або обертального моменту) для приводу. Це може бути встановлено в результаті аналізу і вимог вашого додатку.

Розрахунок швидкостей та обертального моменту: Використовуючи передачу, розрахуйте вихідні швидкості та обертальний момент на виході з приводу.

Перевірка передачі обертального моменту: Перевірте, чи передача обертального моменту відповідає вимогам вашого додатку, тобто чи досягає обертальний момент на виході відповідного значення.

Аналіз ефективності: Проведіть аналіз ефективності приводу, розглядаючи втрати енергії та інші фактори, які можуть вплинути на продуктивність системи.

Оптимізація та корекція: У разі необхідності оптимізуйте вашу передачу або змініть компоненти приводу для відповідності вимогам.

Розробка схеми приводу: На основі кінематичних розрахунків розробіть схему приводу, яка включає всі компоненти та їх взаємозв'язки. Враховуйте розташування електродвигунів, шестерень, валів та інших елементів.

Вибір компонентів: Виберіть конкретні компоненти для вашої схеми приводу, такі як електродвигуни, шестерні, ланцюги, зубчасті колеса, гідравлічні циліндри тощо. Враховуйте бренд, модель та параметри кожного компонента.

Розрахунок навантаження на підшипники та валі: Визначте навантаження, яке діє на підшипники та вали приводу і перевірте, чи вони витримують це навантаження.

Проведення тестів імітації роботи: Перед реальною установкою використовуйте тести імітації роботи, щоб переконатися, що ваша схема приводу працює правильно та відповідає вимогам додатку.

Підготовка до монтажу і налагодження: Після успішних тестів імітації роботи готуйтеся до монтажу та налагодження всіх компонентів приводу в системі.

Ці кроки допоможуть розрахувати та реалізувати ефективний привід для вашого насосного агрегату, що відповідає конкретним вимогам вашого технічного завдання. Важливо пам'ятати, що правильний кінематичний розрахунок приводу грає ключову роль у забезпеченні надійності та продуктивності системи.

Розглянемо більш детально методичні принципи розрахунку електроприводу насосного агрегату.

Необхідна потужність електродвигуна.

$$P_{\text{тр.}} = P_3 / \eta_{\text{заг.}}, \quad (1)$$

де  $\eta_{\text{заг.}}$  – загальний коефіцієнт корисної дії;  $\eta_{\text{заг.}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^2$ ;  $\eta_1$  – коефіцієнт корисної дії клинопасової передачі,  $\eta_2$  – коефіцієнт корисної дії конічної закритої передачі,  $\eta_3$  – коефіцієнт корисної дії двох підшипників кочення.

Таким чином,  $\eta_1 = 0,94 \dots 0,97$ ,  $\eta_2 = 0,95 \dots 0,97$ ,  $\eta_3 = 0,99 \dots 0,995$ ,  $\eta_{\text{заг.}} = 0,955 \cdot 0,96 \cdot 0,9925^2 = 0,903$ .

Визначення потужності на кожному валу приводу.

Для проміжного валу приводу:

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_3, \quad (2)$$

Передавальні числа приводу. Загальне відношення:

$$U_{\text{заг.}} = \omega_1 / \omega_3, \quad (3)$$

де  $\omega_1$  – кутова частота обертання провідного валу приводу.

Відомо, що  $\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30}$ ;  $n_1$  – число оборотів провідного валу приводу;  $n_1 = n_c \cdot (1-S)$ , де  $S$  – ковзання.

Розбиваємо загальне передатне відношення по ступенях приводу.

$$U_{\text{заг.}} = U_1 \cdot U_2, \quad (4)$$

де  $U_1$  – передавальне число клинопасової передачі;  $U_2$  – передавальне число конічної закритої передачі.

$$U_1 = \frac{U_{\text{заг.}}}{U_2}, \quad (5)$$

Кутова частота обертання кожного валу приводу.

Для проміжного валу приводу:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{U_1}, \quad (6)$$

Для ведучого валу приводу (уточнене значення):

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{U_2}, \quad (7)$$

Частота обертання кожного валу приводу:

Для проміжного валу приводу:

$$n_2 = \frac{n_1}{U_1}, \quad (8)$$

Для ведучого валу приводу:

$$n_3 = \frac{n_2}{U_2}, \quad (9)$$

Обертальні моменти на кожному валу приводу.

Для провідного валу приводу:

$$T_1 = \frac{P_1 \cdot 10^3}{\omega_1}, \quad (10)$$

Для проміжного валу приводу:

$$T_2 = \frac{P_2 \cdot 10i}{\omega_2}, \quad (11)$$

Для ведучого валу приводу:

$$T_3 = \frac{P_3 \cdot 10i}{\omega_3}, \quad (12)$$

У процесі кінематичного розрахунку важливо враховувати всі компоненти приводу, їх параметри, передачу обертального моменту та вимоги технічного завдання. Після проведення розрахунків і вибору компонентів слід здійснити тести імітації роботи для перевірки правильності та ефективності схеми приводу перед реальним монтажем.

Коректність проведення кінематичного розрахунку допомагає забезпечити надійність та продуктивність системи, а також запобігти небезпечним ситуаціям. Таким чином, цей процес є важливою складовою успішного інженерного проектування приводних систем.

### Список джерел посилання

1. Насоси, агрегати [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://plmz.com.ua/ua/home-ua2/nasosi-agregati> - Полтавський ливарно-механічний завод. – Дата звернення: 05.12.23.

2. Види насосів для води, сфера використання і вибір насосів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ibud.ua/ua/statya/vidy-nasosov-dlya-vody-sfera-ispolzovaniya-i-vybor-nasosov-970> - ibud.ua. – Дата звернення: 06.12.23.

3. Семенов А. О. Електротехнічні комплекси знезараження питної води. Наукове оточення сучасної людини: техніка і технології, інформатика, безпека, транспорт, хімія, сільське господарство. Книга 3, Частина 1: серія монографій [авт.кол. : І. Я. Львович, Я. Е. Львович та ін.] – Одеса: Купрієнко СВ, 2020. (Серія «Наукове оточення сучасної людини»; № 3). С. 46-54.



УДК 631.31

## ЗАСМІЧЕНІСТЬ ПОСІВІВ ГАРБУЗА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СПОСОБУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

*Сиромятников Ю.М., кандидат технічних наук,  
провідний науковий співробітник  
Латвійський університет природничих наук і технологій,  
Латвійська Республіка*

Мета досліджень – оптимізувати умови росту та розвитку рослин гарбуза великоплідного (*Cucurbita maxima* L.) у ґрунтово-кліматичних умовах лівобережного Лісостепу України при використанні нових ресурсозберігаючих агроприємів регулювання зростання та вологозбереження .

Для досягнення поставленої мети було визначено завдання – виявити особливості розвитку гарбуза при використанні різних систем обробітку ґрунту. Схема дослідів представлена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Схема дослідів

Чинник А	Чинник В
1. Оранка з оборотом скиби (ПЛН-5-35, на глибину 0,25 м) - контроль за фактором	Контроль
	Гумат 2
	Гумат 1
2. Стратифікація ґрунту (ПРСМ-5 на глибину 0,15 м.)	Контроль
	Гумат 2
	Гумат 1
3. Глибоке безполицеве локальне розпушування (ПЧ-2,5 із серійними робочими органами 2 на глибину 0,45 м)	Контроль
	Гумат 2
	Гумат 1
4. Глибоке безполицеве локальне розпушування (ПЧ-2,5 з робочими органами обґрунтованої форми 1 на глибину 0,45 м)	Контроль
	Гумат 2
	Гумат 1

Вибір варіанта обробки ґрунту після попередника багато в чому вирішує подальше питання щодо контролю бур'янів [1, 2]. У нашому випадку гарбуз вирощували після ярого ячменю [3, 4]. Післязбиральна обробка ґрунту проводилася стратифікатором ПРСМ-5 на глибину 4-6 см. [5, 6]. При наступних відростаннях бур'янів, але з уже ослабленою енергією проростання, було проведено обробку дисковими знаряддями [7, 8]. Потім, в осінній період впроваджено схему обробки ґрунту, де варіантами контролю бур'янів було глибоке безполицеве локальне розпушування чизелем з робочими органами обґрунтованої форми 1 та серійними робочими органами 2 на глибину 0,45 м. [9, 10]. Ці варіанти посівів навесні були більш засміченими, а інші варіанти полицева оранка (ПЛН-5-35 на глибину 0,25 м) та стратифікація ґрунту (ПРСМ-5 на глибину 0,15 м.) – меншою мірою.

При вирощуванні гарбуза в умовах лівобережного Лісостепу України, де рівень забезпеченості вологою щорічно не перевищує 350-400 мм, використання гербіцидів стає не тільки економічно не доцільним, а й екологічно небезпечним [11]. Тому все ж таки особлива роль механічного способу боротьби з бур'янами в таких посівах є першорядною, на рівні з сівозмінами [12, 13].

Знання видового складу бур'янів, ступеня його розвитку (біологічні особливості бур'яну) і наступні етапи економічної шкідливості і у випадку з механічним способом боротьби необхідно і доцільно.

На дослідній ділянці у посівах гарбуза поширення набули такі види бур'янів – Лутига розлога (*Atriplex patula*), Мишій сизій (*Setaria glauca*), Щириця закинута (*Amaranthus retroflexus*), Споріш (*Polygonum aviculare*), Бодяк польовий (*Cirsium arvense*), Вівсюг (*Avena fatua*),

Пирій повзучий (*Erythraea repens* / *Agropyron repens*).

Основну групу бур'янів на варіантах з глибоким безполицевим розпушуванням складають багаторічні, корене-паросткового типу, а при навіть малому обороті скиби – полицева оранка або без обороту скиби обробка ПРСМ-5 – лєвова частка це однорічі бур'яни. Особливо стоїть відзначити, що серед багаторічних бур'янів яскраво простежуються Бодяк польовий і Пирій повзучий. У цілому розподіл бур'янів в залежності від року і фактору досліджень за видовим складом виглядає наступним чином (рисунок 1).

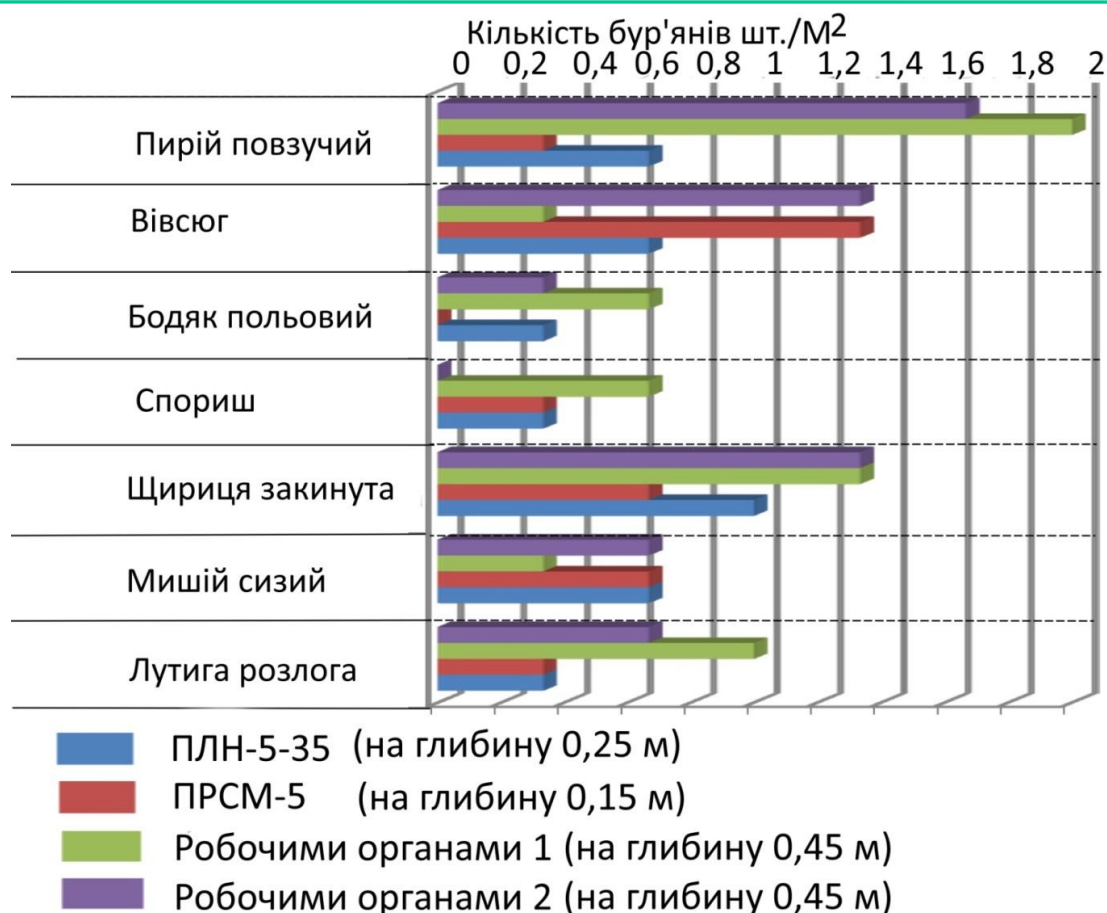


Рисунок 1 – Розподіл бур'янів по варіантах дослідів, середній за роки вивчення

З рисунку 1 видно, що при розгляді життєвого циклу однорічних та багаторічних бур'янів, багаторічна рослинність більшою мірою зустрічалася у випадках локального глибокого безполицевого розпушування. З урахуванням такого розмаїття видового складу необхідне коригування заходів контролю з бур'янів в посівах гарбуза.

### Список джерел посилання

1. Syromyatnikov Yu.M. Influence of technological measures on soil moisture saturation in sugar beet growing // Ukrainian Journal of Natural Sciences – 2023. – № 4. – P. 125-137. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.14>
2. Kuts O. et al. Influence of the fertilizer system on the soil nutrient regime and onion productivity // Plant and Soil Science. – 2022. – Т. 13. – №. 4. – P. 17-26. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(4\).2022.17-26](https://doi.org/10.31548/agr.13(4).2022.17-26)
3. Syromyatnikov Yu. N. Influence of agricultural practices and sowing dates under different weather conditions on soybean yield //

Agrobiology. – 2023. – № 23. – Р. 187-195.  
<https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-187-195>

4. Куц О. и др. Урожайність насіння помідора сорту Чайка за різних систем удобрення в умовах Лісостепу України //Вісник аграрної науки. – 2023. – Т. 101. – №. 8. – С. 20-28.  
<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202308-03>

5. Гангур В. В., Філоненко В. С. Урожайність та якість коренеплодів буряків цукрових за вирощування у сівозмінах з короткою ротацією //Scientific Progress & Innovations. – 2023. – Т. 26. – №. 3. – С. 22-25. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.04>

6. Гангур В. В., Котляр Я. О. Вплив попередників на поживний режим ґрунту та урожайність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України //Scientific Progress & Innovations. – 2023. – Т. 26. – №. 3. – С. 11-16. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.02>

7. Kuts, O., et al Fertilisation system influence on the main agrochemical indicators of soil and productivity of white cabbage //Scientific Horizons. – 2023. – Т. 26. – №. 11. – С. 69-79.  
<https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.69>

8. Abdrakhmanov R. et al. Study of the kinematics of a disc-pin working body //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 443. – С. 04004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344304004>

9. Mamatov F. M., Karimov A. A. Potato digger with latticed plowshares and oscillating rods //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 401. – С. 04029.  
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340104029>

10. Bolotokov A. et al. Improving the fuel efficiency of an agricultural tractor diesel engine //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 411. – С. 01045. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341101045>

11. Mamatov F., Karimov A., Shodmonov G. Study on the parameters of bars of the potato digger ploughshare //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 434. – С. 03012.  
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343403012>

12. Kuts O. V. et al. Дія біофунгіциду мікохелп на посівні якості насіння овочевих рослин //Vegetable and Melon Growing. – 2022. – №. 71. – С. 67-75. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-67-75>

13. Shablia V. P., Tkachova I. V. Machine and manual working actions for different manure removing technologies //Boletim de Indústria Animal. – 2020. – Т. 77. – С. 1-14.  
<https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1482>



## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД З ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КОНДУКТИВНОГО СУШІННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

*Скрипник В. О., доктор технічних наук, професор*  
*Бичков Я. М., кандидат технічних наук, доцент*  
*Пономаренко Б. Г., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії*  
*Полтавський державний аграрний університет*

Процес кондуктивного сушіння м'яса є маловивченим і потребує створення необхідної експериментальної матеріально-технічної бази. Для його дослідження нами було розроблено і виготовлено експериментальний стенд (рисунок 1).

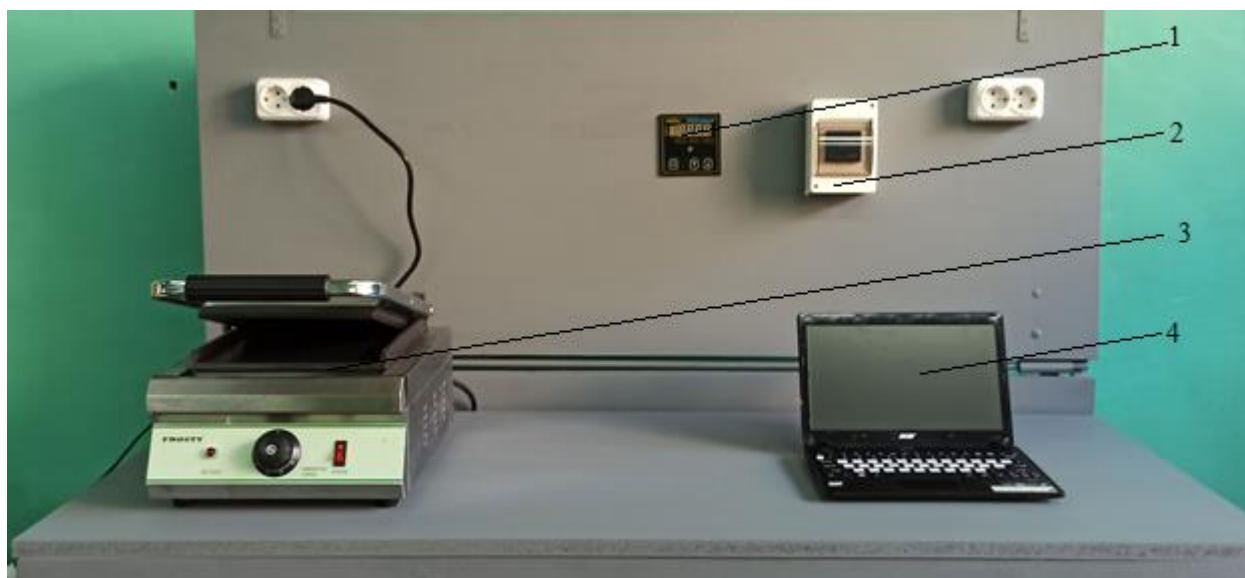


Рисунок 1 – Загальний вигляд експериментального стенда з дослідження процесів кондуктивного сушіння м'яса:  
1 – ТРЦ «02 Універсал плюс»; 2 – монітор-лічильник «Smart-maic D101»; 3 – контактний гриль «Frosty SP-1A3»;  
4 – комп'ютер для реєстрації даних

До складу експериментального стенду входять:

- електричний контактний гриль моделі «Frosty SP-1A3» (3) потужністю 1,8 кВт, що працює від електричної мережі 220 В. Нагрівальні поверхні гриля є гладкими, виготовленими із чавуну та вкритими тефлоном. Нагрівання поверхонь здійснюється трубчастими електронагрівачами;

- електронний терморегулятор ТРЦ 02 Універсал плюс (1) з двома датчиками температури «pt 100»;
- «розумний» монітор-лічильник електроенергії «Smart-maic D101» (2);
- ноутбук (4) з відповідним програмним забезпеченням для реєстрації показників в реальному часі від ТРЦ 02 Універсал плюс та Smart-maic D101.

У електричному контактному грилі «Frosty SP-1A3» регулювання температури нагрівальних поверхонь здійснювалося за допомогою механічного (гидравлічного) терморегулятора в діапазоні температур 20...300°C. Чутливий елемент терморегулятора розташований під нижньою нагрівальною поверхнею, що призводить до значного перегріву верхньої поверхні під час роботи гриля. Нами було замінено механічний терморегулятор на ТРЦ 02 Універсал плюс з двома каналами регулювання температури через термоперетворювачі опору «pt 100». Чутливі елементи термоперетворювачів опору вмонтовано у верхню та нижню нагрівальні поверхні в центральній частині на глибині 0,0015 м від поверхні. Нагрівання верхнього і нижнього ТЕНів до заданої температури здійснюється за рахунок з'єднання ТЕНів із струмоведучими частинами грилю. За досягнення заданої температури нагрівальних поверхонь, що контролюється датчиками «pt 100», відбувається відключення електроживлення кожного із ТЕНів окремо за рахунок розірвання електричного ланцюга симістором верхнього і симістором нижнього ТЕНів. Прилад «ТРЦ 02 Універсал плюс» дозволяє здійснювати регулювання температури робочих поверхонь за алгоритмом «proportional–integral–derivative» (PID-регулювання). Температура регулювання задається на приладі за двома каналами, або на комп'ютері у відповідній програмі. Показники температури поверхонь реєструються комп'ютером у вигляді графіку в реальному часі.

Вимірювання та реєстрація зміни споживання електроенергії та параметрів електричної мережі здійснюється «розумним» монітором-лічильником електроенергії «Smart-maic D101» (2). Монітор-лічильник обладнаний кільцевим трансформатором струму, що монтується на фазний провід, внутрішній діаметр 15 мм, зовнішній діаметр 32 мм. Прилад «Smart-maic D101» являється однофазним, здатний фіксувати силу струму по одній фазі до 100 А. Споживана потужність монітору 1,2 Вт. Часовий інтервал оновлення даних 5 с, часовий інтервал фіксації даних 60 с. Пристрій передає фіксовані дані

на хмарний сервер для подальшої обробки та візуалізації, зв'язок із пристроєм здійснюється по протоколу бездротового зв'язку 2,4 ГГц/IEEE 802.11. Дані щодо споживання електричної енергії підключеним грилем фіксуються через хмарний сервер у вигляді графіку в реальному часі.

У центральний шар продукту, що підлягає сушінню, вводять термопару ХК-0,5, показники якої фіксуються мультиметром, після чого сам продукт розташовують поміж двома розігрітими до заданої температури нагрівальними поверхнями і сушать до рівнозначного вологовмісту, що визначається зміною температури центрального шару більше 100°C.

Для визначення маси продукту до і після сушіння використовуються аналітичні ваги «AXIS AD-600» із точністю до  $10^{-5}$  кг.

Розроблений і виготовлений стенд дозволяє визначати основні параметри процесу кондуктивного сушіння харчових продуктів і буде використовуватися у подальших дослідженнях.

УДК 631.31

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИЛУЧЕННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ З ҐРУНТУ

*Снітко В.Г., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Інститут овочівництва та багтанництва НААН*

При виробництві ріпчастої цибулі найбільш трудомісткими операціями технології є збирання і післязбиральна доробка, так як збирання пов'язана з необхідністю вилучення цибулин з ґрунту і подальшою сепарацією ґрунтових та інших домішок [1, 2]. Цим визначається висока трудомісткість збирання, що становить 60-80% від усіх енерговитрат виробництва [3, 4]. Аналіз відомих викопних робочих органів, застосовуваних на луко-збиральних машинах, показав, що при викопуванні ріпчастої цибулі разом з цибулинами на сепаруючі робочі органи надходить велика кількість ґрунтових домішок, а також утворення ґрунтових грудок, порівнянних з розмірами цибулин [5]. Активні робочі органи, що ушкоджують цибулини, мають низьку надійність, високу енергоємність. Тому найперспективнішими є робочі органи, що викопують, що

виробляють відділення частини ґрунтових домішок вже в процесі вилучення цибулин з ґрунту, що забезпечить підвищення продуктивності праці та якості продукції [5, 6].

Нами розроблено та запропоновано долотоподібний робочий орган для викопування цибулі. Він є набір долот, закріплених вертикально. Технологічний процес викопування відбувається так: долота підрізають, піднімають і розпушують шар ґрунту з цибулею. При цьому значна частина розпушеного ґрунту сепарується у зазорах між долотами [7, 8]. А цибуля надходить на прутковий транспортер, де відбувається його остаточна сепарація. Зазор між долотами знаходиться в межах одного мінімального діаметра товарної цибулі (для товарних сортів цибулі зазор не може бути більшим за 30 мм). Ширина долота приймається  $2/3$  одного мінімального діаметра товарної цибулі. Досвід роботи машин для збирання коренеплодів показує, що кут установки доліт ( $\alpha$ ) в залежності від довжини робочої поверхні доцільно вибирати в межах  $25 - 32^\circ$ .

Довжина робочої поверхні долота розраховується за формулою :

$$l \leq \operatorname{ctg}(\alpha + \beta) \left\{ \frac{\sigma_b}{\rho_{об} g} - \frac{2v_M^2}{g} \times \sin\varphi [\cos\varphi \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) - \sin\alpha] \right\} \quad (1)$$

де  $\sigma_b$  - тимчасовий опір ґрунту стиску, МПа ;  $\rho_{об}$  - об'ємна насипна щільність ґрунту, кг/м<sup>3</sup> ;

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{K - \cos\alpha}{\sin\alpha} \quad (2)$$

$K$  - коефіцієнт усадки шару, що дорівнює відношенню товщини  $h_1$  шару на долоті до глибини підкопування  $h$ .

Опір удосконаленого долота визначається за формулою [9, 10]:

$$R_x = g_2 + P \cdot V^2 \int_{x_0}^{x_1} g_3 (f + y') dx_1, \quad (3)$$

де:  $f$  - коефіцієнт тертя;  $y'$  - похідна;  $g_2$  - питомий тиск на ґрунт, Н;  $g_3$  - питомий тиск на ґрунт, Н/м;  $V$  - швидкість руху, м/с;  $P$  -  $3,2$  кг/м<sup>3</sup>.

Долото має продовгувату вісь симетрії, тому для обґрунтування профілю його леза достатньо розглянути одне крило. Сформулювавши постановку задачі і методи досліджень, необхідно знайти раціональний профіль леза долота мінімальної енергоємності, який описується кривою ОК (рисунок 1).

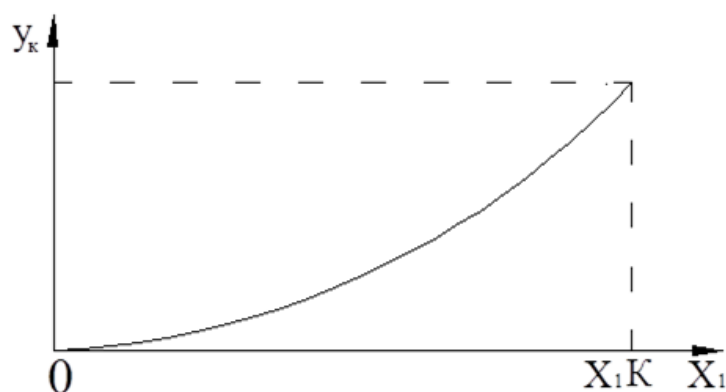


Рисунок 1 – Крива раціонального профілю леза долота мінімальної енергоємності

Вирішення поставленої задачі виконано згідно рекомендацій [11, 12]. На елементарну ділянку леза долота  $dl$  діє направлена сила тиску ґрунту  $g$  і сила тертя  $F$ . Проекція сил на вісь  $Ox$  має наступний вигляд [13, 14]:  $dR_x = (g \sin \gamma + F \cos \gamma)dl$ . Виходячи з того, що

$$F = gf, \quad \sin \gamma = \frac{y'}{\sqrt{1+y'^2}}, \quad \cos \gamma = \frac{1}{\sqrt{1+y'^2}}, \quad dl = \sqrt{1+y'^2} / dx \quad \text{одержимо}$$

енергетичний функціонал опору леза долота у вигляді:

$$R_x = \int_0^{y_k} g(y' + f)dx; \quad (4)$$

де  $y'$  – похідна профільної лінії. Для визначення закономірностей розподілення питомого тиску на лезі долота використовуємо результати експериментальних досліджень, одержаних в [15]:

$$g = a_1 + \frac{a_2 y'}{\sqrt{1+y'^2}}, \quad (5)$$

де  $a_1, a_2$  – постійні величини, які визначають фізико-механічні властивості ґрунту.

### Список джерел посилання

1. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Physics of the Process of a Work Tool with a Flexible Element Getting into Contact with the Soil // Agriculture. – 2017. – № 3. – P. 33-42. <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2017.3.24563>
2. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Soil-cultivating setting a flexible working body to control of weeds growth // Vegetable and Melon Growing. – 2018. – № 64. – P. 33-43. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2018-64-33-43>

3. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Qualitative performance indicators of a ripping-and-separating machine for soil cultivation in the growth of sugar beet // *Vegetable and Melon Growing*. – 2019. – № 65. – P. 39-49. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2019-65-39-49>
4. Shablia V. P., Tkachova I. V. Machine and manual working actions for different manure removing technologies // *Boletim de Indústria Animal*. – 2020. – Т. 77. – С. 1-14. <https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1482>
5. Kuts O. et al. Influence of the fertilizer system on the soil nutrient regime and onion productivity // *Plant and Soil Science*. – 2022. – Т. 13. – №. 4. – P. 17-26. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(4\).2022.17-26](https://doi.org/10.31548/agr.13(4).2022.17-26)
6. Syromyatnikov Y. N. Substantiation of the parameters of a soil tillage machine ripper // *Engineering Technologies and Systems*. – 2021. – Т. 31. – №. 2. – P. 257-273. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202102.257-273>
7. Kuts, O., et al Fertilisation system influence on the main agrochemical indicators of soil and productivity of white cabbage // *Scientific Horizons*. – 2023. – Т. 26. – №. 11. – С. 69-79. <https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.69>
8. Pashchenko V. F. et al. The influence of local loosening of the soil on soybean productivity // *Tractors and Agricultural Machinery*. – 2019. – Т. 86. – №. 5. – P. 79-86. <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-5-79-86>
9. Пащенко В. Ф., Сиромятников Ю. М. Вплив локального розпушування ґрунту на врожайність сої // *Зернові культури*. – 2017. – Т. 1. – №. 2. – С. 329.
10. Abdrakhmanov R. et al. Study of the kinematics of a disc-pin working body // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2023. – Т. 443. – С. 04004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344304004>
11. Mamatov F., Karimov A., Shodmonov G. Study on the parameters of bars of the potato digger ploughshare // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2023. – Т. 434. – С. 03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343403012>
12. Syromyatnikov Yu. N. et al. The process of trimming and raising the soil by the working bodies of the soil treatment and separation installation // *Technical service of agriculture, forestry and transport systems*. – 2020. – №. 22. – С. 221-231. <https://doi.org/10.37700/ts.2020.22.221-231>

13. Пащенко В. Ф. и др. Обґрунтування доцільності державної підтримки вітчизняного сільгоспмашинобудування //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2016. – №. 173. – С. 53-68.

14. Сыромятников Ю. Н. Обоснование формы наральника минимального тягового сопротивления //Сільськогосподарські машини. – 2018. – №. 39. – С. 117-132.

15. Сыромятников Ю. Н. Совершенствование рабочих органов ротора рыхлительно-сепарирующей почвообрабатывающей машины обеспечивающих минимальные затраты энергии на его работу //Інженерія природокористування. – 2018. – №. 1. – С. 91-95.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАТОПЛЕНОГО ПОВІТРЯНОГО СТРУМЕНЯ В СУШИЛЬНИХ КАМЕРАХ

*Тихтило Б.В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії*

*Костенко О.М., докторка технічних наук, професорка*

*Дрожчана О.У., старша викладачка*

*Полтавський державний аграрний університет*

Результати проведеного аналізу літературних джерел щодо різних типів сушильних установок, призначених для отримання різних продуктів свідчать, що повітряні потоки в сушильних камерах не можна розглядати як хаотичні. Кожній конкретній сушильній камері, конструкції повітророзподільного пристрою і усталеному режиму сушіння відповідає цілком певна картина течії [1]. Для пропонованої циліндричної сушильної камери молочних продуктів з верхнім підведенням повітря і розпорошеного продукту, потік теплоносія, що сходить із повітророзподільника, являє собою затоплений струмінь, тому що речовина в потоці і речовина в оточуючому потоці простору, однорідні й перебувають в однаковому фазовому стані.

Сформований повітророзподільним пристроєм струмінь має низку особливостей. По-перше, процес витікання можна розглядати як ізотермічний, оскільки температура теплоносія різко знижується в зоні факела розпилу і надалі, практично на всьому своєму протязі, не змінюється. По-друге, речовина струменя і речовина середовища, в яке струмінь стікає, однорідні.

З метою підтвердження застосовності теорії затоплених струменів для потоку теплоносія в сушильних камерах було проведено дослідження на експериментальній установці і проведено порівняння отриманих результатів із розрахунковими. Розрахункову схему наведено на рисунку 1.

Розрахунки проводилися із співвідношень [2]:

$$H_0 \frac{0,294 \cdot R_0}{a} = 4,2 \cdot R_0, \quad (1)$$

де  $a$  – експериментальний коефіцієнт ( $a = 0,07$ ).

$$S_0 \frac{0,67 \cdot R_0}{a} = 9,57 \cdot R_0, \quad (2)$$

$$R_{\Pi} = \frac{R_0 \cdot x_0}{H_0} = 3,3 \cdot R_0, \quad (3)$$

$$c_{\Pi} = \operatorname{tg} \alpha = 3,4 \cdot a = 0,238, \quad (4)$$

де  $c_{\Pi}$  – коефіцієнт розширення струменя на початковій ділянці;  
 $\alpha = 13,4^\circ$  – кут розширення струменя.

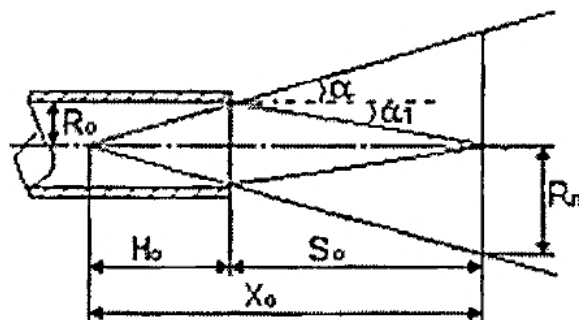


Рисунок 1 – Розрахункова схему затопленого струменя:

$R_0$  – радіус початкового перерізу струменя (внутрішній діаметр каналу);  $H_0$  – відстань від полюсу до вихідного перерізу (глибина полюсу);  $S_0$  – довжина початкової ділянки;  $x_0$  – відстань від полюсу струменя до початку основної ділянки;  $R_{\Pi}$  – радіус струменя на початку ділянки

Для експериментального вивчення поведінки затопленого струменя було виготовлено трубки діаметром 20 і 30, а також трубки прямокутного перерізу 10x37 мм. Для цих отворів, використовуючи вирази (1-4), було проведено розрахунки основних параметрів струменя.

Дослідження проводилося таким чином. Обрана трубка встановлювалася горизонтально перед чорним екраном, підбиралося відповідне освітлення, запускався димогенератор і проводилася експозиція струменя, що виходив з вихідного отвору трубки, наповненого димом повітря за різних режимів витікання.



Експонування проводили в чотириразовій повторності для 5 режимів витікання.

Отримані зображення показали, що характер витікання затопленого струменя повітря з каналів різного перерізу приблизно однаковий. Спостерігаються дві яскраво виражені області течії, що відрізняються одна від одної ступенем розширення струменя: початкова ділянка з малим ступенем розширення і основна ділянка з більшим ступенем розширення. Подальше опрацювання зображень проводили, використовуючи програму «Автокад». Визначали ступінь розширення струменя на початковій та основній ділянках і довжину початкової ділянки. Схема проведення вимірювань показана на рисунку 2.

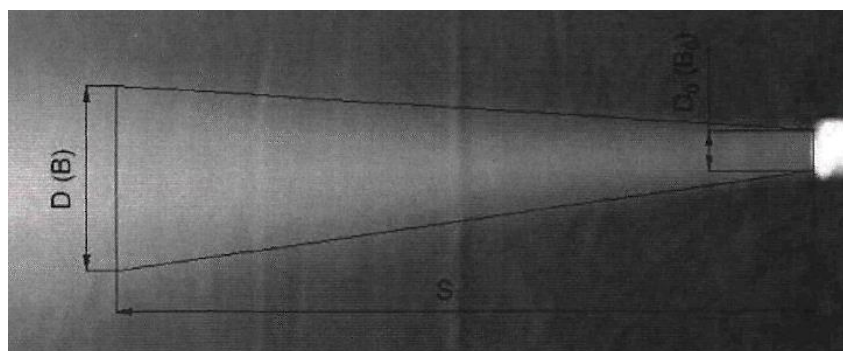


Рисунок 2 – Схема вимірів основних параметрів струменя:  $D_0$  – діаметр початкового перерізу струменя (внутрішній діаметр каналу);  $B_0$  – ширина початкового перерізу струменя (внутрішня ширина каналу);  $S$  – довжина струменя від початку виходу;  $D$  – діаметр вихідного струменя;  $B$  – ширина вихідного плоского струменя

Проведений аналіз отриманих даних показав, що в досліджуваному діапазоні швидкостей заповнений струмінь повітря, що виходить з отвору, будь-якої конфігурації вихідного перерізу, має дві ділянки: початкову й основну. При цьому, всередині кожної ділянки струмінь розширюється за лінійним законом. Наявність двох ділянок ускладнює проведення розрахунків аеродинамічної обстановки в сушильних камерах реальних установок. Тому, враховуючи, що довжина струменя в цих умовах свідомо перевершує довжину початкової ділянки, можна прийняти як коефіцієнт розширення деяке середнє значення, що дорівнює  $c_{pc} = 0,2$ . Тоді діаметр струменя в поточному перерізі складе:

$$D = D_0 + 2c_{pc} \cdot S = D_0 + 0,4S. \quad (5)$$

При цьому початкова швидкість струменя в межах обраних значень мало впливає на його конфігурацію. Було відзначено вплив початкової швидкості на довжину струменя до його розпаду. Момент розпаду визначався візуально, за появою видимих циркуляцій диму за зовнішню межу струменя. Протяжність існування струменя до його розпаду становить величину від 5 до 35 характерних розмірів вихідного отвору і залежить від числа Рейнольдса ( $Re$ ) [2]. Залежність показана на рисунку 3.

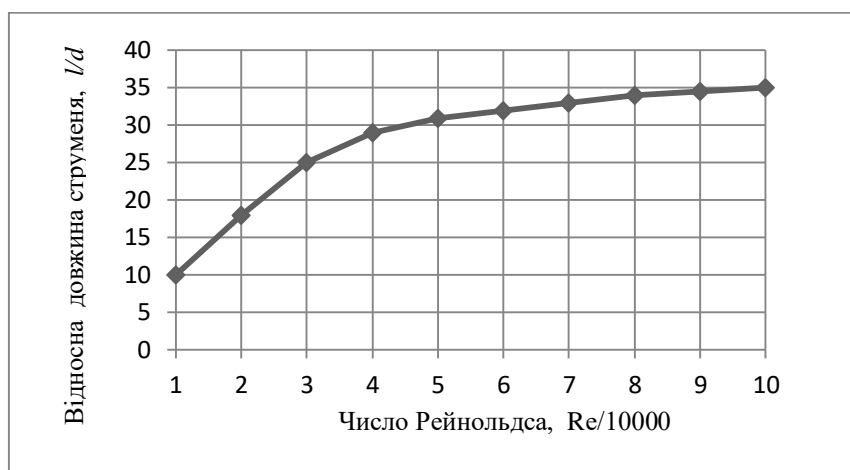


Рисунок 3 – Залежність протяжності існування затопленого струменя від числа Рейнольдса:  $l$  – довжина струменя до його розпаду;  $d$  – розмір щілини

У результаті аналізу отриманої кривої знаходимо емпіричне рівняння для розрахунку протяжності затопленого струменя до його розпаду для діапазону чисел  $Re$  від 10 000 до 100 000:

$$l = d(12,38 \cdot \ln Re - 102,67). \quad (6)$$

Таким чином, за допомогою виразів (1- 6) можна визначити всі параметри затопленого струменя.

### Список джерел посилання

1. Єресько Г.О. Технологічне обладнання молочних виробництв: навч. посіб. Київ: ІНКІС Центр навч. л-ри, 2007. 344 с.
2. Куба В.В., Серета В.В. Теплотехнологічні процеси та установки. Розділ «Установка сушильна тунельна». Практикум: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2012. 81 с.



УДК 678.4:539.3

## ТЕХНОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА СКЛАДНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ СИСТЕМ

*Толстенко О.В., кандидат технічних наук, доцент  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Розглядається проблема забезпечення технічної безпеки машин, споруд від дії промислової вібрації. В основі розрахунків запропоновані критерії працездатності. Розглядається алгоритм прогнозування довговічності елементів віброзахисту складних технічних сільськогосподарських систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій моделей довговічності елементів віброзахисту складних технічних систем на базі багатокритеріального підходу представлені в роботах [1; 2; 3].

Актуальність і важливість результатів дослідження обумовлені необхідністю створення методів оцінки безпеки с.-г. машин, споруд і обслуговуючого персоналу. Ряд питань, пов'язаних з вібробезпечністю промислових об'єктів, зараз вже вирішено. Є позитивний досвід по віброізоляції машин і будівель шляхом застосування металевих, гумовометалевих, гідравлічних і комбінованих елементів [1]. Недостатньо розробленою залишається проблема віброзахисту важких об'єктів. Аналіз конструктивних особливостей машин і споруд, показує, що найбільш перспективне застосування віброізоляторів на основі гумових конструкцій. Відсутність методів оцінки параметрів віброізоляторів і складність конструкції ізолюючих опор стримують їх широке застосування [3].

Мета дослідження: підвищення безпечного функціонування складних технічних с.-г. систем шляхом створення математичних моделей. Об'єкт дослідження – віброізолюючі елементи складних технічних сільськогосподарських систем. Методи дослідження – теоретичний пошук.

Складні технічні сільськогосподарські системи є джерелом підвищеного ризику аварій, шкідливого впливу вібрації і шуму на обслуговуючий персонал. Для підвищення безпеки таких систем є введення в схему машини в'язкопружних елементів. Такі елементи виготовляються з різних типів гум. Особливість гуми як конструкційного матеріалу – старіння (зміна структури матеріалу з

часом). Необхідність створення систем віброзахисту з тривалим терміном служби і високим ступенем безпеки вимагають врахування в математичних моделях прогнозування довговічності ефекту старіння гуми.

В інженерній практиці сучасні складні технічні сільськогосподарські системи мають ряд специфічних технологічних особливостей. Це накладає певні вимоги до таких систем. В першу чергу слід назвати причини виходу з ладу систем віброізоляції:

1. Велика вага машин.
2. Значні статичні і динамічні деформації.
3. Руйнування гумового масиву або порушення міцності стику гума-метал.

4. Старіння гуми.

На основі вказаних причин визначаються критерії працездатності віброізоляції складних технічних с.-г. систем, що забезпечують ефективність віброзахисту і довговічність об'єкта.

Критерій віробезпеки пов'язаний з надійністю систем віброзахисту, зокрема з терміном експлуатації системи, несучою здатністю і міцністю гумових елементів, їх довговічністю. Ефективність віброзахисту визначають за допомогою методів теорії коливань. Необхідною і достатньою умовою є запобігання резонансних явищ, які обумовлюють аварійні ситуації, руйнування машин і споруд. Критерій віробезпеки, дозволяє визначити частоту власних коливань (коефіцієнт жорсткості), несучу здатність, а також параметри матеріалу.

Критерій стійкості гумової деталі, пов'язаний з модулем зсуву  $G$ : віброізолятор втрачає стійкість при виході параметра  $G$  за межі допустимих значень.

Критерій руйнування. При використанні критерію істотним є припущення про те, що вся енергія в матеріалі, витрачається на процеси теплоутворення і руйнування.

Прогнозування довговічності віброізолятора, передбачає рішення взаємозалежних між собою наступних завдань:

- визначення напружено-деформованого стану віброізолятора;
- врахування в'язкопружних ефектів в гумі;
- визначення теплопровідності в гумовому масиві;
- визначення критеріїв працездатності (основним є критерій руйнування).

Створення технологічної безпеки складних технічних

сільськогосподарських систем потрібно для розробки систем захисту від інтенсивних вібраційних навантажень, які становлять підвищену еколого-техногенну небезпеку.

### Список джерел посилання

1. Дирда В.І. Землеробська механіка / А.С. Кобець, В.І. Дирда, С.М. Гребенюк, С.П. Сокол, А.М. Пугач. Дніпро : «Журфонд», 2020. 564 с.

2. Толстенко О. В. Створення науково-технічної основи технологічної безпеки складних технічних сільськогосподарських систем з урахуванням ризиків техногенного характеру / Теоретичні та практичні питання аграрної науки. Колективна монографія. Дніпро : ДДАЕУ, 2023. С.318-338

3. Dyrda V.I. Dynamics of heavy vibrating machines taking into account instability in time of their parameters //V.I. Dyrda, M.I. Lysytsia, V.A. Lapin, H.M. Ahaltsov, Y.V. Kalhankov, O. V. Tolstenko, O. A. Chernii // NEWS of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.- 2020.-v.6.- p.68-74

## НАБЛИЖЕННЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ДО ВИМОГ ВИРОБНИЦТВА В СУЧАСНИХ РЕАЛІЯХ

*Устименко О.А., викладач-методист  
ВСП «Хорольський агропромисловий фаховий коледж  
Полтавського державного аграрного університету»*

Неоголошена війна росії проти України внесла величезні зміни в сільськогосподарське виробництво. Порушилися договори закупівель сільськогосподарської продукції, змінилися ринки збуту та логістика експорту продукції за кордон. У таких великих об'ємах Україна не може як раніше експортувати сільськогосподарську продукцію.

Виробники зернових культур зараз втратили можливість у повній мірі продавати свою продукцію на світових ринках. Тому для виживання в складних умовах багато виробників зернових культур освоюють для себе новий вид діяльності – це переробка. Для зменшення об'єму та підвищення ціни готової продукції, зернові культури переробляють на крупи, борошно, олію, тощо.

Для високоефективної переробки зернових культур необхідне відповідне обладнання: дробарки, екструдери, зернові сепаратори, шеретувальні машини. Велика кількість виробничих потужностей або зруйновані, або переобладнуються для інших потреб. Так само і фахівці таких виробництв були мобілізовані, тому відчувається нестача «робочих рук».

Щоб не втрачати виробничий потенціал, підприємства застосовують новітню роботизовану техніку для різання та зварювання металу, збірки вузлів та агрегатів, діагностики готової продукції. Високоефективним обладнанням на конвеєрі заводів стали роботи-маніпулятори. За допомогою автоматизованих роботів-маніпуляторів виробничий процес на механічних заводах значно пришвидшився та став на порядок ефективніший. Хоча при необхідності такі роботизовані лінії можна швидко перелаштувати для інших виробничих потреб навіть для потреб ЗСУ.

Але, вирішуючи одну проблему, з'являється інша – нестача висококваліфікованих фахівців із монтажу, налагодження, обслуговування та роботи з автоматизованими та мехатронними системами. Такий фахівець повинен поєднувати знання електротехніки, електроніки, основ програмування та електромеханіки.

В Україні декілька років заклади освіти проводять підготовку за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

У Відокремленому структурному підрозділі «Хорольський агропромисловий фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету» ведеться підготовка фахових молодших бакалаврів за такою спеціальністю. Навчальний матеріал подається шляхом проведення теоретичних занять з подальшим закріпленням на лабораторно-практичних заняттях та під час навчальних та виробничих практик.

При вивченні дисципліни «Основи електроніки і мікросхемотехніки» вивчається елементна база, електронні схеми та закони функціонування електронних систем; вивчення дисципліни «Автоматика і мікропроцесорна техніка» передбачає ознайомлення зі структурою автоматичної системи та основ програмування; електромеханічні системи розкриває дисципліна «Електропривод сільськогосподарських машин». У дисципліні «Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування» вивчений

матеріал узагальнюється, вивчаються закони автоматизації і мехатроніки та проєктуються автоматизовані і роботизовані системи.

Під час проходження навчальної практики здобувачі освіти на реальних об'єктах закріплюють та вдосконалюють знання з автоматизації і мехатроніки, набуті на теоретичних заняттях. Отриманий багаж знань, умінь і навичок дозволить випускнику коледжу стати висококваліфікованим фахівцем для більшості галузей виробництва.

УДК 631.331

## АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІ ОРНОГО АГРЕГАТУ У СКЛАДІ З АКТИВНОЮ БОРОНОЮ

*Федь В.Ю., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Падалка В.В., кандидат технічних наук, доцент  
Полтавський державний аграрний університет*

Проблема основного і передпосівного обробітку ґрунту особливо актуальна для фермерських і селянських господарств Полтавського регіону, що мають комплекси технічних засобів, що в основному складаються з малопродуктивних засобів механізації. Внаслідок їх багаторазових проходів по полю підвищуються енергетичні витрати, ущільнюється ґрунт, виникають та розвиваються ерозійні процеси.

Ця проблема може бути вирішена з використанням орних агрегатів з активними робочими органами.

В даний час розроблено та випробувано різні орні агрегати з активними робочими органами. Однак дослідження, спрямовані на вдосконалення їх конструкцій, проведені в недостатньому обсязі. Не повною мірою вивчено спільну роботу лемешно-відвального плуга та фрезерного робочого органу активної дії та їх вплив на подрібнення ґрунтових брил, закладення рослинних залишків та вирівнювання поверхні ґрунту.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки орно-фрезерного агрегату, що забезпечує поєднання оранки, розпушування ґрунту, подрібнення та загортання рослинних залишків з вирівнюванням поверхні ґрунту при зниженні тягового опору.

Мета дослідження – обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи орно-фрезерного агрегату, що забезпечує підвищення якості передпосівної обробки ґрунту та зниження тягового опору.

Об'єкти дослідження – технологічний процес обробітку ґрунту, дослідний зразок орно-фрезерного агрегату.

Предмет дослідження – закономірності процесу взаємодії фрезерного робочого органу із ґрунтом.

Завдання дослідження:

1. Обґрунтувати конструктивно-технологічну схему орно-фрезерного агрегату.
2. Встановити раціональні конструктивно-технологічні параметри орно-фрезерного агрегату.
3. Дослідити процес взаємодії фрезерного робочого органу із ґрунтом.
4. Оптимізувати основні параметри та режими роботи орно-фрезерного агрегату з урахуванням вимог до якості роботи.
5. Визначити економічну ефективність застосування орно-фрезерного агрегату.

Стан структури ґрунту безпосередньо визначає, яка будова орного шару. Для того, щоб утворилася міцна структура ґрунту, повинні дотримуватись певних умов: необхідна кількість мінеральних та органічних колоїдів; вміст у ґрунті необхідної кількості лужноземельних основ; сприятливі гідротермічні умови у ґрунті; вплив на ґрунтову масу коренів рослин; вплив на ґрунт ґрунтової фауни (дощові черв'яки, комахи, землерийок та ін.) [3, 4].

Оптимальною відносною вологістю ґрунту для обробки вважається 60...70%, задовільною 50...60%, надлишковою – понад 80%, недостатньою – нижче 50%.

Для дерново-підзолистих суглинних ґрунтів оптимальною вологістю вважається 15...22%, для чорноземів – 17...30% [6].

Згідно з [10], оптимальною є наявність у ґрунті агрегатів розміром 5...10 мм. У цьому випадку ефективніше утримується ґрунтова волога.

Забезпечити ефективне зростання та розвиток сільськогосподарських культур можливо, створивши оптимальні умови за такими показниками, як вологість, температура, аерація, вміст поживних елементів. Зазначеними показниками можна варіювати, проводячи оранку, розпушування, кришення, ущільнення,



обертання, перемішування, підрізання бур'янів, вирівнювання та профілювання ґрунтової поверхні [6, 7, 8].

Щільність пухкого ґрунту становить 0,80...1,10 т/м, ущільненого 1,11... 1,40 т/м<sup>3</sup> щільною 1,41...1,70 т/м<sup>3</sup> [2, 3].

Найбільш цінною вважається дрібнокомкувата і зерниста структури з пористими ґрунтовими агрегатами, що мають в середньому розміри 0,25...10 мм. Для дерново-підзолистого ґрунту найбільш цінними є ґрунтові агрегати з розмірами 0,5...5 мм [4].

Для підготовленого до сівби ґрунту розроблено конкретні агротехнічні вимоги. Наприклад, структура ґрунту - дрібнокомкувата, розпушування на глибину висіву насіння, насінневе ложе - ущільнене. Сміттеву рослинність слід підрізати [7, 8].

Глибокість (частка ґрунтових агрегатів розміром 3 см і більше) для зволжених районів не повинна бути більшою за 15...20%, для посушливих -10%. Глиби, що мають площу більше 10 см, у посівному шарі повинні бути виключені, так як вони призводять до підвищеного випаровування ґрунтової вологи, збільшення нерівномірності висіву насіння, а внаслідок цього – нерівномірного дозрівання сільгоспкультур та збільшення втрат урожаю [1].

У процесі підготовки ґрунту оцінюється якість підготовленого до посіву ґрунту, а не окремих технологічних операцій. Оцінка здійснюється безпосередньо перед сівбою сільгоспкультур.

Показники якості передпосівної підготовки ґрунту визначаються терміном проведення робіт, глибиною обробки та його рівномірністю, глибистістю та кришенням ґрунту, ступенем підрізування бур'янів, відсутністю огривів [1,2].

Час проведення передпосівної обробки визначається строком посіву. Передпосівна обробка проводиться безпосередньо перед початком або день посіву.

Обов'язкова умова при цьому – ретельне розпушування ґрунту до глибини загортання насіння та вирівнювання ґрунтової поверхні. Для цього передпосівна культивування проводиться упоперек або під кутом до напрямку попередньої обробки. Наступні обробки виробляються поперек попередніх забезпечення кращого кришення і вирівнювання ґрунту, але в схилах – поперек схилу чи горизонталлям місцевості.

Наведені вище параметри знайшли своє підтвердження в результаті досліджень [6, 7], в яких, виходячи з необхідності забезпечити волого накопичення та вологозбереження, встановлені агровимоги до верхнього 10...12 сантиметрового шару ґрунту: вміст

верхнього шару (4...6 см) у дрібнозернистому стані з ґрунтовими агрегатами, а нижнього шару ґрунту (до 30 см) - в ущільненому стані (до 1,3 т/м).

Загальні агротехнічні вимоги до ґрунтообробки такі [6]:

-структура орного та підорного шарів ґрунту повинна забезпечувати сприятливий водно-повітряний режим ґрунту відповідно до вимог оброблюваних сільгоспкультур;

-поверхня обробленого поля має бути стійка до ерозійних та дефляційних процесів;

-рослинні залишки повинні бути загорнуті в ґрунт та ін.

З метою одержання високих урожаїв слід забезпечити підвищення якості підготовки ґрунту за умови створення сприятливих умов для зростання та розвитку сільгоспкультур.

Технологічний процес ґрунтообробки є одним із найенерговитратніших у сільськогосподарському виробництві. Для підвищення якості передпосівної підготовки ґрунту слід розробити раціональні енергозберігаючі технології обробітку ґрунту та удосконалювати конструкції ґрунтообробних агрегатів, які б дозволили об'єднати такі технологічні операції, як основна та передпосівна обробіток ґрунту.

Основне завдання вдосконалення конструкцій ґрунтообробних машин – оснащення їх активними робочими органами, що забезпечить поліпшення якості підготовки ґрунту до посіву, зниження тягового опору та підвищення продуктивності.

Основні недоліки ґрунтообробних машин з пасивними робочими органами: потреба у великих розворотних полосах; низька якість підготовки середньо- та важкосуглинистих ґрунтів до посіву; підвищені енерговитрати.

Використання плугів з активними робочими органами дозволяє не тільки кришити ґрунтові брили, але подрібнювати і закладати в ґрунт рослинні залишки, а також поєднувати дві технологічні операції: основну та передпосівну обробку ґрунту.

В даний час розроблені та випробувані різні орні агрегати з активними робочими органами: роторні розпушувачі, встановлені спереду плуга, збоку і вздовж корпусу плуга, а також відвали, що обертаються.

Основними їхніми недоліками є складність механізму приводу робочих органів, велика металомісткість, неможливість працювати на ґрунтах з кам'янистими включеннями та на важкосуглинистих ґрунтах.

Дослідження, присвячені спільній роботі плуга та фрезерного робочого органу, що забезпечує формування насінневої ложі відповідно до агротехнічних вимог в результаті одного проходу агрегату, проведено не в повному обсязі.

Таким чином, актуально вдосконалення орних агрегатів та розробка орно-фрезерного агрегату, який забезпечить виконання основної та передпосівної обробки ґрунту суміщенням оранки з такими операціями, як розпушування (кришення) ґрунту, подрібнення, загортання рослинних залишків та вирівнювання поверхні ґрунту з одночасним зниженням.

Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему орно-фрезерного агрегату, що дозволяє виконувати основну та передпосівну обробку ґрунту шляхом поєднання кількох технологічних операцій: оранку з розпушуванням ґрунту, подрібненням та загортанням рослинних залишків з вирівнюванням поверхні ґрунту.

Отримано аналітичні залежності, що дозволяють визначити раціональні значення діаметра фрези (0,40...0,53 м), частоти обертання барабана (240...370 хв<sup>-1</sup>), подачі на ніж (0,01...0,016 м), кількості та (3 шт.) довжини ножів (0,15...0,26 м), ширини захвату агрегат (1,05 м).

Отримано аналітичні залежності, що дозволяють визначити: кут установки ножів фрези; сили, що діють на ніж фрези при подрібненні ґрунтових брил; висоту розташування барабана фрези щодо оброблюваної поверхні; траєкторію польоту частки ґрунту залежно від його фізико-механічних властивостей та параметрів фрезерного робочого органу; кут відриву ґрунту від бічної поверхні ножа фрези; основні параметри та режими роботи орно-фрезерного агрегату.

Експериментальні дослідження дозволили отримати моделі у вигляді адекватних рівнянь регресії, на основі яких визначено оптимальні значення параметрів орно-фрезерного агрегату, що забезпечують якість кришення 92,3% при тяговому опорі 13,8 кН швидкість руху 7,0...7,07 км/год; кутова швидкість обертання барабана 20,1...20,7 с<sup>-1</sup>; кут установки фрези 19°... 20°.

Застосування орно-фрезерного агрегату в технологічному процесі передпосівної підготовки ґрунтів дозволить одержати чистий дисконтований прибуток за період експлуатації (5 років) у розмірі 1986,62 тис. грн. на площі 50 га, знизити собівартість робіт у 1,8 рази та окупили інвестиції за 1,1 року.

### Список джерел посилання

1. Байбулатов, Т. С. Ротаційна ножова борона / Т. С. Байбулатов, М. П. Золотарьов, О. К. Мухуєв // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2008. – № 12. – С. 20-21
2. Алкентьева Л. И. Почвозащитная обработка и использование влаги на черноземах / Л. И. Алкентьева, М. С. Чижова // Земледелие. – 1989. – № 12. – С. 36–37.
3. Алметов Н. С. Влияние способов обработки почвы на урожайность зерновых и картофеля / Н. С. Алметов // Земледелие. – 1997. – № 2. – С. 25–26.
4. Бельгард А. Л. Лесная растительность юго-востока УССР / А. Л. Бельгард // Киев : Изд-во КГУ, 1950. – 263 с.
5. Дегтярьов В. В. Гумус чорноземів лісостепу і степу України [Текст]: монографія / В. В. Дегтярьов; ред. Д. Г. Тихоненко ; Харківський нац. університет ім. В. В. Докучаєва. – Харків: Майдан, 2011. – 360 с.
6. Демидов А. А. Пространственная агроэкология и рекультивация земель: монография / А. А. Демидов, А. С. Кобец, Ю. И. Грицан, А. В. Жуков. – Днепропетровск : Свидлер А.Л., 2013. – 560 с.
7. Дробітько А. В. Структура рослин та урожайність кукурудзи залежно від способу сівби і густоти рослин / А. В. Дробітько, Н. В. Нікончук // Наукові праці. – 2011. – Вип. 138. – Т. 150. – С. 15–17.
8. Жуков О. В. Роль ландшафтного різноманіття у динаміці чисельності популяцій шкідників цукрового буряку в Полтавській області / О. В. Жуков, П. В. Писаренко, О. М. Кунах, О. Ю. Диченко // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2015. – Вип. 23. – Т. 1. – С. 21–27.
9. Жуков О. В. Оцінка варіювання у просторі та часі рослинного покриву засобами дистанційного зондування Землі / О. В. Жуков, П. В. Писаренко, О. М. Кунах, О. Ю. Диченко // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2015. – № 2 (36). – С. 105–112.
10. Жуков О. В. Просторова варіабельність електропровідності ґрунтів арили долини р. Дніпро (у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський») / О. В. Жуков, О. М. Кунах, В. О. Таран, М. М. Лебединська // Біологічний вісник МДПУ ім. Богдана Хмельницького. – 2016. – № 6 (2). – С. 129–157.



УДК 631.316+534.1

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЧИЗЕЛЬНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ

*Харченко О.М., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Державний біотехнологічний університет*

**Постановка проблеми.** Сутність фізичних процесів [1, 2, 3], які відбуваються в ґрунті під дією робочих органів, вивчена недостатньо [4, 5]. Це призвело до того, що параметри робочих органів, що визначають процес кришення пласта [6, 7, 8], забезпечуються без урахування конкретних агрофізичних властивостей ґрунту, вихідного стану, глибини обробки.

**Методи досліджень.** Для обґрунтування раціональних параметрів долота чизельного робочого органу [9, 10, 11] використали прямий метод варіаційного обчислення.

**Результати досліджень.** При обґрунтуванні раціонального профілю долота вибираємо у вертикальній площині рухливу декартову систему координат  $X O Z$  (рисунок 1), яка переміщується рівномірно та прямолінійно разом із чизельним робочим органом [12].

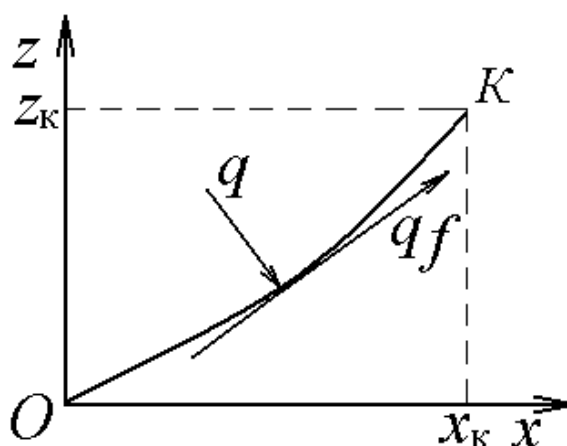


Рисунок 1 – До обґрунтування профільної лінії долота чизельного робочого органу

Тоді варіаційне завдання формулюється в такий спосіб. Серед багатьох кривих, які проходять через дві фіксовані точки і виходять з початкової під заданим кутом, знаходимо таку криву, яка відповідала б профільної лінії долота чизельного робочого органу з мінімальним

тяговим опором. Тиск ґрунту  $q$  (див. рисунок 1) на ґрунтообробний робочий орган можна описати рівнянням:

$$q = \rho v^2 \left( 1 - \frac{z - h_c}{z_k} \right) \frac{z'^3}{1 + z'^2} \quad (1)$$

де  $v$  - ширина захоплення робочого органу;  $\rho$  - щільність ґрунту;  $v$  - швидкість руху;  $f$  - коефіцієнт тертя;  $h_0$  - постійна величина, яка визначає тиск ґрунту в точці  $Z = Z_k$ .

Тоді енергетичний функціонал, що визначає тяговий опір долота, запишеться у вигляді рівняння

$$R_x = b \rho v^2 \int_0^{x_k} \left( 1 - \frac{z - h_0}{z_k} \right) \frac{z'^3 (f + z')}{1 + z'^2} dx \quad (2)$$

Рівняння кривої шукатимемо у вигляді рівняння, яке б задовольняло задану постановку задачі, тобто крива повинна проходити через координати граничних точок із заданим кутом дотичної у вихідній точці

$$Z = -C_1 \left\{ \exp[C_2 x^2 (x_k - x)] - 1 \right\} + z'_0 x + \frac{x^2 (z_k - x_k z'_0)}{x_k^2}, \quad (3)$$

де  $C_1$ ;  $C_2$  - Коефіцієнти, що шукаються.

Тоді

$$Z' = -2x C_1 C_2 \left( x_k - \frac{3}{2} x \right) \left\{ \exp[C_2 x^2 (x_k - x)] - 1 \right\} + z'_0 \frac{2x (z_k - x_k z'_0)}{x_k^2}. \quad (4)$$

Після підстановки рівняння (2) виразів формул (3) і (4) завдання зводиться до визначення коефіцієнтів  $C_1$  та  $C_2$ . Для цього необхідно взяти похідні від отриманих рівнянь за коефіцієнтами і прирівняти їх до нуля.

$$\frac{\partial R_x}{\partial C_i} = \rho v^2 \int_{x_0}^{x_k} \left\{ \frac{(f + z') \cdot z'}{z_k (f + (z')^2)} \cdot \frac{\partial z}{\partial C_i} + \left[ 1 - \frac{z - h_0}{z_k} \right] \times \right. \\ \left. \times \left[ \frac{(3 + (z')^2)(f + z')}{(1 + (z')^2)^2} + \frac{z'}{1 + (z')^2} \right] \frac{\partial z'}{\partial C_i} \right\} (z')^2 dx = 0, \quad i = \overline{1; 2}; \quad (5)$$

В результаті розв'язання системи рівнянь при  $h_0 = 0$ ;  $x_k = 0,5$  м;  $z_k = 0,3$  м;  $f = 0,5$ ;  $z'_0 = 0,57$ ;  $x_0 = 0$ ;  $z_0 = 0$ , отримаємо значення коефіцієнтів  $C_1$  і  $C_2$  для чорноземних ґрунтів, які відповідно дорівнюють 1,160 та 1,298.

Тоді шуканий профіль долота опишеться рівнянням

$$z = -1,16 \left\{ \exp \left[ 1,298x^2(0,5 - x) \right] - 1 \right\} + 0,57x + 0,06x^2. \quad (6)$$

Крива лінія, побудована за рівнянням (6), показує профіль долота чизельного робочого органу (рисунок 2).

**Висновки.** Дослідження показує, що раціональний профіль долота чизельного робочого органу опишеться рівнянням

$$z = -1,16 \left\{ \exp \left[ 1,298x^2(0,5 - x) \right] - 1 \right\} + 0,57x + 0,06x^2$$

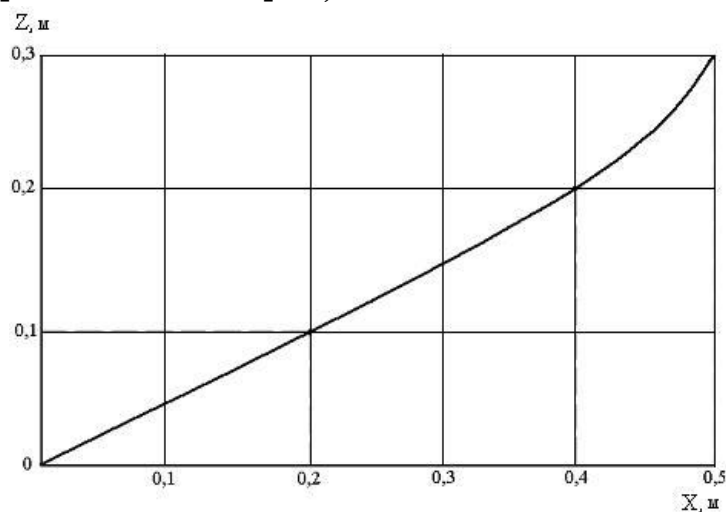


Рисунок 2 – Розрахунковий профіль долота чизельного робочого органу

### Список джерел посилання

1. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Physics of the Process of a Work Tool with a Flexible Element Getting into Contact with the Soil // Agriculture. – 2017. – № 3. – P. 33-42. <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2017.3.24563>

2. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Soil-cultivating setting a flexible working body to control of weeds growth // Vegetable and Melon Growing. – 2018. – № 64. – P. 33-43. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2018-64-33-43>

3. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Qualitative performance indicators of a ripping-and-separating machine for soil cultivation in the growth of sugar beet // Vegetable and Melon Growing. – 2019. – № 65. – P. 39-49. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2019-65-39-49>

4. Shablia V. P., Tkachova I. V. Machine and manual working actions for different manure removing technologies // Boletim de Indústria Animal. – 2020. – Т. 77. – С. 1-14. <https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1482>

5. Syromyatnikov Y. N. Substantiation of the parameters of a soil tillage machine ripper //Engineering Technologies and Systems. – 2021. – Т. 31. – №. 2. – Р. 257-273. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202102.257-273>

6. Kuts O. et al. Influence of the fertilizer system on the soil nutrient regime and onion productivity // Plant and Soil Science. – 2022. – Т. 13. – №. 4. – Р. 17-26. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(4\).2022.17-26](https://doi.org/10.31548/agr.13(4).2022.17-26)

7. Kuts, O., et al Fertilisation system influence on the main agrochemical indicators of soil and productivity of white cabbage //Scientific Horizons. – 2023. – Т. 26. – №. 11. – С. 69-79. <https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.69>

8. Pashchenko V. F. et al. The influence of local loosening of the soil on soybean productivity //Tractors and Agricultural Machinery. – 2019. – Т. 86. – №. 5. – Р. 79-86. <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-5-79-86>

9. Пащенко В. Ф., Сиромятников Ю. М. Вплив локального розпушування ґрунту на врожайність сої //Зернові культури. – 2017. – Т. 1. – №. 2. – С. 329.

10. Abdrakhmanov R. et al. Study of the kinematics of a disc-pin working body //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 443. – С. 04004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344304004>

11. Mamatov F., Karimov A., Shodmonov G. Study on the parameters of bars of the potato digger ploughshare //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 434. – С. 03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343403012>

12. Syromyatnikov Yu. N. et al. The process of trimming and raising the soil by the working bodies of the soil treatment and separation installation // Technical service of agriculture, forestry and transport systems. – 2020. – №. 22. – С. 221-231. <https://doi.org/10.37700/ts.2020.22.221-231>

13. Пащенко В. Ф. и др. Обґрунтування доцільності державної підтримки вітчизняного сільгоспмашинобудування // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2016. – №. 173. – С. 53-68.





УДК 631.362.3

## СПОСІБ ЗАВАНТАЖЕННЯ ПНЕВМОСЕПАРУВАЛЬНОГО КАНАЛУ

*Харченко С.О., доктор технічних наук, професор  
Біловод О.І., кандидатка технічних наук, доцентка  
Литвиненко В.В., здобувачка вищої освіти ступеня доктора філософії  
Полтавський державний аграрний університет*

Поділ частинок сипких середовищ за аеродинамічною ознакою є поширеним методом при очищенні, сортуванні та калібруванні в технологічних процесах різних виробництв: харчовій, хімічній, аграрній, гірничій та будівельній. Сипке середовище поділяється за рахунок дії повітряного потоку на дві фракції: важкі частинки та легкі частинки (домішки).

Сучасне підвищення продуктивності пневмосепарувальних каналів, з метою зменшення витрат та збільшення економічної рентабельності технологій призводить до втрати якості сепарування, збільшення метало- та енергоємності обладнання. Так, поява сепарувальних машин для очищення зернових матеріалів з продуктивністю 200-300 т/год потребує нових рішень та методик дослідження технологічної ефективності їх пневмосепарувальних каналів.

Для забезпечення значної питомого завантаження (продуктивності) пропонується процес очищення сипких матеріалів виконувати в два етапи на першому та другому ступенях сепарації з можливістю окремого регулювання їх параметрів [1, 2].

Для підвищення ефективності процесу очищення сипкого матеріалу в пневмосепарувальному каналі необхідно вирішити наступні стримуючі умови: рівномірний розподіл по ширині та подача сипкого матеріалу до робочої зони; необхідність попереднього відділення крупних домішок модулем-скальператором; відсутність багатократності дії повітряного потоку на частинки сипкого середовища; рівномірність та можливість регулювання швидкості повітряного потоку в робочій зоні; реалізації замкнутості пневмосистеми, наявності пиловловлювачів тощо.

Реалізація способу завантаження передбачає використання активного дозатора-розпушувача з гнучкими лопатями, який

забезпечить подачу і розпушення шару зернового матеріалу в робочій зоні пневмосепаратора.

Утворення розпушеного шару (за рахунок дії лопатей дозатора) дозволить створити сприятливі умови для відділення легких компонентів з зернового матеріалу за допомогою повітряного потоку. Це дозволить збільшити питоме завантаження пневмосепаратора, а саме товщину шару матеріалу який подається до робочої зони, порівнюючи з базовими конструкціями.

Сформуємо завдання для завантажувального активного дозатору-розпушувача. Основною функцією звісно повинно бути рівномірність (по ширині каналу) та чіткість подавання матеріалу до робочої зони. Увагу потрібно приділити полідисперсності та варіативності властивостей компонентів зернового матеріалу, зокрема, рівню засміченості та вологості. Також потрібно враховувати можливе травмування часинок основного зерна при контакті з лопатями дозатору.

З урахуванням вищенаведених умов запропонований активний дозатор, який складається з барабану, лопатей та заслінки. При обертанні барабана лопаті надають складову швидкості частинкам матеріалу, в результаті чого відбувається утворення заданої початкової швидкості вкидання їх до робочої зони.

Основними конструктивно-кінематичними параметрами дозатора-розпушувача є: діаметр  $D_b$  та частота обертання  $n_b$  барабану, кут вкидання матеріалу  $\alpha$  (сформований положенням заслінки), висота  $h_1$  та кількість  $n_1$  лопатей. Параметри лопатей та частота обертання барабана формують об'єм матеріалу, який подається до робочої зони. Критерієм ефективності є рівень розпушення зернового матеріалу в робочій зоні.

У запропонованій конструкції дозатора-розпушувача на частинку зернового матеріалу діють наступні сили: сила тяжіння  $G = mg$ ;

відцентрова сила:  $F_c = m\omega^2 r$ ; сила Коріоліса:  $F_k = 2m\omega \frac{dr}{dt}$ ; сила тертя

матеріалу по деталях дозатора:  $F_r = f \left( 2m\omega \frac{dr}{dt} - mg \cos \alpha \right)$ , де  $r$  –

радіальна координата розташування частинки зернового матеріалу;  $\omega$  – кутова швидкість барабана.  $f$  – коефіцієнт тертя зернового матеріалу.

Загальне рівняння (сума проекцій всіх сил до напрямку радіусу барабану дозатора) руху компонентів зернового матеріалу має вигляд:

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = m\omega^2 r + mg \sin \alpha - f \left( 2m\omega \frac{dr}{dt} - mg \cos \alpha \right).$$

Розв'язок рівняння дозволить отримати траєкторії руху компонентів зернового матеріалу та рівень розпушеності його шару в робочій зоні пневмосепараторів.

### Список джерел посилання

1. Спосіб підвищення якості очищення зернових сумішей пневматичним сепаратором: пат. 152095 Україна: МПК В07В 9/02 (2006.01). № u202201926; заявл. 07.06.2022; опубл. 26.10.2022, Бюл. № 43, 6 с.

2. Спосіб завантаження зернового матеріалу до бункера зерноочисної машини: пат. 152607 Україна: МПК В65G 65/32 (2006.01) А01F 25/18 (2006.01). № u202202765; заявл. 02.08.2022; опубл. 22.03.2023, Бюл. № 12, 6 с.

УДК 631.362.3

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОНЕНТІВ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ ПРИ ЇХ ПОДАЛЬШОМУ СЕПАНУВАННІ

*Харченко Ф.М., кандидат технічних наук, доцент  
Котляревський І.В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Стельмах А.М., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Сумський національний аграрний університет*

Процеси сепарування зернових сумішей передбачають очищення від домішок або поділ на фракції, які виконуються за рахунок відмінності властивостей компонентів.

Технологічні процес проводяться на зерно- та насінноочисних машинах та сепараторах, ефективність яких визначається продуктивністю, якістю, витратами енергій та металу, надійністю, втратами та травмованістю основного зерна тощо. Слід зауважити, що ефективність роботи сепарувального обладнання також залежить

від ідентифікації властивостей компонентів зернових сумішей, які формують ознаку поділу. Серед поширених ознак поділу є: аеродинамічні властивості, розміри, густина, форма, стан поверхні, пружність, електро-магнітні властивості. Слід також зауважити, що пошкодження основного зерна є негативним явищем та також потребує уваги особливо при роботі з насіннєвим матеріалом. Для цього потрібно мати інформацію про міцності показники компонента: модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, коефіцієнти тертя і т.п.

Початковою операцією ідентифікації властивостей є об'єктивний відбір проби, яка буде адекватно характеризувати зернову суміш. Для цього використовують пробовідбірники, подільники, а сам відбір проводиться відповідно до типових методик ДСТУ [1].

Для визначення розмірів компонентів використовують спеціальне або стандартне обладнання для вимірювання відстані. Серед поширених високо-точних є мікроскопія, оптичне сканування та розпізнавання зображень. Електронним цифровий штангенциркуль має меншу точність (0,01 мм) за залежність від досвіду дослідника. Враховуючи встановлені розмір, важливо розуміти форму компоненту для чого використовують коефіцієнти форми [2]:

- для сферичної форми:

$$k_f = \frac{4\pi \left( \sqrt[3]{3V_p / 4\pi} \right)^2}{F_{sa}}, \quad (1)$$

де  $V_p$  – об'єм компоненту,  $F_{sa}$  – площа зовнішньої поверхні компоненту,

- для плоскої форми:

$$k_f = a_1 / a_2 \quad (2)$$

де  $a_1$ ,  $a_2$  – ширина і товщина компоненту.

Модуль пружності є важливою фізичною величиною для вимірювання пружності матеріалів. Модуль пружності компонентів визначають шляхом випробування на стиснення, наприклад, аналізатором текстури ТА-ХТ plus та зондом Р/36R де реалізується швидкість під час стиснення - 0,05 мм/с.

Для визначення модуля пружності використовують вираз:

$$E = (F / A) / (\Delta L / T_1), \quad (3)$$

де  $F$  – прикладена зовнішня сила, Н;  $A$  – площа контакту, мм<sup>2</sup>;  $\Delta L$  – відстань деформації під дією зовнішньої сили, мм;  $T_1$  – вихідна товщина, мм.

Модуль зсуву є константою матеріалу, яка відноситься до співвідношення напруги зсуву до деформації. Модуль зсуву компонентів вимірюється за допомогою тесту на зсув, наприклад, аналізатором текстури TA-XТ plus та зонду зсуву Р/WB.

Модуль зсуву визначається за виразом:

$$G = \tau \gamma, \quad (4)$$

де  $\tau$  – напруження зсуву, Н;  $\gamma$  – деформація зсуву.

Коли компонент розтягується або стискається в одному напрямку, відношення абсолютного значення поперечної нормальної деформації до осьової нормальної деформації називається коефіцієнтом Пуассона. Коефіцієнт відображає поперечну деформацію матеріалу та визначається за допомогою виразу:

$$\mu = (E_2 / G) - 1. \quad (5)$$

Для визначення вологості кожного компонента частіше використовують експрес прилади вологоміри, а також стандартований метод висушування зразків. Попередньо зважені зразки висушуються при заданій температурі та часі в сушарці, далі охолоджуються та зважуються повторно.

Динаміка компонентів суміші перед та під час сепарування потребує розуміння значень коефіцієнтів тертя. Коефіцієнт статичного тертя частіше вимірюється за допомогою методу похилої площини. Під час вимірювання компонент поміщають на поверхню і змінюють поступово її кут нахилу до появи руху. Через отриманий кут визначають і динамічний коефіцієнт тертя.

Коефіцієнт відновлення при зіткненні – це параметр, який вимірює здатність компоненту відновлюватися після деформації після зіткнення. Це відношення нормальної швидкості двох об'єктів після зіткнення та нормальної відносної швидкості до зіткнення.

Кут природного укосу компонентів суміші вимірюють за допомогою використання воронки шляхом висипання з її вхідного отвору воронки у спосіб вільного падіння. Фіксація кута відбувається, коли об'єкти повністю нерухомі на нижній основі.

### Список джерел посилання

1. Методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур : ДСТУ 4138:2002. Київ : Держстандарт, 2003. 173 с.
2. Теорія сепарування зерна: монографія / В. П. Ольшанський [та ін.]. Харків : ХНТУСГ, 2017. 802 с.

УДК 62-7

## ОЧИСТКА ОЛИВИ МОБІЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ R-700

*Хмеленко А.М., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
Полтавський державний аграрний університет*

Відпрацьовані моторні оливи потребують правильної утилізації. Ця вимога викликана насамперед екологічними причинами. Адаже олива, яка потрапила в ґрунт чи водойму при несанкціонованому захороненні, вкрай негативно впливає на навколишнє середовище [1]. Також забруднена олива сприяє швидкому зношенню деталей машин [2]. Крім екологічних, є економічні фактори. Наприклад, замість очищення та повторного використання відпрацьованих олив суб`єкти господарювання закупають нові моторні оливи, що в свою чергу підвищує собівартість робіт та продукції.

Правильна утилізація відпрацьованої моторної оливи необхідна виходячи з цінності продукту, який можна отримати після вторинної переробки. Вона може забезпечити подальше використання олив як сировини для виробництва мастильних матеріалів.

Вторинна переробка відпрацьованої моторної оливи може базуватися на фізичних, хімічних або фізико-хімічних процесах. Основною метою переробки є очищення відпрацьованих олив від продуктів старіння та забруднюючих домішок.

Одним зі способів вторинної переробки є регенерація. Регенерація – це один з технологічних процесів, при якому відбувається очищення оливи від різного роду забруднень, що утворюються під час експлуатації машин та механізмів.

З мотивів, окреслених вище, та у ході виконання дисертаційного дослідження у ПрАТ «Полтавський алмазний інструмент», де працює автор, 2023 року створена мобільна установка для очищення оливи R-700 (рисунок 1).

Установка складається з наступних елементів.

1. Рама, на ній змонтовано всі елементи установки.
2. Шафа управління.
3. Фільтр з вугіллям, призначений для очищення викидів при відновленні сорбента.
4. Шестерний насос для закачування оливи, яку треба очистити.

5. Шестерний насос для відкачування відходів при очищенні сорбенту.

6. Фільтр для очищення оливи.

7. Колони, у яких відбувається технологічний процес регенерації.

8. Вакуумний насос для створення вакууму при відновленні сорбента.

9. Конденсатозбірник, у якому збирається та конденсується волога та інші речовини при відновленні сорбента.

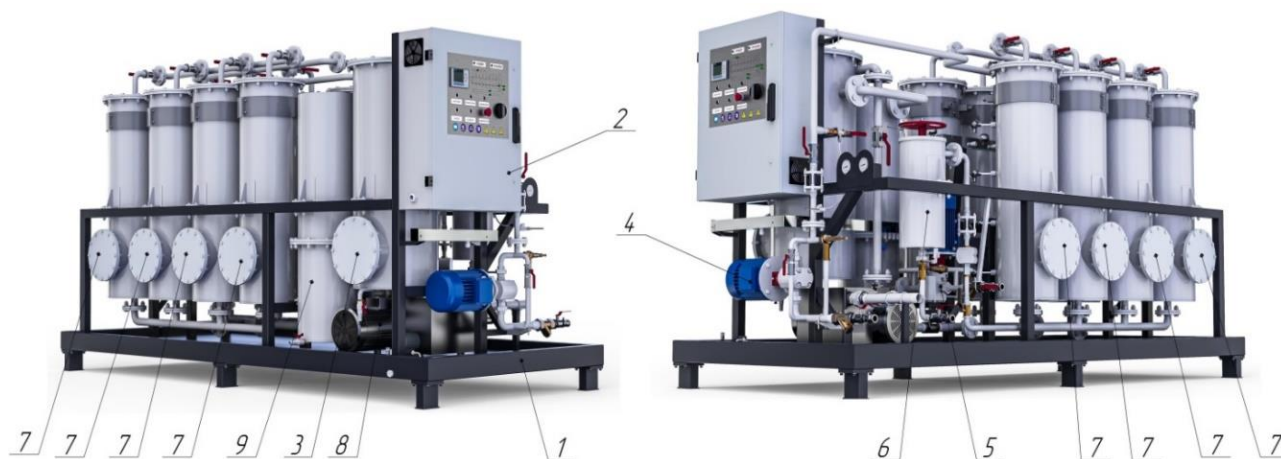


Рисунок 1 – Загальний вигляд установки R-700

Очищення оливи відбувається шляхом її пропускання через сорбент, що міститься у восьми колонах установки R-700. При цьому сторонні домішки затримуються у сорбенті. В ході очищення олива частково відновлює втрачені властивості та набуває більш світлого кольору.

Отже, робота установки R-700 складається з наступних етапів:

- 1) регенерація оливи;
- 2) відновлення сорбента;
- 3) обслуговування після відновлення сорбента.

Особливістю даної установки є застосування спеціальних твердих сорбентів та використання керамічних нагрівачів, які змонтовані на зовнішніх поверхнях колон.

Схема потоків оливи в установці R-700 представлена на рисунку 2.

Установка R-700 призначена для очищення в основному таких олив як трансформаторні, індустриальні та гідравлічні. Але завдяки конструктивним особливостям її можна використовувати також для очищення моторної оливи.

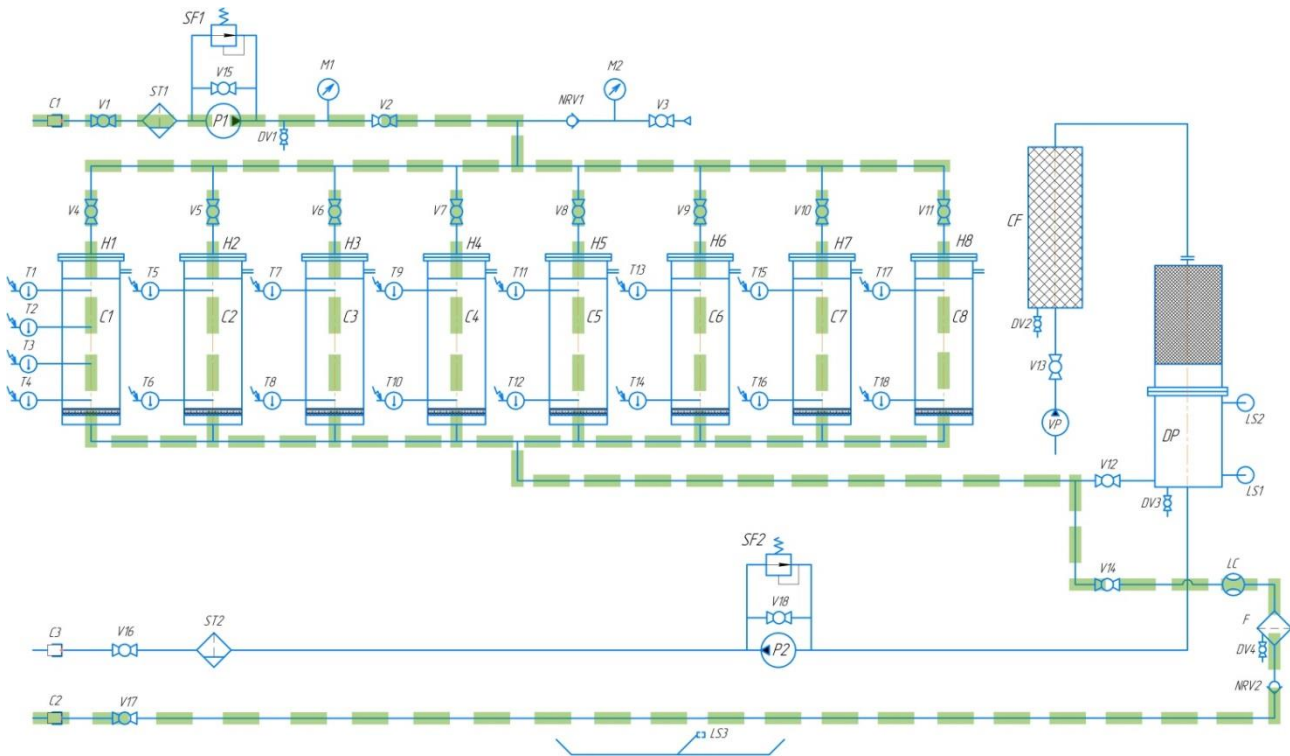


Рисунок 2 – Схема потоків оливи при регенерації в установці R-700

Дослідження ефективності очищення моторної оливи із застосуванням способу регенерації проведено на установці R-700 із застосуванням чотирьох сорбентів різного походження. Після проведення технологічного циклу очищення моторної оливи отримано результати, представлені на рисунку 3.

Вихідна сировина  
(відпрацьована  
моторна олива)



Дія сорбента

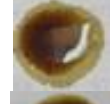
Сорбент 1



Сорбент 2



Сорбент 3



Сорбент 4



Рисунок 3 – Результати регенерації моторної оливи установкою R-700



Отже, у результаті очищення моторної оливи установкою R-700 отримано освітлену оливу при застосуванні трьох із чотирьох сорбентів.

Розробка установки R-700 є складовою нашого наукового дослідження «Підвищення ефективності експлуатації сільськогосподарських машин застосуванням мобільних установок очистки моторної оливи». На наступному етапі його реалізації планується визначення хімічного складу очищеної оливи.

### Список джерел посилання

1. Janusz Magiera. Rerafinacja olejów przepracowanych. Warszawa: WNT, 2006. 198 s.

2. Журавель Д. П. Забезпечення надійності гідросистем сільськогосподарської техніки шляхом очищення робочих рідин. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету : електронне наукове фахове видання. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2. URL: <http://surl.li/ogzdc> (дата звернення: 13.12.2023).*

UDC 631.31

## JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF A MINIMUM DRAFT RESISTANCE BLADE WITH FLAT FREE-ROTATING DISCS

*Khramov N., assistant  
Lymar O., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor  
Mykolaiv National Agrarian University*

The process of crumbling soil with a wedge by tearing it off or shifting it is determined by the physical and mechanical properties of the soil, the angle of crumbling and the depth of cultivation.

The ploughshare used in this case is a dihedral straight flat wedge, which is characterized by the following parameters: lifting angle  $\alpha$  and length  $l_n$ . The guide disks will facilitate the movement of soil along the ploughshare if the projection of their peripheral velocity onto the normal to the ploughshare is zero or directed upward. If the latter is directed downward, the discs will grab the soil and press it against the ploughshare,

which will cause an increase in the friction forces of the soil on the surface of the ploughshare and impede its movement. Therefore, in order for this phenomenon not to occur, it is necessary that the disk in relation to the ploughshare be installed in a position in which the projections of the velocities of the disk points would meet the above requirement. This requirement will be met provided [1]:

$$l_1 \geq r_d \operatorname{tg} \alpha,$$

where  $r_d$  – is the radius of the guide disk,  $m$ ;

$\alpha$  – soil elevation angle,  $deg$ ;

$l_1$  – is the distance between the disc and the ploughshare,  $m$ .

The parameters must be selected to ensure soil movement across the plowshare with minimal energy consumption. For the soil to move along the plowshare, the following condition must be met:

$$\alpha + \varphi \leq \frac{\pi}{2} \quad (1)$$

where  $\varphi$  – is the angle of soil friction on the working surface of the ploughshare.

Considering that the friction angle  $\varphi$  for different soils varies from 14 to 42°, the elevation angle  $\alpha$ , according to inequality (1), can vary within relatively large limits. Moreover, with a decrease in the elevation angle  $\alpha$ , the length of the share  $l_1$  increases.

Experiments conducted by M.E. Matsepuro and I.V. Manyuta, showed that when the soil is raised to a height  $h$ , there is a combination of the lifting angle and the length  $\alpha$  of the share  $l_1$ , at which the resistance force of the rational lifting angle depends on the value of the friction angle [2].

The dependence of the component of the soil resistance force  $R_{lx}$  to the movement of the wedge, caused by the weight of the formation and friction forces, on the friction angle  $\varphi$  and the elevation angle  $\alpha$  was established by G.N. Sineokov:

$$R_{lx} = abh\gamma_{vol} \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{\sin \alpha}, \quad (2)$$

where  $R_{lx}$  – is the resistance force of the soil to the movement of the plowshare:

$a$  – depth of the ploughshare,  $m$ ;

$b$  – ploughshare width,  $m$ ;

$\gamma_{vol}$  – volumetric weight of soil,  $N/m^3$ ;

$h$  is the height of soil lifting by a ploughshare,  $m$ .

To find the minimum value of the resistance force  $R_{lx}$ , we examine equation (2) for an extremum. In this case we get:

$$\frac{dR_{lx}}{d\alpha} = \frac{a \cdot b \cdot h \cdot \gamma_{об}}{\sin^2 \alpha} \left[ \frac{\sin \alpha}{\cos^2(\alpha + \varphi)} - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cos \alpha \right] = 0.$$

After appropriate transformations we obtain the cubic equation

$$\operatorname{tg}^3 \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\varphi \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha + 2 \sin^2 \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{1}{2} \sin 2\varphi = 0.$$

As a result of solving the cubic equation using Cardano's formulas, the following expression was obtained for the extreme elevation angle  $\alpha$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left[ \begin{array}{l} \sqrt[3]{-\frac{1}{2} \sin 2\varphi \left( \frac{1}{108} \sin^2 2\varphi - \frac{1}{3} \sin^2 2\varphi - \frac{1}{2} \right) + \sqrt{\frac{1}{4} \sin^2 2\varphi \left( \frac{1}{108} \sin^2 2\varphi - \frac{1}{3} \sin^2 2\varphi - \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{1}{27} \sin^6 \varphi \left( 2 - \frac{1}{3} \cos^2 \varphi \right)^3}} + \\ + \sqrt[3]{-\frac{1}{2} \sin 2\varphi \left( \frac{1}{108} \sin^2 2\varphi - \frac{1}{3} \sin^2 2\varphi - \frac{1}{2} \right) - \sqrt{\frac{1}{4} \sin^2 2\varphi \left( \frac{1}{108} \sin^2 2\varphi - \frac{1}{3} \sin^2 2\varphi - \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{1}{27} \sin^6 \varphi \left( 2 - \frac{1}{3} \cos^2 \varphi \right)^3}} - \\ - \frac{1}{6} \sin 2\varphi \end{array} \right] \quad (3)$$

In order to determine the nature of the extremum, we find the value of the second derivative of equation (2). In this case we get:

$$\frac{d^2 R_{lx}}{d\alpha^2} = a \cdot b \cdot h \cdot \gamma_{vol} \frac{1}{\sin^4 \alpha} \cdot \left\{ \sin^2 \alpha \left[ \cos \alpha - \cos 2(\alpha + \varphi) \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \sin 2(\alpha + \varphi) \cdot \sin \alpha \right] - 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha \left[ \sin \alpha - \frac{1}{2} \sin 2(\alpha + \varphi) \cdot \cos \alpha \right] \right\}$$

Substituting the values of the elevation angle  $\alpha$  from expression (3) into the resulting equation, we find:

$$\frac{d^2 R_{lx}}{d\alpha^2} > 0.$$

Consequently, at the values of the angle  $\alpha$  determined by expression (3), there will be a minimum value of the ploughshare resistance. For greater clarity, the nature of the change in the extreme value of the angle  $\alpha$  depending on the friction angle  $\varphi$ , expressed by equation (3), can be represented graphically (Fig. 1).

But since the friction angle  $\varphi$  is not constant in all areas of the field, and its average value is approximately  $26^\circ 30'$ , the lifting angle  $\alpha$  can be taken equal to  $24-26^\circ$ . The length of the ploughshare is determined by the formula:

$$l_1 = \frac{h}{\sin \alpha},$$

where  $l_1$  – ploughshare length,  $m$ .

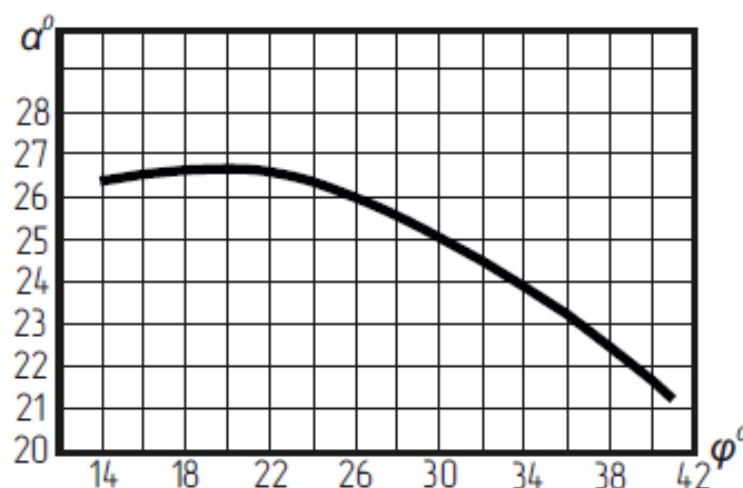


Fig. 1. The nature of the change in the extreme value of angle  $\alpha$  depending on the friction angle  $\varphi$

**Conclusion.** Thus, in principle, it is possible to obtain for each value of the friction angle the values of the angle of soil lift by the ploughshare at which the resistance of the latter will be minimal.

### References

1. Kuts O. et al. Influence of the fertilizer system on the soil nutrient regime and onion productivity // *Plant and Soil Science*. – 2022. – T. 13. – №. 4. – P. 17-26. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(4\).2022.17-26](https://doi.org/10.31548/agr.13(4).2022.17-26)
2. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Physics of the Process of a Work Tool with a Flexible Element Getting into Contact with the Soil // *Agriculture*. – 2017. – № 3. – P. 33-42. <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2017.3.24563>
3. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Soil-cultivating setting a flexible working body to control of weeds growth // *Vegetable and Melon Growing*. – 2018. – № 64. – P. 33-43. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2018-64-33-43>
4. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Qualitative performance indicators of a ripping-and-separating machine for soil cultivation in the growth of sugar beet // *Vegetable and Melon Growing*. – 2019. – № 65. – P. 39-49. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2019-65-39-49>
5. Syromyatnikov Y.N. Design parameters of the rotor of a tilling and separating machine // *Agriculture*. – 2019. – № 2. – P. 7-27. <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2019.2.31975>

УДК 631.365.22

## ВОЛОГІСТЬ В УМОВАХ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

*Царіков С.В., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Полтавський державний аграрний університет*

Сушка зерна та інших сипучих сільськогосподарських матеріалів – найбільш поширений процес теплової обробки. Зерно – живий організм, який дихає, розвивається і старіє. За своєю природою зерно є колоїдним, а за структурою капілярно-пористим тілом, в якому міститься велика кількість вологи [1].

Волога в зерні має різні форми зв'язку з його твердим скелетом: від найміцнішої, обумовленої молекулярними силами, до чисто механічного утримування вологи на поверхні зерна. На основі енергії зв'язку була запропонована класифікація форм зв'язку вологи в колоїдних капілярно-пористих матеріалах. Відповідно до цієї класифікації, всі форми зв'язку вологи ділять на три великі групи: хімічну, фізико-хімічний зв'язок і механічну [2].

Хімічно-пов'язану вологу поділяють – на пов'язану іонними і молекулярними силами.

Іонний зв'язок води утворюється в певних співвідношеннях при хімічних реакціях з утворенням нової речовини. Вода як така при цьому зникає і входить до складу речовини. Цей зв'язок може бути порушений тільки при руйнуванні речовини.

При молекулярному зв'язку, коли відбувається кристалізація з розчину, вода теж в певних кількостях для даної речовини входить в структуру кристала.

Хімічно-зв'язана волога настільки міцно пов'язана з зерном, що її при сушінні не видаляють і навіть не враховують вміст у зерні, відносячи її кількість до маси сухої речовини.

До фізико-хімічного зв'язку вологи відносять: абсорбційно-пов'язану вологу, осмотично-пов'язану і структурну вологу.

Абсорбційно-пов'язана волога – це шар води товщиною в кілька сотень молекул, абсорбованих на активній поверхні зерна. Міцність зв'язку абсорбованих молекул неоднакова. У міру появи другого, третього і т. д. шару міцність зв'язку падає.

Вода, пов'язана абсорбційними силами, може бути видалена при сушці з додатковими витратами енергії на руйнування зв'язку вологи з зерном.

Осмотично-пов'язана волога – це волога, що проникла всередину клітини зерна в результаті осмотичного тиску. При зволоженні зерна концентрація розчинної фракції всередині клітини стає більше, ніж поза нею (виникає осмотичний тиск води), тому вода проникає всередину клітини через стінки. Таке поглинання рідини супроводжується збільшенням обсягу зерна без виділення теплоти. При цьому поглинена волога за своїми властивостями не відрізняється від звичайної води. Осмотичний зв'язок має меншу міцність, ніж абсорбційний, однак при видаленні вологи також потрібні додаткові витрати енергії.

До структурної вологи відносять вологу, захоплену новими структурними утвореннями при формуванні гелю. Цій волозі відповідає вельми мала енергія зв'язку. Структурна, так само як і осмотично-пов'язана волога, що своїми властивостями нічим не відрізняється від звичайної води. При видаленні цієї частини вологи в процесі сушіння додаткова енергія витрачається в основному на подолання опору структурних утворень зерна при дифузії вологи, як у вигляді пари, так і у вигляді рідини до поверхні зерна.

Механічно-пов'язана волога знаходиться в мікро- і макрокапілярах зерна. Вона зберігає всі свої властивості і легко видаляється при сушінні [3].

Для зниження вологості зерна до стійкого при зберіганні стану в технології сушіння застосовують різні технічні способи і конструкції сушильних установок, які можна класифікувати за рядом ознак [1].

Тому конструкція сушарки повинна, перш за все, забезпечувати рівномірне нагрівання і сушіння зерна при надійному контролі температури і вологості зерна. Конструкція сушильної установки також повинна виключати механічне травмування зерна, втрати повноцінного зерна з відпрацьованим агентом сушіння. Зерносушарки повинні мати досить високу продуктивність, що відповідає вимогам безперебійного приймання зерна і максимального скорочення строків збирання врожаю. При цьому вони повинні бути економічними за питомими витратами теплоти, електроенергії і мати найменшу металоємність.

З огляду на сезонність роботи сушарок, варто прагнути до раціоналізації їх конструкції, до зниження капітальних витрат за їх спорудження, до більш широкого застосування неметалічних частин.

Сучасні зерносушарки повинні мати певний ступінь універсальності, тобто здатністю сушити зерно різних культур, вони

різко розрізняються фізико-хімічними, біохімічними, структурно-механічними і іншими технологічними властивостями.

Отже з вище розглянутого можна зробити висновок, що сушарки повинні сушити зерно будь-якої початкової вологості до установлених кондицій за один пропуск, а також сушити зерно без попереднього його очищення, що дозволить отримати відходи в сухому вигляді і використовувати їх за призначенням. Крім того режими створювані в сушильних установках повинні забезпечувати виконання термічної обробки зерна в необхідних випадках. Таким чином, конструкція сушильної установки повинна володіти універсальністю.

### Список джерел посилання

1. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна. Київ: Либідь, 1997. 352 с.
2. Кирпа М.Я. Науково-практичні тенденції розвитку технології та системи машин для первинної обробки і зберігання зерна. *Наукові праці ОНАХТ*. 2010. Вип. 38. Т. 1. С. 147-150.
3. Бондар О. Сушильне та очисне обладнання для зерна. *Agroexpert практичний посібник аграрія*. 2009. №11(16). С.102-105.

УДК 631.331

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ҐРУНТУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

*Шажко С.Ю., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Падалка В.В., кандидат технічних наук, доцент  
Полтавський державний аграрний університет*

Для забезпечення населення достатньою кількістю якісних та доступних за вартістю продуктів харчування необхідно підвищення ефективності процесів їх виробництва та мінімізація витрат. При прогнозованому зростанні чисельності населення у світі потрібно забезпечити подальшу оптимізацію технологій та процесів виробництва, а також їх адаптацію таким чином, щоб максимально відповідати вищезазначеним вимогам [5].

У цьому відношенні оптимізація технологій обробітку ґрунту та

обробітку сільськогосподарських культур є актуальним завданням. Аргументований вибір адаптивного способу обробки ґрунту та технології обробітку культур, відповідних ґрунтово-кліматичним характеристикам певної території, забезпечить цільове використання ресурсів.

Зниження рівня інтенсивності ґрунтообробки призводить до підвищення продуктивності МТА та зниження витрати палива на одиницю обробленої площі при вирощуванні сільськогосподарських культур [8].

Висока ефективність застосування консервуючих технологій смугової обробки ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур встановлена дослідженнями вчених Канади, США, Європи та ін. країн (А. Макгайєр (А. McGuire) , Д. Рейкоскі (D. Reicosky ) та К. Сакстон (K. Saxton ) , Дж . Тулберг (J. Tullberg ) , (W. Zorn ) та ін.) . Це стосується інтенсивності обробки ґрунту, живлення рослин, застосування різних комбінацій робочих органів машин.

На ринку широко представлені конструкції машин для смугової обробки ґрунту провідних світових виробників (Unverferth, Carrotech , Schlagel, JohnDeere та Blue Jet, HORSCH, AMAZONE, Kuhn / Krause, Clay don, Hiniker, Environmentmental Tillage Systems, Claudon, Mzuri, Orthmann та ін.). Вони відрізняються конструктивними виконаннями та призначені для обробітку широкого спектру сільськогосподарських культур [1-4].

В Україні, на жаль, така техніка не виробляється, а питання застосування смугової обробки ґрунту практично не вивчені.

Метою роботи є підвищення ефективності технологій обробітку сільськогосподарських культур із застосуванням смугової осінньої обробки ґрунту за рахунок раціонального вибору складу МТА, глибини обробки та дози внесення мінеральних добрив в умовах посушливого клімату.

Відповідно до метою дослідження поставлені завдання:

- провести аналіз існуючих ґрунтообробних машин для реалізації технології смугової обробки ґрунту та обґрунтувати доцільність їх застосування;

- удосконалити модель, що описує зв'язок між параметрами впливу на ґрунт і вихідними показниками роботи МТА стосовно смугової обробки;

- обґрунтувати глибину смугової обробки ґрунту та дозу внесення мінеральних добрив при вирощуванні соняшнику та режими роботи



комбінованого агрегату для смугової обробки ґрунту.

Об'єкт дослідження: технологічний процес осінньої смугової обробки ґрунту при вирощуванні технічних культур.

Предмет дослідження: закономірності, що пов'язують параметри обробітку ґрунту, водний режим та врожайність технічних культур.

Згідно з класифікацією Центру з впровадження консервуючої технології (Conservation Technologic Integration Center, СТІС) розрізняють три різних групи технологій вирощування сільськогосподарських культур (три типи землеробства) залежно від ступеня покриття поверхні ґрунту. Значною мірою ступінь покриття залежить від інтенсивності обробітку ґрунту [6, 7].

Традиційне землеробство включає способи обробітку ґрунту, при яких менше 15% поверхні ґрунту залишається покрито. До традиційних способів обробки відносяться плужна технологія та інші види технологій інтенсивної обробки ґрунту.

При мінімальному (ощадному) землеробстві застосовуються технології обробки ґрунту, при яких після обробітку 15-30% поверхні ґрунту залишається покрите пожнивними залишками. Залишена на поверхні органічна речовина перешкоджає висиханню ґрунту і тим самим протистоїть утворенню ерозії. Поряд з цим має скорочуватися ступінь розпушування ґрунту, оскільки існує небезпека зниження рівня вологи в ґрунті з кожним наступним технологічним проходом.

Мінімальна обробка ґрунту знаходиться у тісному взаємозв'язку з розподілом органічного матеріалу на поверхні та всередині ґрунту (управління балансом вуглецю (С)). Якщо цей процес здійснюється, то сільськогосподарська екосистема самостійно знижує рівень ерозії, очищує питну воду і при цьому підвищується продуктивність [9-10].

Консервуюче землеробство передбачає технології обробітку ґрунту (посіву), при використанні яких понад 30 % поверхні ґрунту залишається покрите пожнивними залишками.

Система консервуючого землеробства підрозділяється своєю чергою на три підсистеми:

1. Технологія нульової обробки ґрунту (нім. No-Till) та технологія полосової обробки ґрунту (нім. Strip-Till): способи обробітку ґрунту, за яких ґрунт залишається необробленим у період між збиранням урожаю та посівним. Винятком є операція із внесення добрив. Посів здійснюється у вузькі посівні борозенки (ряди), створювані ґрунтообробними робочими органами, такими як сошник, розчищаючий орган, долотоподібний сошник і приводний ротор.

При використанні технології смугової обробки ґрунту обробляються вузькі смуги. Як правило, це здійснюється восени, що дозволяє проводити дану технологічну операцію одночасно з внесенням добрив. Навесні дані смуги здійснюється посів. Технологія передбачає застосування хімічних засобів захисту якої порушується менше 25% поверхні ґрунту.

2. Технологія гребеневої обробки ґрунту (нім. Ridge-Till): спосіб обробки ґрунту, при якому на полі механічним шляхом утворюються гребені (гряди). У період після збирання врожаю і до обробітку ґрунту обробка між грядками не проводиться, проводиться тільки внесення добрив у посівні ложі на гребенях. Посів також проводиться у посівне ложе на гребенях. Вершини гребенів обробляються за допомогою стрілкової лапи, хвиль диску, сошників або робочого органу, що розчищає. Пожнивні залишки залишаються між гребенями. Захист рослин проводиться за допомогою хімічних засобів або механічним способом у процесі обробки ґрунту та формування гребенів.

3. Технологія мульчуючої обробки ґрунту (нім. Mulch-Till): Перед сівбою поверхня ґрунту обробляється повністю. Для цього застосовуються такі сільськогосподарські знаряддя, як глибокорозпушувач, культиватор, дискова борона або також може використовуватися поверхневий культиватор. У цій технології можуть застосовуватись хімічні або механічні засоби захисту рослин.

Таким чином, класичний варіант технології смугової обробки ґрунту, що розглядається в роботі, для обробітку просапних культур згідно з класифікацією. СТІС відноситься до технологій консервуючого землеробства. У даній класифікації технологія смугова обробка ґрунту (Strip-Till) розглядається ближче до технології нульової обробки ґрунту (No-Till).

Впровадження консервуючої технології обробітку сільськогосподарських культур є найбільш перспективним, тому що практично не порушує поверхню ґрунту, що дозволяє скоротити витрати на її обробку.

Поряд із впровадженням консервуючої технології обробки ґрунту вчені Д. Рейкоскі (D. Reicosky) та К. Сакстон (K. Saxton) також вказують на важливість сівозміни та стійкого ґрунтового покриву, наприклад за допомогою проміжних культур [8].

На підставі цих висновків був розроблений спосіб смугової обробки ґрунту, при якому рівень обробки частини оброблюваної

поверхні ще більше знижується, але при цьому зберігаються необхідні умови для росту рослин. На думку А.Макгайєра (А. McGuire) технологія смугової обробки є перспективною, так як якщо на полі будуть оброблятися тільки смуги, то необроблена поверхня ґрунту складе приблизно 60-80% від загальної площі.

У обробленій смузі мають бути створені ідеальні умови для розподілу посівного матеріалу. Смуга має бути очищена від поживних залишків, розпушена, ґрунт і подрібнена, засипана, і в разі потреби поза насіння добрив. При швидкому прогріванні гребенів навесні досягаються кращі умови для проростання та оптимального росту рослин.

У необроблених міжряддях структура ґрунту залишається недоторканою, що у свою чергу не порушує активність ґрунту і, відповідно, призводить до його консервуючого стану.

Такий взаємозв'язок при різній інтенсивності обробки Дж. Тулберг (J. Tullberg) показав на прикладі популяції дощових хробаків.

Головним аргументом на користь використання технології є точне внесення поживних елементів та збереження структури ґрунту.

Компанія Nordzucker AG вже з 2006 року проводить польові експерименти з використанням технології смугової обробки ґрунту, називаючи цю технологію «щілинний», «рядковий» посів (нім. Schlitzsaat).

Польові досліді проводяться спільно з фірмою-виробником сільгосптехніки Kockerling, внаслідок чого технологія протягом цих років значно вдосконалилася.

Паралельно дослідам у буряківництві за технологією смугової обробки ґрунту Університет Хоенхайма також проводив досліді з кукурудзою та ріпаком. Особливий акцент при цьому також зроблено на інфільтрації води та температурі ґрунту.

Певну складність представляють рівномірно розподілена по поверхні солома попередника і глибока колія від тракторних коліс після проведення попередніх технологічних операцій. Ще одним негативним моментом щодо традиційного способу обробки ґрунту є високий рівень популяції мишей на окремих ділянках.

Певне поширення вже набуло внесення рідких добрив до ряду для вирощування кукурудзи на силос у регіонах із тваринницьким ухилом. У більшості випадків це пропонується фермерам як послуга. Пропонована технологія дозволяє дотримуватися правові норми щодо

попадання нітрату в ґрунтові води.

За результатами дослідження сформульовані наступні висновки:

Проведений аналіз технологій смугової обробки ґрунту та ґрунтообробних машин вказує на перспективність даного напрямку, що дозволяє суттєво знизити інтенсивність техногенного впливу на ґрунт, тим самим зберегти або підвищити ґрунтову родючість у багаторічній перспективі, а також значно підвищити продуктивність МТА та знизити витрату палива на одиницю обробленої площі.

Удосконалено математичну модель обґрунтування раціональних складів та режимів роботи МТА шляхом запровадження коефіцієнтів ефективності глибини обробітку ґрунту та дози внесення мінеральних добрив.

Обґрунтовано раціональну робочу ширину захвату агрегату для смугової обробки ґрунту (9 м) при агрегуванні з вітчизняним трактором, що дозволяє підвищити чисту продуктивність у 1,56 разу при зниженні витрати пального на одиницю обробленої площі в 1,15 разу, порівняно із базовим агрегатом шириною захвату 6,0 м при агрегуванні з трактором

Річний економічний ефект при цьому складе 473 тис. грн при зниженні експлуатаційних витрат на 262,8 грн/га. Експлуатаційні витрати у своїй знизяться на 262,8 грн/га.

### Список джерел посилання

1. Bodenbearbeitung mit reduziertem Aufwand. Acker- und Pflanzenbauliche Gesichtspunkte. Landtechnik von Morgen 24, 1986.

2. Мудрук О.С. Періодизація історії обробітку ґрунту / О.С. Мудрук, Н.О. Паюк // Сучасний соціокультурний простір: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (26–30 вересня 2005 р.). – К.: ТОВ “ТК”МЕГАНОМ”, 2005 – Ч. 2. С. 6–8.

3. Пашкевич Г.О. Рільництво племен трипільської культури. / Г.О. Пашкевич, М. Ю. Віденко. – Київ, 2006. 143 с.

4. Обробіток ґрунту та наукові основи його мінімалізації. Навч. посіб. / В.О. Єщенко, А.Ф. Головчук, В.А. Слаута, М.В. Калієвський; За ред. В.О. Єщенка. – Умань: Видавець “Сочінський”. – 2011. 308 с.

5. Танчик С.П. No-till і не тільки Сучасні системи землеробства / Танчик С.П.– К.: Юнівєст Медіа, 2009. 160 с.

6. Паюк Н.О. Обробіток ґрунту в Трипільлі, античному світі і середню добу / Н.О. Паюк, О.С. Мудрук // Сучасний соціокультурний

простір: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (26–30 вересня 2005 р.). – К.: ТОВ “ТК”МЕГАНОМ”, 2005 – Ч. 2. – С. 8–9.

7. Сайко В.Ф. Системи обробітку ґрунту в Україні / В.Ф. Сайко, А.М. Малієнко. – К.: ВД “ЕМКО”, 2007. 44 с.

8. Паюк Н.О. Історія технології обробітку ґрунту: вклад визначних учених у теорію й практику / Н.О. Паюк // Історія української науки на межі тисячоліть: Зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-т та ін. / Відп. редактор О. Я. Пилипчук. – К., 2004. – Вип. 14. С. 126–132.

9. Гордієнко В.П. Землеробство О.М. / Геркіял, В.П. Опришко – К.: Вища школа, 1991. 268 с.

10. Довженюк В.И. Землеробство древньої Русі до середини XIII ст / В.И. Довженюк. – К., 1961. 267 с.

УДК 631.331

## ПОДРІБНЮВАЧ ЗЕРНА З КРИВОЛІНІЙНИМИ ПОВЕРХНЯМИ

*Шевченко В.Ю., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
Падалка В.В., кандидат технічних наук, доцент  
Полтавський державний аграрний університет*

Агропромисловий комплекс – значна складова частина економіки України, де виробляється необхідна суспільству продукція, і навіть зосереджений великий економічний потенціал. Найважливіша ланка агропромислового комплексу – сільське господарство. Для успішного подолання проблем аграрному сектору необхідна підтримка з боку держави, з цією метою розроблена відповідна програма розвитку АПК. Однією з цілей програми є забезпечення продовольчої безпеки в параметрах, заданих доктриною продовольчої безпеки країни. Для вирішення цієї мети необхідні технічна та технологічна модернізація, а також підтримка малих форм господарювання. До очікуваних результатів від програми можна віднести:

- збільшення питомої ваги продукції м'яса та м'ясопродуктів – до 88,3 %;

- м'ясо-молочних продуктів – до 90,2% від загальної маси, або худоби та птиці – на 33 тис. тонн;

- молока - на 38,2%, або ж у загальній масі на 19,9%, або 14,1 млн. тонн [1-3].

Зі збільшенням кількості тваринницьких ферм зростає потреба у кормах. Виробництво комбінованих кормів з кожним роком зростає в середньому на 7-10%.

За такого зростання виробництва сільськогосподарської продукції слід повною мірою забезпечити кормами сільгоспвиробників. Найактуальнішою стає проблема раціонального використання кормів. Необхідні: вдосконалення технологій годівлі та приготування кормів; застосування та використання нових або раніше використаних кормових культур та добавок; застосування та розробка новітніх машин і засобів механізації для приготування кормів. Важливо відзначити застосування та розробку універсальних машин, призначених для обробки різноманітних видів кормів для різних видів сільськогосподарських тварин.

Зернові культури, що застосовуються у виробництві комбінованих кормів, та зоотехнічні вимоги, що пред'являються до подрібнення фуражного зерна актуальна проблематика для тваринництва.

Збільшення темпів розвитку галузі тваринництва у рамках Програми розвитку сільського господарства спричинило збільшення обсягів виробництва комбінованих кормів [4, 5].

В основному виробництвом комбікормів займаються заводи або великі холдинги, але на даний момент фермерські, селянсько-фермерські господарства, а також приватні підприємці. Все більш популярні форми малого бізнесу, що займаються виробництвом збалансованих кормових добавок, концентратів та комбінованих повнораціонних кормів. Питання про створення машин, що дозволяють готувати комбіновані корми в невеликих обсягах, стає все більш актуальним: пов'язано це з прагненням фермерів та власників невеликих приватних підприємств скорочувати витрати на виробництво продуктів тваринництва та підвищувати віддачу від вкладень. Для всіх видів виробників сільгосппродукції велике значення має раціональний підхід до приготування та використання кормів. За можливості виробництва кормів на місцях їхнього споживання з'являється перспектива збільшення обсягів виробництва за рахунок зниження цін на корм, відсутня необхідність оплати перевезення кормів, переplatи посередникам. Також знижуються ризик виникнення дефіциту кормів, використання кормів низької

якості.

Одна з найбільш значних операцій у приготуванні комбікормів – операція подрібнення. Перед інженерами стоїть завдання щодо створення подрібнювальних машин, що дозволяють отримувати корми, які відповідають зоотехнічним вимогам, з низьким рівнем енерговитрат у процесі виготовлення.

Сьогодні найбільш поширені дробарки молоткового типу, що працюють за принципом удару «вліт». Технологія відома давно і активно використовується в багатьох країнах. Машини молоткового типу зручні, прості в застосуванні, багато з них легко піддаються ремонту.

Вивченню процесів подрібнення у дробарках молоткового типу присвячено чимало наукових праць як українських, і зарубіжних учених. Молоткові дробарки постійно вдосконалюються [6-8].

Незважаючи на всі переваги, у дробарок молоткового типу ряд суттєвих недоліків: не вирівняний гранулометричний склад при різних модулях помелу, різна кількість пилоподібної фракції; при тонкому помелі - до 30% пилоподібної фракції, а при грубому кінцевому продукті помелу - до 20% не подрібненого зерна. Переподрібнення веде до невиправданих витрат електроенергії; дробарки молоткового типу в середньому витрачають 10 - 15 кВт год на 1 т подрібненого зерна, крім того, зайва кількість борошністої фракції може призводити до захворювань травного тракту тварин.

На даному етапі розвитку техніки в галузі подрібнення кормових культур проблема створення енергоресурсозберігаючих машин, що працюють за принципом «зріз сколюванням» дозволяють отримати продукт помелу, що відповідає зоотехнічним вимогам, залишається актуальною. У зв'язку з тенденцією зменшення поголів'я худоби на приватних подвір'ях, пов'язаного з дорожнечою кормів, важливим є питання розробки малогабаритних подрібнювачів.

Такі вчені, як П.І. Леонтьєв, Н.С. Сергєєв, У.К. Сабієв, І.Б. Шагдиров, І.Я. Федоренко та ін., займалися вивченням подрібнювачів відцентрово-роторного типу, що застосовуються на виробництві. Відрізняються вони від подрібнювачів молоткового типу тим, що процес подрібнення здійснюється способом зріз сколюванням, це найбільш вигідний спосіб руйнування зернових культур, наприклад, ріпаку. Дозволяє отримати продукт помелу, що відповідає зоотехнічним вимогам, при цьому витрати енергії на подрібнення не перевищують витрати енергії порівняно із застосуванням технічних

засобів молоткового типу, призначених для подрібнення кормів [9; 10].

З вищесказаного випливає, що удосконалення робочих органів вже існуючих знарядь, взяте за основу розробки конструкторсько-технічної документації, що включає конструктивну схему відцентрово-роторного подрібнювача, що працює за принципом «зрізу сколювання», є актуальним завданням. Подрібнювач, який дозволить обробляти різні кормові культури з можливістю отримання продукту помелу із заданим гранулометричним складом та відповідного зоотехнічним вимогам, здатний вирішити низку проблем.

Дослідження та розробка нового технічного рішення виконано відповідно до наукової тематики кафедри Агроінженерії та автомобільного транспорту «Проведення комплексу досліджень по удосконаленню машинно-технологічних систем та процесів сільськогосподарського виробництва» («Carrying out a complex of researches on improvement of machine-technological systems and processes of agricultural production») Державний реєстраційний номер: 0121U110048 Дата реєстрації: 25-03-2021.

Мета дослідження. Зниження питомої енергоємності процесу подрібнення фуражного зерна та підвищення однорідності гранулометричного складу готового продукту за рахунок удосконалення основних конструктивних параметрів подрібнювача фуражного зерна.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес руйнування зерна з використанням робочих органів з ріжучими елементами криволінійної форми у подрібнювачі відцентрово-роторної дії.

Предмет дослідження. Закономірності процесу руйнування зерна у подрібнювачі відцентрово-роторної дії, що характеризують руйнування зерна способом «зріз сколюванням».

За результатами комплексу досліджень отримано результати:

1. Теоретично та експериментально встановлено: при русі зернового матеріалу по стінках наскрізних пазів робочих органів подрібнювача зернівка орієнтується довгою віссю до напрямку виходу. За рахунок цього вона нарізується на сегменти заданого розміру, які розгортаються поверхнею зрізу до площини різання другого ступеня подрібнення. Подрібнення зернівок та їх сегментів відбувається переважно за найменшим перерізом.

2. Теоретично визначено та експериментально підтверджено раціональне використання ріжучих елементів у формі циклоїди з



утворюючим колом 4,81 мм. Обґрунтовано схему подрібнювача фуражного зерна зі стінками наскрізних пазів робочих органів, виконаних у формі циклоїди.

3. Аналіз експериментальних даних показує:

а) питома енергоємність процесу подрібнення зернових культур знижується в середньому на 11,9% за рахунок підвищення продуктивності подрібнювача на 10,7%;

б) вологість подрібнюваного матеріалу істотно впливає на питому енергоємність процесу подрібнення, при зростанні вологості зернових культур споживання енергії підвищується, проте тенденція зниження енергоємності на пропонованих робочих органах зберігається;

4. Аналіз економічної ефективності використання пропонованого подрібнювача фуражного зерна показує, що за рахунок зниження експлуатаційних витрат на 5224,4 грн. витрат від застосування подрібнювача нової конструкції при подрібненні фуражного зерна проти прототипом 35956,76 грн. (у цінах 2023 р.)

### Список джерел посилання

1. Кіщак, І. Т. Пріоритетні напрями організації розвитку виробництва комбікормів / І. Т. Кіщак. – Миколаїв, 2002. – 106 с. – Режим доступу до Електронного каталогу Наукової бібліотеки ім. В. І. Вернадського: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_all/cgiirbis\\_64.exe](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_all/cgiirbis_64.exe) (дата звернення: 03.06.2020). – Назва з екрана.

2. Павловська, Л. Д. Інноваційна складова зростання ефективності кормовиробництва: монографія / Л. Д. Павловська, І. Ф. Грабчук. – Житомир: Полісся, 2012. – 313 с. – Режим доступу до Електронного каталогу Наукової бібліотеки ім. В. І. Вернадського : [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_all/cgiirbis\\_64.exe](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_all/cgiirbis_64.exe) (дата звернення: 17.06.2020). – Назва з екрана.

3. Грабчук, І. Ф. Інноваційна складова зростання ефективності кормовиробництва: автореф. дис. канд. екон. наук: 08.00.04 / Грабчук Інна Францівна; Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця, 2011. – 20 с. – Режим доступу до Електронного каталогу Наукової бібліотеки ім. В. І. Вернадського: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_all/cgiirbis\\_64.exe](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_all/cgiirbis_64.exe) (дата звернення: 17.06.2020). – Назва з екрана.

4. Кіщак, І. Т. Розвиток і підвищення ефективності кормовиробництва в Україні: автореф. дис...д-ра екон. наук: 08.00.03 / Кіщак Іван Теодорович; Миколаївський державний аграрний

університет. – Миколаїв, 2008. – 36 с. – Режим доступу до Електронного каталогу Наукової бібліотеки ім. В. І. Вернадського : [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_all/cgiirbis\\_64.exe](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_all/cgiirbis_64.exe) (дата звернення: 03.06.2020). – Назва з екрана.

5. Цвігун, І. А. Аналіз виробництва кормів в умовах формування ринкових відносин: автореф. дис. канд. екон. наук: 08.06.04 / Цвігун І. А. ; Національний аграрний університет. – Київ, 2002. – 20 с. – Режим доступу до Електронного каталогу Наукової бібліотеки ім. В. І. Вернадського : [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_all/cgiirbis\\_64.exe](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_all/cgiirbis_64.exe) (дата звернення: 05.06.2020). – Назва з екрана.

6. Кіщак, І. Т. Розвиток і підвищення ефективності кормовиробництва в Україні: дис... д-ра екон. наук: 08.00.03 / Кіщак Іван Теодорович ; Миколаївський державний аграрний університет. – Миколаїв, 2007. – 493 арк. – Режим доступу до Електронного каталогу Наукової бібліотеки ім. В. І. Вернадського : [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_all/cgiirbis\\_64.exe](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_all/cgiirbis_64.exe) (дата звернення: 03.06.2020). – Назва з екрана.

7. Бойко, Л. М. Кормовиробництво Полтавщини: стан і шляхи його розвитку / Л. М. Бойко // Економіка АПК. – 2004. – № 1. – С. 69–72. – Режим доступу до Електронного каталогу Наукової бібліотеки Київського національного торговельно-економічного університету: <http://libtomcat.knute.edu.ua/library/DocSearchResult> (дата звернення: 04.06.2020). – Назва з екрана.

8. Борщевський, П. П. Основні напрями розвитку борошномельно-круп'яної і комбікормової промисловості України / П. П. Борщевський, С. І. Князев // Хранение и переработка зерна. – 2001. – № 6 (24). – С. 7–15.

9. Волкова, С. Ф. Розвиток комбікормового виробництва як основа забезпечення продовольчої безпеки України / С. Ф. Волкова, К. О. Щербатова // Економіка харчової промисловості. – 2015. – № 2. – С. 13–17. Все для развития комбикормовой отрасли // Комбикорма. – 2010. – № 4. – С. 22–23.

10. Голобородько, С. Кормовиробництво півдня: проблеми залишаються / С. Голобородько // Агро перспектива. – 2010. – № 11 (129). – С. 24–29. – Режим доступу до Електронного каталогу Наукової бібліотеки Київського національного торговельно-економічного університету: <http://libtomcat.knute.edu.ua/library/DocSearchResult> (дата звернення: 05.06.2020). – Назва з екрана.



Наукове видання

# **ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ**

*Матеріали*

*VI Всеукраїнської науково-практичної  
Інтернет-конференції  
21-22 грудня 2023 року*

*Відповідальні за випуск: Р. М. Харак, канд. техн. наук, доцент,  
доцент кафедри механічної та електричної інженерії ПДАУ;  
Ю. Б. Скоряк, старший викладач кафедри механічної та електричної  
інженерії ПДАУ.*

*Редактор: Р. М. Харак.*

*Дизайн і верстка: Ю. Б. Скоряк.*

Адреси для листування:

36003, Україна, Полтавська обл., м. Полтава, вул. Сковороди, 1/3,  
Полтавський державний аграрний університет,  
кафедра механічної та електричної інженерії;  
e-mail: [mei@pdau.edu.ua](mailto:mei@pdau.edu.ua)

**Редакційна колегія не несе відповідальності  
за зміст представлених матеріалів**