

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

Університет імені Альдо Моро в Барі (Італія)

Варшавський політехнічний університет (Польща)

Русенський університет імені Ангела Канчева (Болгарія)

Краківський сільськогосподарський університет
імені Гуго Коллонтая (Польща)

Латвійський університет природничих наук
і технологій (Латвія)

Інститут технології та наук про життя
у Фаленці (Польща)

Естонський університет природничих наук (Естонія)

Університет природничих наук у Познані (Польща)



Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі



*Матеріали
VII Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції 03-28 листопада 2025 р.*

Запоріжжя, 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Університет імені Альдо Моро в Барі (Італія)
Варшавський політехнічний університет (Польща)
Русенський університет імені Ангела Канчева (Болгарія)
Краківський сільськогосподарський університет
імені Гуго Коллонтая (Польща)
Латвійський університет природничих наук і технологій (Латвія)
Інститут технології та наук про життя у Фаленці (Польща)
Естонський університет природничих наук (Естонія)
Університет природничих наук у Познані (Польща)

Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі

*Матеріали
VII Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції
03-28 листопада 2025 р.*

Запоріжжя
2025

УДК [631.17+62-52] (043)

Т 13

Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Запоріжжя, 03-28 листопада 2025 р.) / ТДАТУ: ред. кол., С. В. Кюрчев, В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. – 374 с.

У збірнику представлені матеріали міжнародної науково-практичної конференції за результатами досліджень щодо технічного забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі.

Збірник тез є частиною науково-дослідних тем Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі» (номер держреєстрації 0121U110251), «Підвищення ефективності технологічних процесів і обладнання харчових виробництв і переробки сільськогосподарської продукції» (номер державної реєстрації НДР 0121U110201), «Розробка електротехнологічного комплексу і технічних засобів для підвищення якості паливно-мастильних матеріалів» (номер державної реєстрації НДР 0116U002723) та «Розробка технологій та апаратів для очищення та контролю від забруднення поливної води, робочих та мастильних рідин» (номер державної реєстрації НДР 0116U002743).

Матеріали призначені для наукових співробітників, викладачів, студентів й аспірантів вищих навчальних закладів, фахівців і керівників сільськогосподарських та переробних підприємств АПК різної організаційно-правової форми, працівників державного управління, освіти та місцевого самоврядування, всіх, кого цікавить проблематика технічного забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі.

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

Редакційна колегія: *Кюрчев С.В.*, д.т.н., проф., ректор Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного; *Кюрчев В.М.*, д.т.н., проф., член-кореспондент НААН України, радник ректора ТДАТУ; *Надикто В.Т.*, д.т.н., проф., член-кореспондент НААН України, *Панченко А.І.*, д.т.н., проф., проректор з наукової роботи ТДАТУ; *Скляр О.Г.*, к.т.н., проф., зав. кафедри «Експлуатації та технічного сервісу машин»; *Кувачов В.П.*, д.т.н., проф. кафедри «Експлуатації та технічного сервісу машин», декан механіко-технологічного факультету ТДАТУ; *Журавель Д.П.*, д.т.н., проф. кафедри «Експлуатації та технічного сервісу машин» ТДАТУ; *Скляр Р.В.*, к.т.н., доц. кафедри «Обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф.Ю. Ялпачика», завідувачка відділу моніторингу якості освітньої діяльності ТДАТУ; *Ігнат'єв Є.І.*, к.т.н., ст. викл. кафедри «Експлуатації та технічного сервісу машин».

Адреси для листування:

69600, Україна, Запорізька обл., м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66

E-mail: tssapk@tsatu.edu.ua

Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/conf/>

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. СУЧАСНИЙ СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ**ВИПРОБУВАННЯ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ РІЗНИХ СПОЖИВАЧІВ19**

Тягнибіда Є. М., студент,
Єгоренко Є. В., студент,
Барсукова Г. В., к.т.н., доц.

Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми

КЛАСИФІКАЦІЯ, ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ20

Денисенко М. І.¹, к.т.н., доц.

Лісовський Л. В.¹, викл.

Дев'ятко О. С.², к.т.н., доц.

¹*ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»*

²*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ*

СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ОНОВЛЕННЯ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННІ26

Кригуль Р. Є., к.т.н.

Сиротюк С. В., к.т.н.

Станицький Т. О., старший викладач

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Дубляни, Україна

МАГНІТНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД29

Рябінін Д. С., аспірант,

Гулевський В. Б., к.т.н.,

Постол Ю. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

СУЧАСНІ АГРОІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ31

Диня В. І., к.т.н., доцент.

Стрихар М. І., асистент.

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ В СТИМУЛЯЦІЇ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ33

Довженко О. Г., магістрант,

Гулевський В. Б., к.т.н.,

Постол Ю. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

СУЧАСНІ АСПЕКТИ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	35
Тимошенко Г. А., зав. навч. лаб., Мороз К. В., зав. навч. лаб., Лисенко В. В., <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ MATLAB	38
Пенчук Є. Є., здобувач ВО, Устименко А. Ю., здобувачка ВО, Дяденчук А. Ф., к.т.н. <i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна</i>	
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ З ГІДРОМОТОРАМИ ПЛАНЕТАРНОГО ТИПУ	41
Панченко А. І. ¹ , д.т.н., Волошина А. А. ¹ , д.т.н., Ковязін О. С. ¹ , к.т.н., Панченко І. А. ¹ , асистент, Волошин А. А. ² , викладач спецдисциплін <i>¹Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.</i> <i>²ВСП «Мелітопольський коледж ТДАТУ», м. Запоріжжя, Україна</i>	
МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСЕННЯ В ПОВЕРХНЕВИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ СЕРЕДОВИЩАХ	46
Дідур В. В. ¹ , д.т.н., Журавель Д. П. ^{1,2} , д.т.н., Колесніченко І. А. ³ , аспірант, Петриченко Є. А. ¹ , к.т.н. <i>¹Уманський національний університет, м. Умань, Україна.</i> <i>²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.</i> <i>³Полтавський державний аграрний університет</i>	
РОЗРОБКА МОДЕЛІ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ З МОЖЛИВІСТЮ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇЇ ВИХІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК	49
Панченко А. І. ¹ , д.т.н., Волошина А. А. ¹ , д.т.н., Панченко І. А. ¹ , асистент, Лупинос Г. В. ¹ , аспірант, Волошин А. А. ² , викладач спецдисциплін <i>¹Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.</i> <i>²ВСП «Мелітопольський коледж ТДАТУ», м. Запоріжжя, Україна</i>	

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ РИЦИНИ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	56
Дідур В. В. ¹ , д.т.н, Журавель Д. П. ^{1,2} , д.т.н., ¹ Уманський національний університет, м. Умань, Україна. ² Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна	
ВПЛИВ ЗМІНИ ДІАМЕТРАЛЬНОГО ЗАЗОРУ НА ВИХІДНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНЕТАРНОГО ГІДРОМОТОРА	62
Панченко А. І. ¹ , д.т.н., Волошина А. А. ¹ , д.т.н., Панченко І. А. ¹ , асистент, Холод І. М. ¹ , асистент, Волошин А. А. ² , викл. спецдисциплін ¹ Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна. ² ВСП «Мелітопольський коледж ТДАТУ», м. Запоріжжя, Україна	
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ У СИСТЕМАХ ЗРОШЕННЯ	67
Зможенко А. О., магістрант, Гулевський В. Б., к.т.н., Постол Ю. О., к.т.н. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна	
СВІТОВІ ТА ВІТЧИЗНЯНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ	70
Покотилюк М. М., здобувач ВО, Горач О. О., д.т.н. Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна	
ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР	74
Валюх Р. В., здобувач СВО «Бакалавр», Сіренко Ю. В. PhD, доц., Горовий М. В., ст. вик., Калнагуз О. М. ст. викл., Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна	
ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ	78
Водолазький Д. І., здобувач СВО «Бакалавр», Горовий М. В., ст. викл., Калнагуз О. М. ст. викл., Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна	

ПЕРЕДПОСІВНА ПІДГОТОВКА ҐРУНТУ ПІД КУКУРУДЗУ В АГРОПІДПРИЄМСТВАХ СУМЩИНИ	81
Сікорський А. М., здобувач СВО «Бакалавр», Горовий М. В., ст. викл., Калнагуз О. М. ст. викл., <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
ПІДГОТОВКА ҐРУНТУ ПІД ПОСІВ КУКУРУДЗИ	84
Балюра Є. О., здобувач СВО «Бакалавр», Горовий М. В., ст. викл., Калнагуз О. М. ст. викл., Сіренко Ю. В. PhD, доц., <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
АНАЛІЗ ОПЕРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР (ПШЕНИЦЯ).....	88
Прикота А. І., здобувач СВО «Бакалавр»; Горовий М. В., ст. викл., Калнагуз О. М., ст. викл., Сіренко Ю. В. PhD, доц., <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
ТЕНДЕНЦІ РОЗВИТКУ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ.....	91
Леоненко Д. О., здобувачі СВО «Бакалавр»; Несвідомін А. В., здобувач СВО «Бакалавр», Горовий М. В., ст. викл., Калнагуз О. М., ст. викл., Сіренко Ю. В. PhD, доц., <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ТА СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	95
Линник Р. Ю., здобувач магістратури, Савойський О. Ю., к.т.н., доцент <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
РОЗРОБКА ТЕСТЕРА ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК V.3.0.....	97
Алієв Е. Б., д.т.н., Носенко Є. О., аспірант <i>Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна</i>	
ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КОМПЕНСАЦІЇ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	100
Линник Р. Ю., здобувач магістратури, Савойський О. Ю., к.т.н., доц. <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І МЕТОДИ В ТЕХНІЧНІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОПАРКІВ ПІДПРИЄМСТВ	103
Тащенко О. В., старший викладач <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	

- ВПЛИВ ВИХРОВОГО ШУМУ НА ВТРАТИ В РОБОЧОМУ КОЛЕСІ
ВІДЦЕНТРОВОГО РАДІАЛЬНОГО ВЕНТИЛЯТОРА106**
Мельник В. І.¹, д.т.н., проф.,
Зеленський А. П.¹, д-р філософії,
Зеленський О. П.¹, д-р філософії,
Зеленська М. А.², здобувач СВО магістр
¹Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
²Університет Марії Кюрі-Склодовської, м. Люблін, Польща
- ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬГІНАТУ НАТРІЮ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ТА ЯКОСТІ СВІЖОНАРИЗАНИХ
ФРУКТІВ110**
Заморська І. Л., д.т.н.,
Петришин Д. С., здобувач PhD,
Уманський національний університет, м. Умань, Україна
- ЕНЕРГЕТИЧНА ЗАЛЕЖНІСТЬ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ
ВІД ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО113**
Скляр О. Г., к.т.н.,
Кюрчев В. М., д.т.н.,
Голубєв Р. М., аспірант
Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
- СТАН ТА СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ
В УМОВАХ ВОЄННИХ ВИКЛИКІВ117**
Латоша В. В.
Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
- ANALYSIS AND JUSTIFICATION OF THE DESIGN IMPLEMENTATION
OF THE WORKING UNIT OF A PULSATION HOMOGENIZER120**
Palianychka Nadiia, PhD., Assoc. Prof.,
Kovalyov Alexandr, PhD., Sen. Lect.,
Chervotkina Oleksandra, Assist.
Dmytro Motorni Tavsia State Agrotechnological University, Zaporizhzhia,
Ukraine
- ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL У ВИРОЩУВАННІ
КУКУРУДЗИ В АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ ЗАХІДНОЇ
УКРАЇНИ124**
Ліннік А. Ю., к.т.н.,
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і
природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»,
м. Бережани, Україна

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ТОЧНОГО
ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ127**

Olt Jüri¹, проф.,
Ігнат'єв Євген², к.т.н.,
Снитко М. В.²

¹*Estonian University of Life Sciences*

²*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного*

**ДИНАМІКА ВЕСНЯНИХ ЗАПАСІВ ПРОДУКТИВНОЇ ВОЛОГИ ЗА
РІЗНИХ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ЧОРНОЗЕМУ130**

Pascuzzi Simone¹, проф.,
Ігнат'єв Є. І.², к.т.н.,
Іванов С. В.²

¹*University of Bari Aldo Moro*

²*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного*

**ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ КРУГЛИХ КОРЕНЕПЛОДІВ СТОЛОВОГО
БУРЯКА У СПІРАЛЬНОМУ ВІБРАЦІЙНОМУ ОЧИСНИКУ133**

Adolfs Rucins¹, д.т.н.,
Ігнат'єв Євген², к.т.н.,
Снитко М. В.²

¹*Latvia University of Life Sciences and Technologies*

²*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного*

**СУЧАСНІ МЕТОДИ, ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ
КОНТРОЛЮ НАВАНТАЖЕНЬ МАШИН І АГРЕГАТІВ136**

Артьомов М. П., д.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОЛІЙНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ138

Ковальов О. О., к.т.н., ст. викл.,
Паляничка Н. О. к.т.н., доц.,
Новіков С., здобувач СВО «Бакалавр»

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

**СЕКЦІЯ 2. ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ВИРОБНИЦТВА ТА ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА ТА
ТВАРИННИЦТВА**

ДО СТРУКТУРИ СИСТЕМИ З ВИРОБНИЦТВА БОРОШНА143

Гапоненко О. В., студент,
Барсукова Г. В., к.т.н., доц.

Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми, Україна

- ОПТИМІЗАЦІЯ ЯКОСТІ ТА ПОЖИВНОЇ ЦІННОСТІ ЗЕРНА СОЇ ШЛЯХОМ ІЧ-МІКРОНІЗАЦІЇ**145
Коробко А. А., PhD, ст. викл.
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
- ПРИНЦИП РОБОТИ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ КЕРУВАННЯ ЗЕРНООЧИСНОЮ УСТАНОВКОЮ**148
Гапоненко О. В., студент,
Барсукова Г. В., к.т.н., доцент
Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми, Україна
- ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО МЕХАНІЗОВАНОГО ПРИГОТУВАННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У МАЛИХ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ**150
Кувачов В. П., д.т.н.,
Петров Г. А., к.т.н.,
Інува С.А., аспірант.
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
- РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНОЇ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ**157
Біловод О. І.¹, здоб. СВО «Магістр»,
Попов С. В.², к.т.н., доц.,
Скоряк Ю. Б.², ст. викл.,
¹*Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна*
²*Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна*
- ТРИБОЕЛЕКТРОФІЛЬТР ДЛЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ПИЛООЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ**160
Кузнецов С. І., к.т.н.
Салєба Л. В., к.т.н.
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна
- КОЛІЙНА СИСТЕМА ЗЕМЛЕРОБСТВА ЯК ТЕХНОЛОГІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АГРОВИРОБНИЦТВА**165
Кувачов В.П., д.т.н.,
Дружич В.М., аспірант,
Шевченко С.О., аспірант,
Зеленов К.О., аспірант
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
- СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ СТВОРЕННЯ НАПОЇВ НА ОСНОВІ ЯГІД І ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН**170
Зубкова К. В., к.т.н., доц.
Стоянова О. В., к.т.н., доц.
Победря К. С., здобувач ОКР «Магістр»
Стельмашенко І. В., здобувач ОКР «Бакалавр»
Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький, Україна

МЕХАНІКО-РЕОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ПОВЕДІНКИ КОРМОВИХ МАТЕРІАЛІВ У ПРОЦЕСІ ЗМІШУВАННЯ	172
Купчук І. М., к.т.н., доц. <i>Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна</i>	
АКТУАЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ФЕНОТИПУВАННЯ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ	178
Черній О. А., ст. викл., здоб. НС доктора філософії <i>Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м.Дніпро, Україна</i>	
ЗАСТОСУВАННЯ ДЕРЕВА ВІДМОВ ПРИ АНАЛІЗІ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ	184
Дідур В. В. ¹ , д.т.н., Василишина О. В. ¹ , д.с.-г.н., Білокін Я. В. ² , аспірант ¹ <i>Уманський національний університет, м. Умань, Україна</i> ² <i>Полтавський державний аграрний університет, Полтава, Україна</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЦЕПТУРИ ДЖЕМУ З ЖУРАВЛИНИ	186
Бондарчук М. І., здобувач ОКР «Магістр» Стоянова О. В., к.т.н., доц. Зубкова К. В., к.т.н., доц. <i>Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький, Україна</i>	
АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ПІДГОТОВКИ, ВИРОБНИЦТВА І ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ МАЛОПОШИРЕНИХ (НІШЕВИХ) ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР	188
Алієв Е. Б., д.т.н., <i>Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна</i>	
АСПЕКТИ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАСОБУ ЛАБОРАТОРНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ОЛІЙНОЇ/ЗЕРНОВОЇ ДОМІШКИ	191
Мельник С. М, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня ВО <i>Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна</i>	
РОЛЬ І РОЗВИТОК СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН У СУЧАСНОМУ АГРОВИРОБНИЦТВІ	198
Гримайло В. В., здобувач СВО «Бакалавр», Горовий М. В., ст. викл., Калнагуз О. М. ст. викл., Сіренко Ю. В. PhD, доц., <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБИРАННЯ ТА ПІСЛЯЗБИРАЛЬНА ОБРОБКА ЗЕРНОВИХ В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА	201
Шабло І. А., здобувач СВО «Бакалавр», Сіренко Ю. В. PhD, доц., Горовий М. В., ст. викл., Калнагуз О. М. ст. викл., <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ	204
Легеза К. О., здобувач СВО «Бакалавр», Горовий М. В., ст. викл., Калнагуз О. М. ст. викл., <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
TECHNICAL SUPPORT FOR COLD-PRESSED OIL PRODUCTION	207
Sinko L. O., Higher Education Student, Horach O. O., Doctor of Technical Sciences <i>Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine</i>	
ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ЦІЛЬНОЗЕРНОВОГО БОРОШНА В ХЛІБОПЕЧЕННІ	211
Гринчук Д. О., здобувач ВО, Горач О. О., д.т.н. <i>Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна</i>	
ГРАНУЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ ПОГЛИБЛЕНОЇ ПЕРЕРОБКИ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПЛЮДООВОЧЕВИХ РЕСУРСІВ	216
Кузіна А., здобувач ВО, Прокопенко О.П., асист., Червоткіна О.О., асист. <i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна</i>	
ГРАНУЛЮВАННЯ ОВОЧІВ І ФРУКТІВ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	218
Зоц Д. В., здобувач ВО, Червоткіна О. О., асист., Прокопенко О. П., асист. <i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Україна</i>	
ПРОБЛЕМАТИКА УТИЛІЗАЦІЇ РІЗНИХ ВИДІВ ПАКУВАЛЬНОЇ ТАРИ ТА УПАКОВКИ ТА МОЖЛИВІ РІШЕННЯ	221
Ковальов О. О., к.т.н.,ст.викл., Паляничка Н. О. к.т.н., доц., Кочкіна Д., здобувачка СВО «Бакалавр» <i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна</i>	

АНАЛІЗ ХАРЧУВАННЯ СТАРОДАВНЬОГО СУСПІЛЬСТВА	224
Вогнивенко Л. П., к.с-г.н., доц. Потась О. А., здобувач ВО 1 курсу <i>ХДАСУ, м. Херсон, Україна</i>	
НОМОGENIZATION AND STABILITY OF MILK EMULSION	229
Kovalov Alexandr, PhD., Sen. Lect; Samoichuk Kyrylo, D.Eng., Prof; Palianychka Nadiia, PhD., Assoc. Prof <i>Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВОРОТКОСТІ ТРИМАШИННОГО ПОСІВНОГО МАШИНО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ	231
Жокін І. О., аспірант, Надикто В. Т., д.т.н., <i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна</i>	
СЕКЦІЯ 3. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АПК	
ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ З МАШИНИМ ЗОРОМ ДЛЯ ІНСПЕКЦІЇ В АПК	235
Басруков Р. С. ¹ , студ., Белік М. Р. ² , студ. ¹ <i>Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна</i> ² <i>Сумський державний університет, м. Суми, Україна</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНДУСТРІЇ 4.0 У ХАРЧОВУ ПРОМИСЛОВІСТЬ	237
Дзюндзя О. В., к.т.н. <i>Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон (м. Кропивницький), Україна</i>	
СЕКЦІЯ 4. НОВАЦІЇ У ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ	
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ МИЙКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	240
Сапарова А., студент, Юрченко О. Ю., PhD, доц. <i>Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми</i>	
СТРУКТУРА ЩИТА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПІДЙОМНИМ МЕХАНІЗМОМ	242
Юрченко О. Ю., PhD, доц. <i>Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми</i>	
АВТОМАТИЗАЦІЯ МИЙКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	245
Сапарова А., студент, Юрченко О. Ю., PhD, доц. <i>Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми</i>	

ВИКОНАННЯ ПРОВІДКИ ДЛЯ ПЕРЕСУВНОГО ТА СТАЦІОНАРНОГО ОБЛАДНАННЯ	247
Юрченко О. Ю., PhD, доц. <i>Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми</i>	
ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ УДАРНИХ ПОДРІБНЮВАЧІВ – ДРОБАРІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ РОЗСИПНИХ КОРМОСУМІШЕЙ У ТВАРИННИЦТВІ	249
Денисенко М. І. ¹ , к.т.н., доц. Лісовський Л. В. ¹ , викл. Дев'ятко О. С. ² , к.т.н., доц. ¹ <i>ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»</i> ² <i>Національний університет біоресурсів і природокористування України, м.Київ</i>	
ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ГАЛЬМІВНОГОБМЕХАНІЗМУ MANDO	253
Попов С. В., к.т.н., доц., Кеда Д. Ю., здобувач СВО «Магістр», <i>Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава</i>	
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН МОЛОТКОВОГО ТИПУ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ	256
Денисенко М. І. ¹ , к.т.н., доц. Лісовський Л. В. ¹ , викл. Дев'ятко О. С. ² , к.т.н., доц. ¹ <i>ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»</i> ² <i>Національний університет біоресурсів і природокористування України, м.Київ</i>	
АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОКОНДИЦІОНЕРІВ В УМОВАХ ФОП МАЛИНА О.О.....	260
Шишкін Д. Е., здобувач магістратури, Басркуова Г. В., к.т.н., доц., <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
ОБҐРУНТУВАННЯМ СХЕМИ ТРАНСМІСІЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ СИСТЕМИ МОСТОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА	262
Теслюк Г. В., к.т.н., доц. Клименко О. В., асист. Слаквa С. О., асист. <i>Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна</i>	
ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОКОНДИЦІОНЕРІВ В УМОВАХ ФОП МАЛИНА О.О.....	264
Шишкін Д.Е., здобувач магістратури, Басркуова Г.В., к.т.н., доц., <i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	

ВПЛИВ ВИХРОВОГО ШУМУ НА ВТРАТИ В РОБОЧОМУ КОЛЕСІ ВІДЦЕНТРОВОГО РАДІАЛЬНОГО ВЕНТИЛЯТОРА	266
Мельник В. І., д.т.н., проф., Зеленський О. П. д-р філософії Зеленський А. П. д-р філософії <i>Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна</i>	
ПЕРІОДИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ РОБОЧИХ МАШИН З ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ	270
Вовк О. Ю., к.т.н. <i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна</i>	
АНАЛІЗ РОБОТИ ПНЕВМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ СІВАЛКИ З КОНСТРУКЦІЙНИМИ ЗМІНАМИ	274
Мельник В. І. ¹ , д.т.н., проф., Зеленський А. П. ¹ , д-р філософії (механічна інженерія), Зеленський О. П. ¹ , д-р філософії (механічна інженерія), Зеленська М. А. ² , здобувач СВО магістр ¹ <i>Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,</i> ² <i>Університет Марії Кюрі-Склодовської, м. Люблін, Польща</i>	
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ	277
Куликівський В. Л., к.т.н., доц., Боровський В. М., ст. викл. <i>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна</i>	
LUBRICANTS FOR THE MAIN COMPONENTS OF PELLET PRESSES	281
Komar A. S., engineer Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine	
RESEARCH INTO THE INFLUENCE OF MECHANICAL LOSSES IN THE PLUNGER PAIR ON THE PERFORMANCE OF THE HYDRAULIC DRIVE	283
Viunyk O., Eng. Komar A. S., Eng. Dyachenko I., student <i>Dmytro Motornyi Tavrija State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine</i>	
SELECTION OF OPTIMIZATION CRITERIA AND FACTORS AFFECTING THE CLEANING PROCESS OF REPAIR OBJECTS	288
Dashyvets H., Ph.D. Eng. Garbut D., student <i>Dmytro Motornyi Tavrija State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine</i>	

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE NATURE AND DYNAMICS OF WEAR OF PLUNGER PAIR PARTS291

Viunyk O., Eng.

Kovshar A., student

*Dmytro Motornyi Tavrija State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine***ANALYSIS OF SYSTEMS FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF WORKPLACES IN A SERVICE ENTERPRISE294**

Dashyvets H., Ph.D. Eng.

Dyachenko V., student

*Dmytro Motornyi Tavrija State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine***INTERRELATIONSHIP BETWEEN THE CLEARANCE IN THE “BUSHING-PLUNGER BLOCK” COMBINATION AND WORKING FLUID LEAKS297**

Viunyk O., Eng.

Lysenko D., student

*Dmytro Motornyi Tavrija State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine***METHOD OF CONSUMPTION IN SPARE PARTS FOR MACHINE REPAIR301**

Dashyvets H., Ph.D., Eng.

Komar A. S., Eng.

*Dmytro Motornyi Tavrija State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine***СЕКЦІЯ 5. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В ТЕХНОЛОГІЯХ АПК, ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ****ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ: ЕКОЛОГІЧНИЙ І РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ АСПЕКТ.....305**

Квашук О. В., викл., викл.-метод.,

*ВСП «Уманський фаховий коледж технологій та бізнесу» УНУ, м. Умань, Україна***МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ АГРОПІДПРИЄМСТВ У МАТЛАВ.....308**

Дяденчук А. Ф., к.т.н.,

Філіпович Є. В., магістрант

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

ВПЛИВ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ НА СТАН АГРОЕКОСИСТЕМИ	311
Диня В. І. ¹ , к.т.н., доц. Диня У. Я. ² , спеціалістка циклової комісії інженерних та аграрних дисциплін ¹ Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна ² ВСП Бережанський фаховий коледж НУБіП України, м. Бережани, Україна	
ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПЛЕКСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЙ	314
Окушко О. В. ¹ , к.т.н., Ковтун П. М. ² , викл., ¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна ² ВСП НУБіП України «Немішаєвський агротехнічний коледж», с.м.т. Немішаєво, Київська обл., Україна	
АЛЬТЕРНАТИВНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	317
Тимошенко Г. А., зав. навч. лаб., Мороз К. В., зав. навч. лаб., Лисенко В. В., Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна	
АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ СОНЯЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ	319
Моргун В. В., здобувач ВО, Басркуова Г. В., к.т.н., доц., Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна	
РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ШЛЯХОМ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕГРОВАНІХ ПРОЄКТІВ З ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ	321
Бабич М. І., к.т.н. Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна	
РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ ПРИ КОРИСТУВАННІ СОНЯЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ	324
Моргун В. В., здобувач ВО, Басркуова Г. В., к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна	
ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ДЕРИВАЦІЙНИХ СПОРУД ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	326
Бабич М. І., к.т.н. Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна	

КОМПЕНСУЮЧІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ	329
Попова І. О., к.т.н., Чаусов С. В., к.т.н., <i>Таврійська державна агротехнічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна</i>	
ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ У РОБОТУ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ	334
Скляр Р. В., к.т.н., Акулов В. Д., аспірант <i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна</i>	
ВПЛИВ ПРОВАЛІВ НАПРУГИ МЕРЕЖІ НА ШВИДКІСТЬ ВИТРАТИ РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІЇ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ	337
Вовк О. Ю., к.т.н. <i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна</i>	
БАГАТОШАРОВІ ЗАХИСНІ КОНСТРУКЦІЇ БІОГАЗОВИХ РЕАКТОРІВ.....	341
Скляр О. Г., к.т.н., Скляр Р. В., к.т.н. <i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна</i>	
ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ АПК	347
Болтянський Б. В. ¹ , к.т.н., Сиротюк С. В. ² , к.т.н., Болтянський О. Б. ¹ , асист. ¹ <i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна</i> ² <i>Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, м. Дубляни, Україна</i>	
АНАЛІЗ БАРБОТАЖНИХ СИСТЕМ У БІОГАЗОВИХ УСТАНОВКАХ..	351
Скляр Р. В., к.т.н., Жмак С. С., магістрант <i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна</i>	
ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ УТРИМАННЯ ТВАРИН	355
Дереза О. О., к.т.н. Дереза С. В., ст. викл. <i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна</i>	

**АНАЛІЗ МАТЕРІАЛЬНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ЗБИТКІВ ВІД
РУЙНУВАННЯ ДАМБИ КАХОВСЬКОЇ ГЕС361**

Ковальов О. О., к.т.н.,ст.викл.,
Крестов В. Г., асист.,
Новіков С., здобувач СВО «Бакалавр»
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

ВИКОРИСТАННЯ ПІДСТИЛКИ НА МОЛОЧНОТОВАРНІЙ ФЕРМІ ...364

Дереза С. В., інж.
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

СЕКЦІЯ 6. ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ АПК

**ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ДЛЯ
АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ.....370**

Дереза О. О., к.т.н.
Водяницький І. О., аспірант
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

СЕКЦІЯ 1. СУЧАСНИЙ СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

УДК 621.3

ВИПРОБУВАННЯ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ РІЗНИХ СПОЖИВАЧІВ

Тягнибіда Є. М., студент,
Єгоренко Є. В., студент,
Барсукова Г. В., к.т.н., доц.

Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми

Постановка проблеми. З метою керування витратами електричної енергії необхідність використання засобів обліку є важливим питанням. Для кожного зі споживачів електричної енергії засоби обліку можуть відрізнятися. Стосується це також і тарифів, за якими відбувається оплата за використану електричну енергію.

Функціонування лічильників електричної енергії залежить від багатьох факторів. Серед таких факторів:

- номінальний струм;
- номінальна напруга;
- кількість полюсів;
- клас точності і т.п.

З метою якісного виконання поставлених функцій дане устаткування повинно підлягати періодичним випробуванням, огляду та діагностиці. Зокрема, серед сучасного обладнання, що використовується з цією метою, наявними є різні стенди з діагностики.

Основні матеріали дослідження. Випробувальні стенди для лічильників електричної енергії спрямовані на:

- перевірку лічильників електроенергії однофазних та трифазних;
- вимірювання напруги змінного струму;
- вимірювання сили змінного струму;
- вимірювання коефіцієнту потужності;
- вимірювання частоти змінного струму;
- вимірювання активної/реактивної електричної

потужності/енергії як за прямого, так і за зворотного напрямку змінного струму для реактивної електричної енергії в змінного струму.

Облік електричної енергії є невід'ємною частиною функціонування установ, що працюють на забезпечення населення необхідною кількістю електричної енергії. Під поняттям необхідної кількості електричної енергії мається на увазі, у тому числі, і її якість.

Експлуатація лічильників електричної енергії може бути допустимою з виконанням ряду факторів. Одним із таких факторів є



Рис. 1. Випробування лічильників електричної енергії на стенді

відповідність лічильника параметрам електричної мережі. Якщо вести мову про них, то це не лише, струмові характеристики, напруга, частота, кількість плюсів тощо. Це, одночасно, і режими навантаження, різні тарифи, для прикладу, день та ніч і т.п.

Шляхом співставлення отриманих показників на еталонних пристроях випробувального стенду з показниками лічильників, які випробовуються, є можливість визначення придатності лічильника до використання або його недопущення до роботи.

Висновки. Таким чином, калібрування лічильників електричної енергії, їх повірка та визначення придатності до встановлення є важливим і одним з ключових елементів в функціонуванні енергосистеми.

УДК 330.341.1:631.11

КЛАСИФІКАЦІЯ, ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

Денисенко М. І.¹, к.т.н., доц.

Лісовський Л. В.¹, викл.

Дев'ятко О. С.², к.т.н., доц.

¹ВСП «Немішайвський фаховий коледж НУБіП України», Україна

²Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Постановка проблеми. Необхідність модернізації агропромислового комплексу України обумовлена вступом нашої держави у Світову організацію торгівлі (СОТ). Системні проблеми, що існували в аграрному секторі, ускладнилися. Зокрема, розміри отриманого доходу не достатній для заміщення витрат виробництва, збереження земель та соціального розвитку села. Показники виробництва сільськогосподарської продукції у закордонних країнах – членів СОТ, перевищують аналогічні вітчизняні показники.

Державна підтримка аграрного сектору у розвинутих країнах світу є важливим напрямком їх економічної політики. Важливими стратегічними напрямками розвитку сільського господарства і всього агропромислового комплексу є науково-дослідний прогрес та інноваційні процеси, що дозволяють вести безперервне оновлення виробництва на основі освоєння досягнень науки і техніки. Категорія «інновація» була введена одним із видатних американських вчених Й.Шумпетером [1].

Впровадження інноваційних технологій в процеси виробництва за державної підтримки сприяє динамічному та конкурентному розвитку АПК України, залученню молодого покоління спеціалістів, кваліфікованих кадрів в сільську місцевість, у комфортні умови проживання на високотехнологічних посадах.

Основні матеріали дослідження. За предметом і сферою використання інновацій в АПК вважається доцільним виділити чотири їх типи: селекційно-генетичні, техніко-технологічні і виробничі, організаційно-керовані та економічні, соціально-екологічні (табл.. 1). Б.Санто [2] запропонував інше формулювання визначення інновація

Метою досліджень є дослідження та розробка класифікації інновацій в агропромисловому комплексі України.

Виклад основного матеріалу. В загальному випадку інновації поділяються на дві основні складові: технологічні (характеристика інтенсивності розвитку виробництва) і не технологічні (організаційні, управлінські, правові, екологічні та інші характеристики). За типами ознак вся різноманітність інновацій класифікується наступним чином.

За ступенем новизни: радикальні (базисні) інновації, котрі реалізують відкриття, крупні винаходи і стають основою формування нових поколінь і напрямків розвитку техніки і технології;

покращуючи інновації, які реалізують середні винаходи;

модифікаційні інновації (псевдоінновації), спрямовані на часткове покращення застарілих поколінь техніки і технології, організації виробництва.

Таблиця 1

Класифікація інновацій в агропромисловому комплексі

Селекційно-генетичні	Техніко-технологічні і виробничі	Організаційно-керівні і економічні	Соціальні і екологічні
<p>Нові сорти і гібриди сільськогосподарських рослин. Нові породи, типи тварин і кроси птахів. Виведення рослин і тварин, стійких до хвороб і шкідників, негативним факторам зовнішнього середовища</p>	<p>Розробка та використання нової техніки. Нові технології вирощування сільськогосподарських культур. Нові індустріальні технології у тваринництві. Науково обґрунтовані системи землеробства і тваринництва. Нові форми технічного обслуговування та забезпечення ресурсами АПК. Нові добрива та їх системи. Нові засоби захисту рослин. Біологізація і екологізація землеробства. Нові ресурсозберігаючі технології виробництва і зберігання харчових продуктів, спрямовані на підвищення споживчої цінності продуктів харчування</p>	<p>Розвиток кооперації і формування інтегрованих структур в АПК. Нові форми організації і мотивації праці. Нові форми організації і управління в АПК. Маркетинг інновацій. Створення інноваційно-консультаційних систем у сфері науково-технічної та інноваційної діяльності. Концепції, методи розробки рішень. Форми і механізми інноваційного розвитку</p>	<p>Формування системи кадрів науково-технічного забезпечення АПК. Покращення умов праці, вирішення проблем охорони здоров'я, освіти і культури працівників в села. Оздоровлення і покращення якості зовнішнього середовища. Забезпечення сприятливих екологічних умов для життя, праці і відпочинку населення</p>

За об'єктом використання: продуктивні інновації, орієнтовані на виробництво та використання нових продуктів (послуг) або нових матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих;

ринкові інновації, які відкривають нові сфери використання продуктів та дозволяють реалізувати потреби у продуктах, послугах на нових ринках;

технологічні інновації, спрямовані на створення та використання нової технології;

процесні інновації, спрямовані на створення і функціонування нових організаційних структур як всередині підприємства, так і на міжфірмовому рівні;

соціальні інновації, спрямовані на побудову і функціонування нових соціальних структур;

комплексні інновації, які являють собою поєднання різних інновацій.

За масштабами використання: галузеві, міжгалузеві, регіональні, в межах підприємства (фірми).

За масштабами розповсюдження: інновації, що стали основою для нової підгалузі, яка виготовляє однорідний продукт;

інновації, котрі використовуються у всіх галузях.

За видом новизни: технології, матеріали, речовини, технічні рушення.

За джерелом: відкриття, винахід, ноу-хау, покращуючі пропозиції.

За причиною виникнення: реактивні (адаптивні) інновації, що забезпечують виживання підприємств, як реакція на нововведення, які здійснюються конкурентами;

стратегічні інновації, реалізація яких має попереджувальний характер з метою отримання конкурентних переваг у перспективі.

За направленістю впливу: розширюючи, спрямовані на більш глибоке проникнення у різні галузі і ринки, що вже мають базисні інновації;

раціоналізовані (видозмінні);

заміщуючі, призначені для заміни одних (старих) продуктів або технологій іншими (новими), котрі засновані на виконанні тих же функцій.

Дослідження, виробництво і споживання – основні базові складові структури інноваційного процесу. Інноваційний процес починається з перспективної ідеї та закінчується отриманням прибутку від її реалізації (рис.1).

За ефективністю: економічні, соціальні, екологічні, інтегральні.

За роллю у відтворенні процесу: споживчі, інвестиційні.

За ступенем складності: складні (синтетичні), прості.

За характером задоволення потреб: орієнтовані на існуючі потреби, створюють нові потреби.

За місцем у системі: на вході підприємства: зміни у виборі та використання обладнання, сировини або інформації;

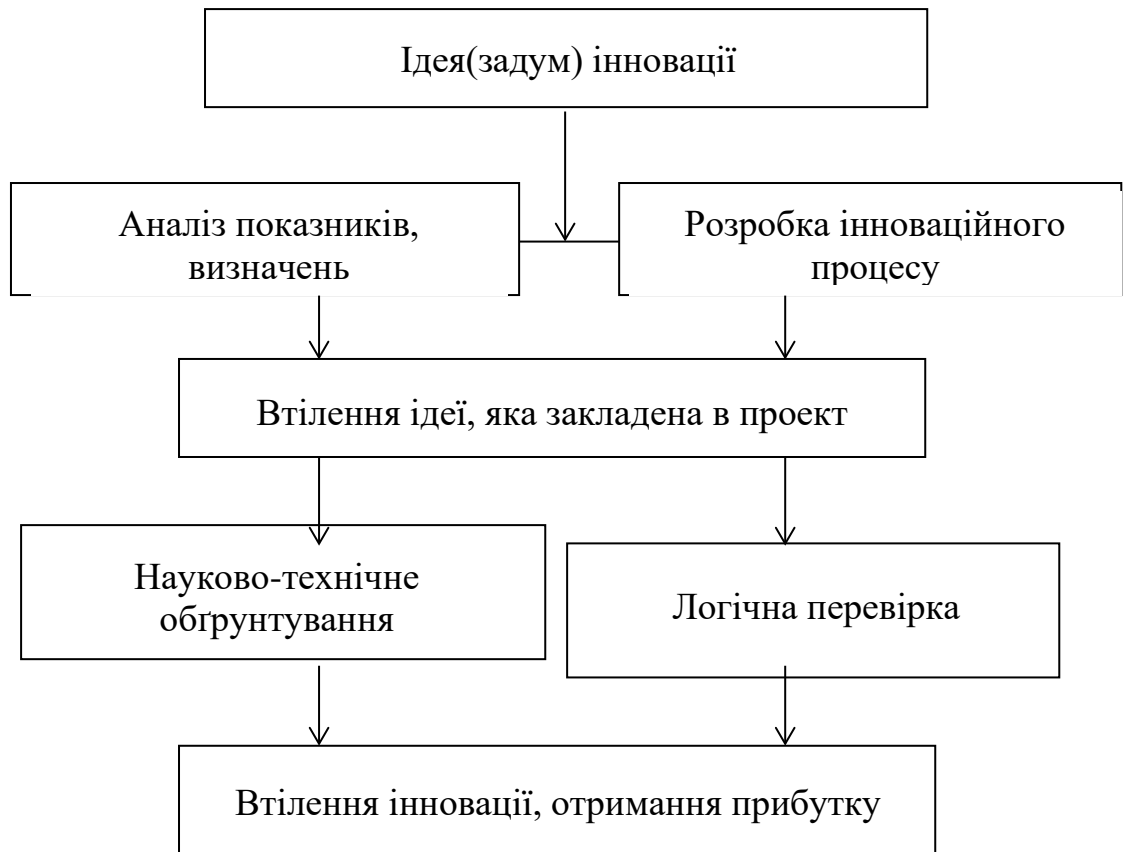


Рис. 1. Логічна схема інноваційного процесу

на виході підприємства: продукти або технології;

у структурі підприємства: технологічні, виробничі і управлінські.

Механізм реалізації інновацій передбачає оцінку ступені радикальності новизни, проведення експертизи інновації, яка використовується багатократно, на можливість її морального, економічного та технологічного старіння.

Функціональна спрямованість інноваційної діяльності орієнтована на прискорене доведення результатів інтелектуальної праці до рівня, придатного до реалізації їх в якості товару на ринку у вигляді конкретних технологій, процесів, агрегатів, послуг, ліцензій та іншої продукції. Інноваційний процес охоплює весь ланцюг від ідеї до сфери споживання: «наука – техніка – виробництво – споживання», де ринок чинить вирішальний вплив не тільки на збут, але і на науково-технічний розвиток. Життєвий цикл інновацій і масштаб їх розповсюдження представлений на рис.2.

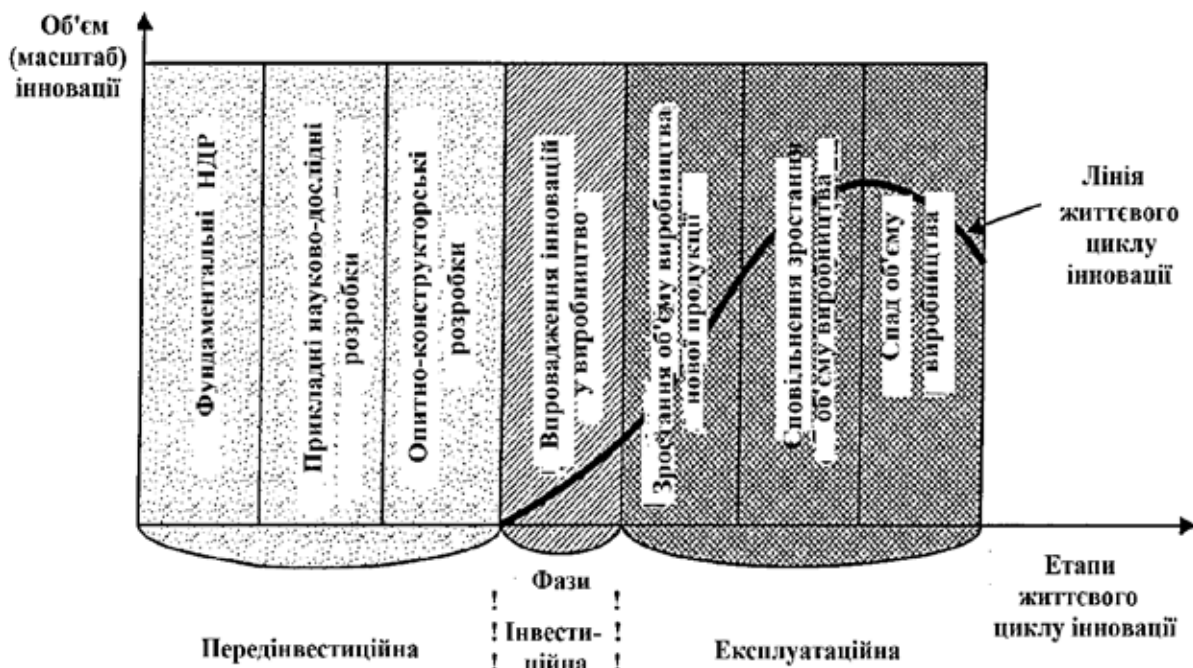


Рис. 2. Життєвий цикл інновацій

Найбільший вплив на інноваційний процес в АПК - це низький рівень платіжної здатності на науково-технічну продукцію. Відсутність у більшості сільськогосподарських підприємств власних грошових заощаджень, яке супроводжується обмеженістю бюджетних джерел фінансування, і практична неможливість отримати на інновації займані кошти не дозволяють їм займатися освоєнням нових технологій.

Одна із особливостей аграрного сектору полягає в тому, що поряд з промисловими засобами виробництва активну участь у відтворенні технологічного процесу приймають живі організми – тварини і рослини. Розвиток їх підпорядкований дії природних законів і залежить від таких факторів, як клімат, погодні умови, тепло, волога, світло.

Розширене відтворення у сільському господарстві відбувається у взаємодії економічних і звичайно біологічних процесів. Тому при управлінні інноваціями треба враховувати вимоги не тільки економічних законів, але й законів природи: рівнозначності, незамінності та сукупності життєвих факторів, законів мінімуму, оптимуму і максимуму.

Комплексний характер інновацій в АПК пред'являє специфічні вимоги до інноваційного механізму (нормативно-правовій базі інноваційного розвитку, організації і управлінню, інноваційному маркетингу, розвитку інноваційної структури).

Висновки: 1. У сучасній економіці роль інновацій значно зростає. Без використання інновацій неможливо створити конкурентоздатну продукцію, що має високу ступінь наукоємності і новизни. **2.** Інновації відносно АПК – це нові технології, нова техніка, нові сорти рослин, нові породи тварин, нові методи профілактики і лікування тварин, нові

форми організації і фінансування виробництва.

УДК 697.95

СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ОНОВЛЕННЯ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННІ

Кригуль Р. Є., к.т.н.

Сиротюк С. В., к.т.н.

Станицький Т. О., старший викладач

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Дубляни, Україна

Постановка проблеми. Існує низка основних показників, які визначають якість повітряного середовища: вміст у повітрі кисню та вуглекислого газу; вміст у повітрі шкідливих речовин та пилу; запахи; вологість повітря; температура повітря; рухомість повітря.

Питання теорії вентиляції та повітрообміну розглядають у своїх працях П.Л. Зінич, С.С. Жуковський, О.Т. Возняк. Проаналізувавши дослідження, здійснивши огляд публікацій, що стосуються цього питання, можна зробити висновок: для вдосконалення наявних і створення нових проектів вентиляції та повітрообміну в приміщенні потрібні адекватні методи й моделі, які б уможливили обґрунтування системних показників [1 – 4].

Основні матеріали дослідження. Система вентиляції повинна створювати в приміщенні повітряне середовище, яке задовольняє встановлені гігієнічні норми й технологічні вимоги за такими показниками: *вміст у повітрі кисню та вуглекислого газу* (зменшення вмісту кисню та збільшення вуглекислого газу викликають задуху); *вміст у повітрі шкідливих речовин та пилу* (підвищена концентрація пилу, тютюнового диму та інших речовин негативно впливає на організм людини і може сприяти розвитку різноманітних легеневих захворювань); *запахи* (неприємні запахи створюють дискомфорт або подразнюють нервову систему); *вологість повітря* (підвищена або понижена вологість викликає неприємні відчуття, а в людей із захворюваннями дихальних шляхів, шкіри може спричинити загострення захворювань); *температура повітря* (у приміщенні комфортною для людини вважається температура 19 – 21 °С, підвищення або зменшення цього показника впливає на фізичну та розумову активність, а також на стан здоров'я); *рухомість повітря* (підвищена швидкість повітря в приміщенні викликає відчуття протягу, а понижена – призводить до застою повітря). У приміщенні ми

відчуваємо вплив будь-якого з цих чинників.

Організація системи вентиляції. Система вентиляції забезпечить влітку подачу фільтрованого, а взимку – ще й підігрітого зовнішнього повітря, а також видалення забрудненого повітря з приміщень. За відсутності або недостатнього припливу зовнішнього повітря в кімнаті зменшується вміст кисню, підвищується вологість, запиленість. Якщо в будинку відсутня витяжка, тоді з приміщень не видаляються забруднене повітря, запахи, вологість, шкідливі речовини. Необхідно врахувати, що за наявності лише витяжки (наприклад, у санвузлі встановлено лише витяжний вентилятор), припливне повітря надходить зі щілин у вікнах, дверях, огорожувальних конструкціях. Неправильний приплив повітря призводить до проникнення пилу, запахів, виникнення протягів. Природними джерелами припливу повітря для компенсації того, що видаляється з приміщення, можуть бути встановлені у дверях санвузлів вентиляційні решітки, стінові або віконні провітрювачі, відчинені квартирки, вікна. Ці функції може виконувати система примусової вентиляції, коли повітря надходить централізовано.

Визначення повітрообміну згідно з кратністю повітрообміну в приміщенні. Об'єм вентиляційного повітря визначають для кожного приміщення окремо, з урахуванням наявності шкідливих домішок (речовин). Якщо характер та кількість шкідливих домішок (речовин) не піддаються обліку, повітрообмін L визначають за кратністю:

$$L = V_{ном} \times K_p, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1)$$

де $V_{ном}$ – об'єм приміщення, м^3 ; K_p – мінімальна кратність повітрообміну, 1/год (табл. 1).

Використовуючи наведену нижче таблицю рекомендованої кратності повітрообміну (табл. 1), визначаємо необхідну повітропродуктивність вентилятора. Визначення повітрообміну при виділенні вологи:

$$L = L_1 \times N_L, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2)$$

де L_1 – норма повітря на одну особу, $\text{м}^3/\text{год}$: (20-25 $\text{м}^3/\text{год}$ – за мінімальної фізичної активності; 45 $\text{м}^3/\text{год}$ – при легкій фізичній роботі; 60 $\text{м}^3/\text{год}$ – за умов важкої фізичної роботи.

N_L – кількість осіб у приміщенні.

Визначення повітрообміну при виділенні вологи:

$$L = D / ((d_v - d_n) \times \rho), \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3)$$

де D – кількість вологи, що виділяється, г/год;

d_v – вміст вологи у повітрі, що видаляється, г води/кг повітря;

d_n – вміст вологи у припливному повітрі, г води/кг повітря;

ρ – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$ (при $+20^\circ\text{C}=1,205 \text{ кг}/\text{м}^3$).

Визначення повітрообміну для видалення надлишків тепла:

$$L = Q / (\rho \times C_p \times (t_v - t_n)), \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4)$$

де Q – виділення тепла з приміщення, кВт;

t_v – температура повітря, що видаляється, °С;

t_n – температура припливного повітря, °С;

ρ – густина повітря, кг/м³ (при 20°С $\rho = 1,205$ кг/м³);

C_p – теплоємність повітря, кДж/(кг×°К) (при 20°С $C_p=1,005$ кДж/(кг×°К)).

Таблиця 1

Кратність повітрообміну

Приміщення	Кратність повітрообміну
Житлова кімната (у квартирі або гуртожитку)	3 м ³ /год на 1м ²
Кухня квартири або гуртожитку	6-8
Ванна кімната, душова, пральня (побутова)	7-9
Туалет	8-10
Гардеробна кімната	1,5
Комора, склад	1-2
Гараж	4-8
Конференц-зал	20-40 м ³ на людину
Навчальний клас, офісне приміщення	5-7
Універсальний магазин	1,5-3
Аптека (торговельний зал)	3
Гараж і авторемонтна майстерня	6-8
Серверна	5-10
Промисловий фарбувальний цех	25-40
Механічна майстерня	3-5

Визначення повітрообміну залежно від допустимої концентрації речовин:

$$L = G_{CO_2} / (U_{ГДК} - U_{П}), \text{ м}^3/\text{год}, \quad (5)$$

де G_{CO_2} – об'єм CO₂, що виділяється, л/год;

$U_{ГДК}$ – гранично допустима концентрація CO₂ у повітрі, що видаляється, л/м³;

$U_{П}$ – вміст газу у припливному повітрі, л/м³.

Таблиця 2

Норми допустимих концентрацій CO₂ у повітрі, л/м³

У місцях постійного перебування людей (житлові кімнати)		1,0
У місцях тимчасового перебування людей (установи)		1,25
У зовнішньому повітрі:	Населені пункти (село)	0,33
	Малі міста	0,4
	Великі міста	0,5

Висновки. Правильна організація системи вентиляції має важливе значення в житті людей. Для вдосконалення наявних та створення нових проектів вентиляції та повітрообміну в приміщенні потрібні адекватні методи й моделі, які б уможливили обґрунтування системних показників.

Список використаних джерел

1. Зінич П. Л. Вентиляція громадських будівель: навч. посіб. / П. Л. Зінич. К. : КНУБА, 2002. 256 с.
2. Жуковський С. С. Гігієна мікроклімату приміщень: навч. посіб. / С. С. Жуковський, О. Т. Возняк, О. В. Омельчук. Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2005. 88 с.
3. Санітарні норми мікроклімату приміщень: ДСНЗ.3.6.042-99.-К., 2000 - 15с
4. Електронний ресурс. URL: <http://ukr.vents.ua/>.

УДК 628.3:621.396

МАГНІТНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Рябінін Д. С., аспірант,
Гулевський В. Б., к.т.н.,
Постол Ю. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Постановка проблеми. Забруднення водних ресурсів промисловими стічними водами є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. В умовах інтенсивного розвитку промисловості, особливо у регіонах з високою концентрацією виробничих підприємств, навантаження на природні водні об'єкти невпинно зростає. Стічні води, що утворюються внаслідок технологічних процесів, містять широкий спектр забруднюючих речовин, серед яких особливу небезпеку становлять важкі метали, органічні сполуки,

нафтопродукти, синтетичні барвники та поверхнево-активні речовини.

Традиційні методи очищення, такі як хімічна коагуляція, флотація, адсорбція, осадження та біологічна деградація, хоча й широко застосовуються на очисних спорудах, мають низку суттєвих обмежень. Зокрема, вони характеризуються високою енергоємністю, потребою у значній кількості реагентів, утворенням великого об'єму осаду, складністю утилізації вторинних продуктів та обмеженою ефективністю при низьких концентраціях забруднювачів. Крім того, ці методи не завжди забезпечують повне видалення токсичних компонентів, що сприяє їх накопиченню в навколишньому середовищі.

У зв'язку з цим зростає інтерес до альтернативних та інноваційних технологій очищення, які поєднують високу ефективність, екологічну безпеку та економічну доцільність. Одним із таких методів є магнітна очистка, що відкриває нові можливості для обробки складних промислових стоків, зокрема тих, що містять важкі метали та органічні забруднювачі, і має значний потенціал для впровадження в різних галузях промисловості.

Основні матеріали дослідження. Магнітна сепарація є високоефективним фізико-хімічним методом, що базується на використанні магнітних сорбентів або наночастинок, здатних селективно зв'язуватися з забруднюючими речовинами. Процес не потребує тривалого контакту між сорбентом і забруднювачем, що дозволяє інтегрувати технологію в автоматизовані системи очищення, скорочуючи час обробки та підвищуючи продуктивність.

Серед ключових переваг магнітної очистки слід виокремити:

Низьке енергоспоживання. На відміну від термічних або електрохімічних методів, магнітна очистка не потребує значних енергетичних витрат. Застосування постійного або змінного магнітного поля є енергоефективним і не створює додаткового теплового навантаження на систему.

Відсутність потреби у хімічних реагентах. Магнітні сорбенти функціонують без використання агресивних хімічних речовин, що знижує ризик утворення токсичних побічних продуктів та спрощує експлуатацію обладнання.

Регенерація сорбентів та повторне використання. Більшість магнітних наночастинок можуть бути регенеровані шляхом промивання або десорбції, що дозволяє їх багаторазове використання без суттєвого зниження ефективності, зменшуючи експлуатаційні витрати.

Мінімізація утворення вторинних відходів. Завдяки селективному вилученню забруднювачів та можливості повторного використання сорбентів, метод не створює великого об'єму осаду чи інших вторинних продуктів, що потребують утилізації.

Компактність обладнання та простота інтеграції. Магнітні сепаратори мають компактні розміри, що дозволяє їх встановлення

навіть у обмежених просторових умовах. Метод легко інтегрується в існуючі технологічні лінії без необхідності масштабної реконструкції очисних споруд.

Висновки. Магнітна очистка промислових стічних вод є одним із найперспективніших напрямів сучасної водоочисної технології, що поєднує в собі високу ефективність, екологічну безпеку та економічну доцільність. Висока швидкість процесу, можливість автоматизації, низьке енергоспоживання та мінімізація утворення вторинних відходів роблять магнітну очистку привабливою для широкого впровадження в різних галузях промисловості.

Список використаних джерел

1. Гулевський В. Б., Постол Ю. О. Перспективи вдосконалення очищення стічних вод та технічних рідин. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2022. No 2(26). С.143–148. [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2022-2\(26\)-143-148](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2022-2(26)-143-148)
2. Milan Belik, Vadym Hulevskyi, Yulia Postol, Olena Rubanenko. Ways to improve the efficiency of cleaning cutting fluids. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2024. Vol. 100(4). P. 83–86 <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/17484>.
3. Chen Y. & Wang L. Ferritization treatment of nickel and copper in industrial wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2015. Vol. 3(2). P. 1125–1132. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.03.012>

УДК 631.3

СУЧАСНІ АГРОІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Диня В. І., к.т.н., доцент.

Стрихар М. І., асистент.

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна

Сучасне землеробство переживає трансформацію під впливом цифровізації, автоматизації та екологічних викликів. Агроінженерія як наука й галузь діяльності об'єднує технічні, біологічні та інформаційні знання для оптимізації технологічних процесів у виробництві сільськогосподарської продукції. В умовах зміни клімату та необхідності раціонального використання ресурсів саме агроінженерні технології стають основою ефективного і сталого землеробства.

Розвиток агроінженерії спрямований на впровадження

інноваційних технологій, які забезпечують точність виконання операцій, зменшення втрат ресурсів і мінімізацію негативного впливу на довкілля. На зміну традиційним механізованим процесам приходять автоматизовані системи управління, роботизовані комплекси, цифрові платформи моніторингу та прогнозування стану агроєкосистем.

Одним із ключових напрямів є впровадження технологій точного землеробства, що передбачає використання геоінформаційних систем (GIS), супутникової навігації (GPS, RTK) та сенсорного контролю параметрів ґрунту й рослин (Рис. 1.). Це дозволяє здійснювати диференційоване внесення насіння, добрив і засобів захисту рослин, що, у свою чергу, знижує витрати матеріальних ресурсів на 15–30% і підвищує ефективність вирощування культур.

Важливою складовою сучасної агроінженерії є застосування безпілотних літальних апаратів (агродронів) для моніторингу посівів і обробки полів. Такі системи забезпечують оперативне виявлення проблемних ділянок, точне внесення добрив або пестицидів, а також збір аналітичних даних для побудови карт врожайності. Результати використання дронів XAG та DJI AGRAS у господарствах України свідчать про підвищення ефективності внесення робочих розчинів до 95% і скорочення використання хімічних препаратів на третину.

Не менш важливою є тенденція до створення «розумної» сільськогосподарської техніки. Сучасні трактори, сівалки, комбайни обладнуються системами автопілотування, датчиками вологості, температури, навантаження й інтегрованими комп'ютерними модулями управління.

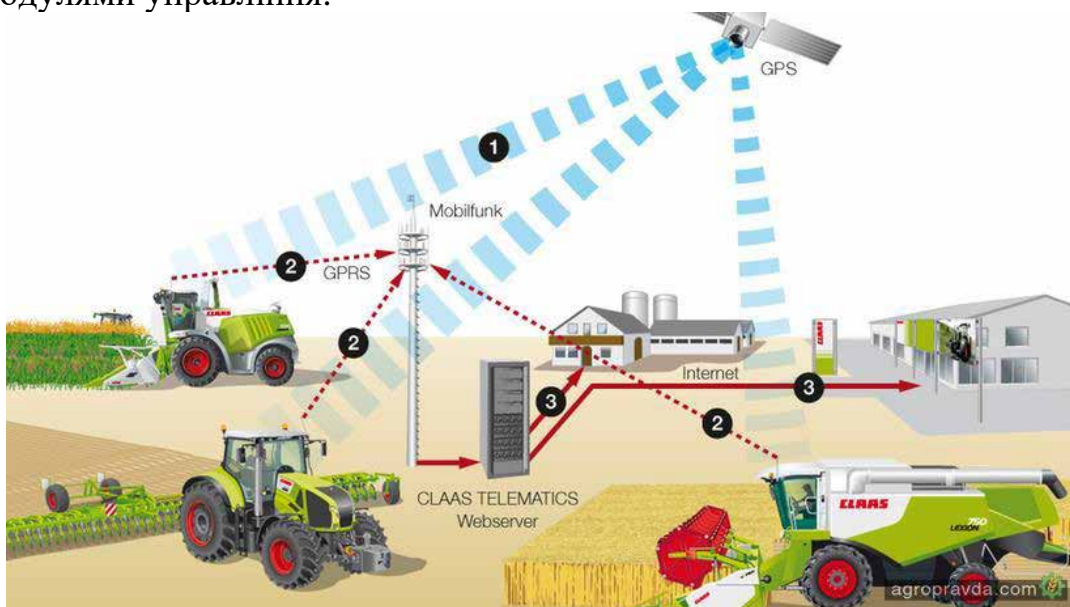


Рис. 1. Використання геоінформаційних систем (GIS) та супутникової навігації (GPS, RTK).

Такі рішення дозволяють мінімізувати людський фактор, оптимізувати енергоспоживання та забезпечити стабільну якість виконання технологічних операцій.

Використання цифрових платформ управління агровиробництвом, що поєднують дані з сенсорів, супутників і техніки, дає змогу формувати комплексні рішення щодо оптимізації виробничого процесу. Це створює передумови для впровадження концепції «розумного землеробства», де кожне рішення ґрунтується на точних даних, аналітиці та прогнозуванні результатів.

Таким чином, сучасні агроінженерні технології формують нову парадигму розвитку землеробства – від традиційного до високоточного, екологічно збалансованого та цифровізованого виробництва. Їхнє широке впровадження в Україні є запорукою підвищення конкурентоспроможності аграрного сектору, зменшення собівартості продукції та раціонального використання природних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Холодюк О., Диня В., Бонякевич О. & Мовчан Д. Сучасні рішення та напрямки розвитку основних елементів системи точного землеробства. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. 2024. Vol. 331(1). P. 330–338.

3. Claas представив іновації в точному землеробстві. URL: <https://agroppravda.com/news/novye-technologii/5202-claas-predstavit-innovacii-v-tochnom-zemledelii> [дата звернення 24.10.2025].

3. Bidolakh D., & Dynia V. (2022). Soil mapping as one of the means of optimizing precision agriculture. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*. 2022. Vol. 24(97). P. 181–190.

4. Механізовані технології в системах точного землеробства. URL: <https://www.agronom.com.ua/mehanizovani-tehnologiyi-v-systemah-tochnogo-zemlerobstva/> (дата звернення 24.01.2025).

УДК 631.531.02

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ В СТИМУЛЯЦІЇ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ

Довженко О. Г., магістрант,

Гулевський В. Б., к.т.н.,

Постол Ю. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Постановка проблеми. Передпосівна обробка насіння є однією з ключових технологічних операцій у системі вирощування

сільськогосподарських культур. Її основна мета – забезпечити оптимальні умови для проростання насіння, підвищити його енергію росту, знизити ризики зараження патогенними мікроорганізмами та адаптувати рослини до стресових факторів навколишнього середовища. Від якості та ефективності цієї обробки значною мірою залежить майбутня врожайність та стабільність агроценозу.

Традиційно в аграрній практиці застосовуються хімічні, термічні, біологічні та механічні методи передпосівної обробки. Хоча вони демонструють певну ефективність, їх використання часто супроводжується екологічними ризиками, потребою в спеціальних реагентах, а також обмеженнями щодо збереження біологічної активності насіннєвого матеріалу. У контексті сучасних вимог до сталого землеробства та екологічної безпеки все більшої актуальності набувають фізичні методи обробки, зокрема електротехнологічні.

Основні матеріали дослідження. Одним із ключових наслідків електротермічної обробки насіннєвого матеріалу є його реакція на вплив електричного поля, що проявляється у зміні біологічних властивостей. Встановлено, що короткочасна дія слабого електричного поля з напруженістю до 100 В/м здатна викликати низку позитивних змін у фізіологічному стані насіння, що має важливе значення для агротехнологічної практики.

Зокрема, численні експериментальні дослідження свідчать про такі ефекти:

Підвищення лабораторної схожості. Насіння, оброблене електричним полем, демонструє значне збільшення кількості пророслих одиниць у контрольованих лабораторних умовах. Це свідчить про покращення його життєздатності, активізацію внутрішньоклітинних процесів та зменшення кількості дефектних або нежиттєздатних зерен.

Покращення польової схожості. У реальних умовах ґрунтового середовища спостерігається більш рівномірне та швидке проростання насіння, що забезпечує дружні сходи, зменшення втрат на початкових етапах вегетації та формування однорідного рослинного покриву. Це особливо важливо для культур, чутливих до конкуренції на ранніх фазах розвитку.

Активізація фізіологічної активності. Під впливом електричного поля активізуються ферментативні системи, відповідальні за мобілізацію запасних речовин – крохмалю, білків, ліпідів – які є джерелом енергії та будівельного матеріалу для проростка. Зростає активність таких ферментів, як амілаза, протеаза та ліпаза, що сприяє швидшому переходу насіння до активної фази росту.

Прискорення проростання. Електричний вплив сприяє зменшенню латентного періоду – часу між початком гідратації насіння та появою проростка. Це дозволяє рослинам швидше адаптуватися до зовнішніх умов, зменшує ризики, пов'язані з несприятливими погодними

факторами, та забезпечує конкурентну перевагу в польових умовах.

Механізм дії електричного поля на насіннєвий матеріал пов'язаний зі змінами електрофізичних властивостей клітинних мембран, зокрема їхньої проникності, електропровідності та потенціалу. Це, у свою чергу, покращує іонний обмін, активізує транспорт речовин, стимулює метаболічні процеси та сприяє швидшому переходу насіння до фази активного росту.

Таким чином, електротермічна обробка насіння є не лише засобом знезараження, а й потужним біостимулятором, здатним суттєво підвищити продуктивність сільськогосподарських культур. Її застосування відкриває нові можливості для оптимізації агротехнологій, зменшення хімічного навантаження на довкілля та забезпечення сталого розвитку аграрного сектору.

Висновки. Електротехнологічна передпосівна обробка насіння є перспективним напрямом у сучасному агровиробництві, що поєднує високу ефективність із екологічною безпечністю. Вплив електричних та електромагнітних полів на насіннєвий матеріал сприяє активації фізіолого-біохімічних процесів, підвищенню лабораторної та польової схожості, прискоренню проростання та зниженню рівня зараженості патогенами.

Список використаних джерел

1. V. Hulevskiy, Y. Stopin, Y. Postol, M. Dudina. Experimental Study of Positive Influence on Growth of Seeds of Electric Field a High Voltage. In: Nadykto, V. (eds) *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer, Cham., 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_36
2. Гулич Д. В. Розробка та дослідження електротехнологічного комплексу передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур : дипломна робота ... магістра: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2024. 77 с.
3. Гулевський В. Б., Богатирьов Ю. О., Кузнецов І. О. До питання удосконалення пристроїв передпосівної обробки насіння. *Енергетика і автоматика*. 2014. № 3. С. 29–31.

УДК 631.3

СУЧАСНІ АСПЕКТИ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Тимошенко Г.А., зав. навч. лаб.,

Мороз К.В., зав. навч. лаб.,

Лисенко В.В.,

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Сільське господарство є фундаментальною галуззю економіки України, яка завдяки унікальним чорноземам та значним посівним площам має стратегічне значення як для внутрішньої продовольчої безпеки, так і для світового ринку [1]. В умовах глобальної конкуренції та зростаючих викликів (зміна клімату, дефіцит ресурсів, необхідність підвищення якості продукції) механізація виробничих процесів виходить на перший план, перетворюючись із простого інструменту на ключовий чинник успіху та стійкості агросектору [2].

Основні матеріали дослідження. Сучасна механізація – це не лише заміна ручної праці тракторами, а й впровадження високотехнологічних систем точного землеробства (Precision Agriculture), які дозволяють максимально ефективно використовувати кожен гектар [3]. Вона життєво необхідна для підвищення продуктивності праці та зниження собівартості продукції, що критично важливо для збереження конкурентоспроможності українського експорту. Крім того, застосування інноваційної техніки дає змогу оптимізувати терміни виконання польових робіт (сівби та збирання врожаю), мінімізувати втрати та забезпечити високу якість аграрної сировини.

Таким чином, належна механізація є необхідною передумовою для модернізації агропромислового комплексу України та його подальшої інтеграції у світову економічну систему.

Ключовим сучасним аспектом є інтелектуалізація сільськогосподарської техніки [4]. Концепція точного землеробства (Precision Agriculture) використовує можливості GPS-навігації, сенсорних технологій, дронів та супутникових знімків. Це дозволяє фермерам збирати детальні дані про стан ґрунту, вологість, потреби рослин у поживних речовинах та наявність шкідників. На основі цих даних техніка (трактори, сівалки, обприскувачі) здатна диференційовано вносити насіння, добрива чи засоби захисту рослин – саме там, де це необхідно, і в потрібній кількості. Це не лише підвищує врожайність та якість продукції, але й значно зменшує витрати ресурсів та мінімізує екологічне навантаження, запобігаючи надмірному використанню хімікатів.

Ще одним провідним трендом є автоматизація та роботизація виробничих процесів. Сучасна техніка оснащена системами автоматичного керування (автопілот), які дозволяють машинам рухатися по заданій траєкторії з високою точністю, зменшуючи втому оператора та підвищуючи якість польових робіт. Набирають обертів роботизовані комплекси для виконання рутинних і трудомістких

операцій, як-от збір врожаю (наприклад, фруктів, ягід), прополювання, доїння худоби чи сортування продукції. Роботи можуть працювати цілодобово і виконувати завдання, які вимагають надзвичайної точності та делікатності.

Сучасна механізація також тісно пов'язана з принципами сталого розвитку. Виробники впроваджують енергоефективні двигуни, альтернативні джерела живлення (гібридні та електричні трактори) та технології, спрямовані на збереження ґрунту, як-от No-Till (нульовий обробіток). Зменшення кількості проходів техніки полем і використання легших машин допомагає запобігти ущільненню ґрунту та ерозії, що є критично важливим для довгострокової продуктивності сільськогосподарських угідь.

Результати та висновки. Попри очевидні переваги, механізація створює й певні виклики, зокрема високу вартість інноваційної техніки та потребу у кваліфікованих кадрах для її обслуговування та програмування. Також важливим є питання цифрової інфраструктури та доступу до високошвидкісного інтернету в сільській місцевості.

У підсумку, сучасна механізація сільського господарства – це синергія інженерії, інформаційних технологій та агрономії. Вона веде до створення «розумних ферм», які здатні максимально ефективно використовувати ресурси, забезпечувати продовольчу безпеку та мінімізувати вплив на довкілля. Це шлях до більш продуктивного, стійкого та відповідального агровиробництва.

Список літературних джерел.

1. Білявський О. М. та ін. Інтелектуальні технології в землеробстві: навчальний посібник. Київ : Аграрна освіта, 2022. 350 с.
2. Волков В. В. Точне землеробство: основи впровадження та перспективи розвитку. Харків : ФОП Панов А. М., 2020. 280 с.
3. Григор'єв А. П. Механізація сільськогосподарського виробництва в контексті сталого розвитку. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2023. Вип. 284. С. 125–134.
4. Гуменюк В. О. Енергозбереження та використання альтернативних джерел енергії в агротехнологіях. *Техніка і технології АПК*. 2021. № 6. С. 34–39.

УДК [631.57:004.9]+519.6

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ MATLAB

Пенчук Є. Є., здобувач ВО,

Устименко А. Ю., здобувачка ВО,

Дяденчук А. Ф., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Постановка проблеми. Сушіння зерна є одним з важливих етапів післязбиральної обробки, що визначає якість і збереження урожаю. Неefективна робота зерносушильного обладнання призводить до перевитрати енергії, зниження продуктивності, втрат маси та якості зерна. Традиційні методи аналізу ефективності ґрунтуються на емпіричних даних і не враховують динаміку зміни вологості, температури та швидкості потоку повітря в реальному часі [1, 2].

Проблема оптимізації процесів сушіння зерна розглядалась у працях багатьох науковців, зокрема у роботі [3] описано термодинамічні основи процесу сушіння та енергетичні витрати. Методи підвищення ефективності зерносушильних агрегатів за рахунок регулювання швидкості повітряного потоку наведено в [4].

Ефективним інструментом для оптимізації і візуалізації технологічних процесів є чисельне моделювання за допомогою системи комп'ютерної математики Matlab [5]. Використання цифрових інструментів дозволяє створити математичні моделі процесу сушіння та провести його комп'ютерне моделювання, що сприяє оптимізації параметрів роботи зерносушарки. У роботах [6-7] наведено приклади використання спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання різноманітних процесів в агропромислових системах.

Таким чином, аналіз літературних джерел показує, що застосування цифрових інструментів для моделювання процесів сушіння дозволяє прогнозувати кінцеву вологість зерна; оптимізувати параметри роботи обладнання (температура, витрата повітря, час сушіння); оцінити енергетичну ефективність системи без проведення реальних експериментів. Незважаючи на значний науковий доробок, актуальним залишається розроблення адаптивних моделей, здатних враховувати змінну інсоляцію, режим споживання енергії та технічні обмеження аграрної інфраструктури.

Основні матеріали дослідження. Математична модель процесу сушіння може бути описана системою рівнянь тепломасообміну:

$$\frac{dW}{dt} = -k(W - W_{eq}),$$
$$Q = c_p m (T_{in} - T_{out}),$$

де k – коефіцієнт масообміну, W_{eq} – рівноважна вологість, c_p – теплоємність повітря, m – масова витрата.

Ефективність зерносушильного обладнання визначається як відношення корисно використаної теплоти для випаровування вологи до загальної кількості витраченої енергії, тобто:

$$\eta = \frac{Q_{\text{викор}}}{Q_{\text{заг}}}$$

Основними параметрами процесу сушіння є: W та W_k – початкова та кінцева вологість (%); T – температура агента сушіння ($^{\circ}\text{C}$); v – швидкість потоку повітря (м/с); Q – витрата теплоти (кДж); η – ККД сушарки.

Для подальшого моделювання процесу сушіння використано середовище Matlab. Вибір вхідних параметрів для моделювання процесу сушіння зерна зумовлений їхньою практичною значущістю та відповідністю реальним умовам експлуатації зерносушильного обладнання: початкова вологість зерна $W_0 = 22\%$ (типовий показник вологості відносно зібраного зерна, яке потребує технологічної обробки перед зберіганням); цільова вологість $W_k = 14\%$ (нормативне значення); температура агента сушіння $T = 90^{\circ}\text{C}$ (оптимальна для забезпечення інтенсивного випаровування вологи без пошкодження структури зерна, що узгоджується з режимами конвективного сушіння). Час моделювання (3 години) дозволяє охопити повний цикл сушіння в умовах безперервної дії агента, забезпечуючи достатню роздільну здатність для аналізу динаміки зміни вологості та оцінки ефективності процесу. Сукупність цих параметрів забезпечує адекватність моделі реальним технологічним умовам та дозволяє провести достовірну оцінку енергетичних витрат і ефективності сушарки.

Результати моделювання представлено на рис. 1. Графік показує експоненційне зменшення вологості зерна до рівноважного значення. На основі моделі визначено, що при заданих параметрах сушіння досягнення цільової вологості 14% можливе за ≈ 160 хв. Це свідчить про ефективність обраного режиму сушіння (температура агента 90°C), що дозволяє досягти технологічно необхідного рівня вологості за заданий час.

Висновки. Таким чином, застосування Matlab дозволяє створювати гнучкі математичні моделі процесу сушіння зерна з урахуванням фізичних параметрів та зовнішніх умов. Проведене моделювання показало ефективність методу для аналізу динаміки вологості та оптимізації часу сушіння. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення систем автоматичного керування зерносушильним обладнанням, що зменшує енергетичні витрати до 10-15%.

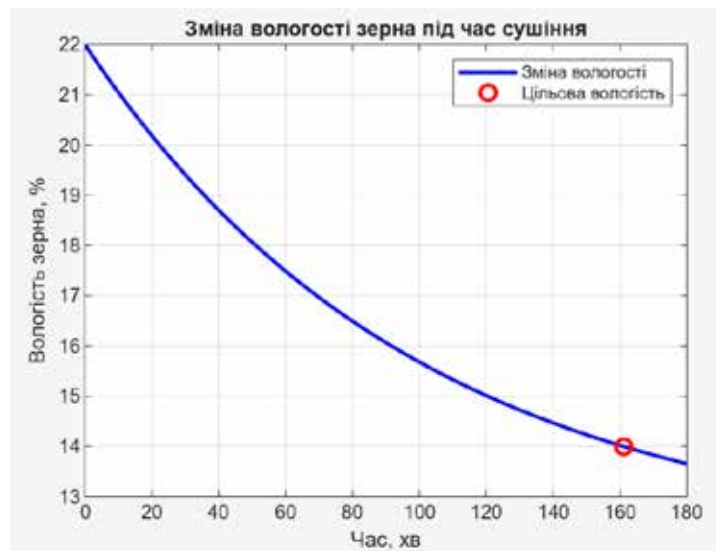


Рис. 1. Зміна вологості зерна під час сушіння за результатами моделювання в Matlab

Список використаних джерел

1. Yu P., Zhu W., Shen C., et al. Current Status of Grain Drying Technology and Equipment Development: A Review. *Foods*. 2025. Vol. 14(14). P. 2426.
2. Jimoh K. A., Hashim N., Shamsudin R., et al. Recent Advances in the Drying Process of Grains. *Food Engineering Reviews*. 2023. Vol. 15. P. 548–576.
3. Шевченко О. Ю., Степанець О. І., Бут С. А., Костюк В. С. Повітряна сушарка на основі замкнутих енергоматеріальних контурів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. Т. 25(4). С. 128–137.
4. Активне вентилування та сушіння зерна: навч. посібник / О. І. Гапонюк, М. В. Остапчук, Г. М. Станкевич, І. І. Гапонюк. Одеса : ВМВ, 2014. 326 с.
5. Одновол Д. Г., Дяденчук А. Ф. Моделювання електромагнітних хвиль у Matlab як інструмент розвитку технічного мислення студентів. *Інженерні та освітні технології*. 2025. Т. 13, № 2. С. 7–17.
6. Baidhe E., Clementson C. L. A Review of the Application of Modeling and Simulation to Drying Systems for Improved Grain and Seed Quality. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. Vol. 198. P. 107024.
7. Kotov B., Voitiuk V., Kalinichenko R., Stepanenko S., Kuzmych A. Mathematical modelling and investigation of the grain drying process in bunker units with radial supply of drying agent. *Machinery & Energetics*. 2025. Vol. 16(3). P. 33–47.

УДК 621.225.001.4

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ З ГІДРОМОТОРАМИ ПЛАНЕТАРНОГО ТИПУ

Панченко А.І.¹, д.т.н.,

Волошина А.А.¹, д.т.н.,

Ковязін О.С.¹, к.т.н.,

Панченко І.А.¹, асистент,

Волошин А.А.², викладач спецдисциплін

¹Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

²ВСП «Мелітопольський коледж ТДАТУ», м. Запоріжжя, Україна

Постановка проблеми. Досвід останніх років показав, що економічність і маневреність транспортних засобів можуть бути істотно підвищені при використанні гідрооб'ємних трансмісій. Такі трансмісії представлені, як правило, мехатронною системою з гідравлічним приводом, який містить один аксіально-поршневий регульований насос та один такий же, але не регульований гідромотор. Недоліком такого гідроагрегату є малий діапазон зміни навантажувального передатного відношення і обов'язкове застосування бортових редукторів з великим передатним числом, що ускладнює конструкцію трансмісії в цілому, роблячи її більш трудомісткою і дорогою у виготовленні і менш надійною в експлуатації.

Поява нових типів об'ємних гідромашин [1-3], зокрема планетарних [4, 5], та особливості їх роботи у складі мехатронної системи ходової частини самохідної техніки [6] призвели до необхідності поглиблення дослідження експлуатаційних характеристик мехатронної системи з гідромоторами планетарного типу [7, 8].

Основні матеріали дослідження. Для покращення експлуатаційних характеристик мехатронних систем з гідравлічним приводом ходової частини передбачається проведення експериментальних досліджень мехатронної системи з гідравлічним приводом ходової частини з регульованим насосом та мотор-колесами на базі планетарних гідромоторів [9, 10] та обґрунтувати раціональні режими експлуатації регульованого насоса та планетарних гідромоторів, що покращують експлуатаційні характеристики мехатронної системи з гідравлічним приводом ходової частини самохідної техніки.

Мехатронна система оснащена регулятором, який забезпечує роботу двигуна внутрішнього згоряння самохідної машини в режимі постійної потужності. Підтримка постійної потужності насоса

здійснюється за рахунок зміни параметра його регулювання e_1 при коливаннях навантаження, що визначається перепадом тиску Δp робочої рідини в гідроприводі мехатронної системи.

При розрахунковому діапазоні навантаження ходової системи (трансмисії) $D = 2$, параметр регулювання насоса змінюється в межах $e_1 = 0,5 \dots 1,0$, а перепад тиску – $\Delta p = 0,5 \cdot \Delta p_n \dots \Delta p$. При цьому справедливий вираз $\Delta p \cdot e_1 = 0,5 \cdot \Delta p_n = const$. В цьому випадку потужність на валу насоса дорівнює:

$$N_1 = 0,5 \cdot k \cdot \Delta p_{ном} \cdot n_1, \quad (1)$$

де $\Delta p_{ном}$ – номінальний перепад тиску в мехатронній системі.

При зміні навантажувального діапазону трансмісії до $D = 3$ параметр регулювання насоса змінюється в межах $e_1 = 0,33 \dots 1,0$, а перепад тиску – $\Delta p = 0,33 \cdot \Delta p_{ном} \dots \Delta p$. При цьому справедливий вираз $\Delta p \cdot e_1 = 0,33 \cdot \Delta p_{ном} = const$, а потужність на валу насоса в цьому випадку дорівнює:

$$N_1 = 0,33 \cdot k \cdot \Delta p_{ном} \cdot n_1. \quad (2)$$

При експлуатації самохідної техніки частота обертання валу ДВЗ (дизеля) підтримувалася постійною за допомогою всережимного регулятора. Це дозволило провести дослідження зміни вихідних характеристик гідроприводу мехатронної системи при двох фіксованих значеннях частоти обертання ведучого валу насоса (1500 та 2500 хв^{-1}).

Збільшення навантаження на ходову систему самохідної техніки викликає підвищення перепаду тисків Δp у досліджуваній мехатронній системі, що призводить до зменшення об'ємного $\eta_{об1}$ ККД на $5 \dots 20\%$ (рис. 1, а). Зменшення параметра регулювання насоса $e_1 = 1,0 \dots 0,18$, викликане зміною навантаження, так само значно впливає на зменшення об'ємного ККД $\eta_{об1} = 0,99 \dots 0,8$ і підвищення гідромеханічного $\eta_{зм1}$ (рис. 1, б) ККД насоса.

Загальний η_1 ККД насоса залишається практично незмінним (рис. 1, в) зі збільшенням перепаду тиску Δp у мехатронній системі від 7 МПа до 21 МПа та при зміні параметра регулювання насоса e_1 від $0,5$ до $1,0$. Необхідно відзначити, що збільшення частоти обертання валу насоса n_1 призводить до зменшення гідромеханічного $\eta_{зм1}$ (рис. 1, б) та загального η_1 ККД насоса (рис. 1, в). При цьому об'ємний $\eta_{об1}$ ККД насоса трохи підвищується (рис. 1, а). Зниження параметра регулювання насоса ($e_1 < 0,5$) призводить до зменшення загального η_1 ККД.

При зміні параметра регулювання насоса в діапазоні $e_1 = 0,5 \dots 1,0$ при частоті обертання двигуна 2500 хв^{-1} загальний η_1 ККД насоса практично не змінюється і становить $\eta_1 = 0,86 \dots 0,88$ (рис. 2, крива 1). Зі зменшенням частоти обертання валу двигуна до 1500 хв^{-1} загальний ККД насоса η_1 зростає і становить $\eta_1 = 0,8 \dots 0,9$ (рис. 2, крива 2) у діапазоні зміни параметра регулювання e_1 від $0,5$ до $1,0$. Це пояснюється тим, що із зменшенням частоти обертання двигуна зростає гідромеханічний $\eta_{зм1}$ ККД насоса.

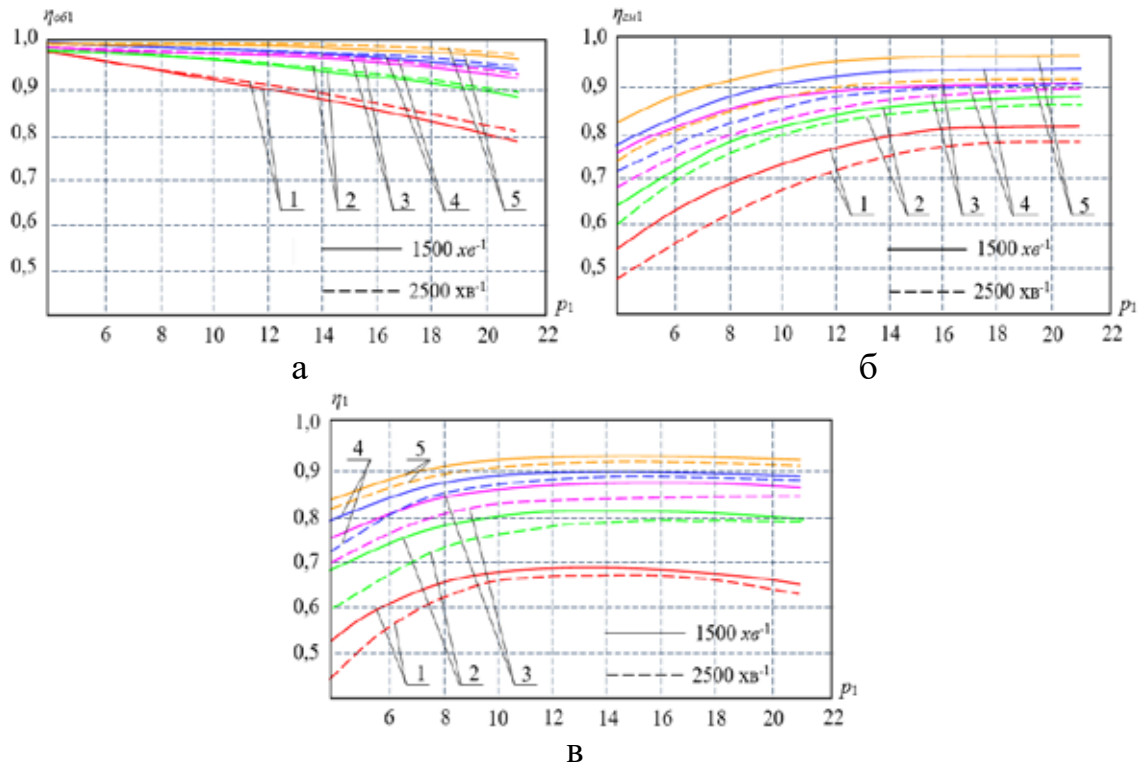


Рис. 1. Залежність зміни ККД насоса від перепаду тиску Δp робочої рідини: а – об'ємного $\eta_{об1}$; б – гідромеханічного $\eta_{гм1}$; в – загального η_1 ; 1 – $e_1 = 0,18$; 2 – $e_1 = 0,34$; 3 – $e_1 = 0,5$; 4 – $e_1 = 0,69$; 5 – $e_1 = 1,0$.

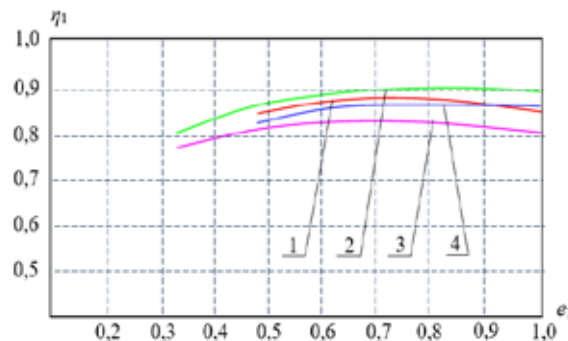


Рис. 2. Залежність зміни загального ККД η_1 від параметра регулювання насоса e_1 : 1, 3 – при частоті обертання валу двигуна 2500 хв^{-1} ; 2, 4 – при частоті обертання валу двигуна 1500 хв^{-1}

Зі збільшенням діапазону навантаження трансмісії, у всьому діапазоні зміни параметра регулювання насоса e_1 від 0,33 до 1,0 при частоті обертання валу двигуна 2500 хв^{-1} , загальний ККД насоса знижується і становить $\eta_1 = 0,8 \dots 0,83$. Причому при значенні параметра регулювання до $e_1 = 0,65$ досягається найбільше значення загального ККД насоса $\eta_1 = 0,83$ (рис. 2, крива 3). Зменшення частоти обертання до 1500 хв^{-1} при зміні параметра регулювання e_1 від 0,33 до 1,0 призводить до зростання загального η_1 ККД насоса (рис. 2, крива 4). При зміні параметра регулювання насоса в діапазоні $e_1 = 0,6 \dots 1,0$ значення загального η_1 ККД збільшується до $\eta_1 = 0,87$.

Таким чином, для мехатронної системи з гідравлічним приводом ходової частини найбільш доцільними режимами експлуатації, з енергетичної точки зору, є зміни параметра регулювання насоса в діапазоні e_1 від 0,5 до 1,0, а перепаду тиску робочої рідини Δp від 7 МПа до 21 МПа. Слід зазначити, що при цих режимах експлуатації мехатронної системи моторесурс насоса також збільшується.

Об'ємний ККД $\eta_{об2}$ досліджуваних планетарних гідромоторів (рис. 3, а) з робочим об'ємом 320 см^3 знаходиться в лінійній залежності від перепаду тиску робочої рідини Δp . У діапазоні зміни перепаду тиску робочої рідини Δp від 4 МПа до 16 МПа об'ємний ККД $\eta_{об2}$ знижується незначно з 0,98 до 0,97 (рис. 3, а – крива 1). Зі збільшенням перепаду тиску Δp гідромеханічний ККД гідромотора $\eta_{зм2}$ збільшується і при $\Delta p = 14 \text{ МПа}$ досягає свого максимального значення $\Delta p = 0,92$ (рис. 3, а – крива 2). Залежність зміни загального ККД η_2 (рис. 3, а – крива 3) аналогічна зміні гідромеханічного ККД гідромотора $\eta_{зм2}$.

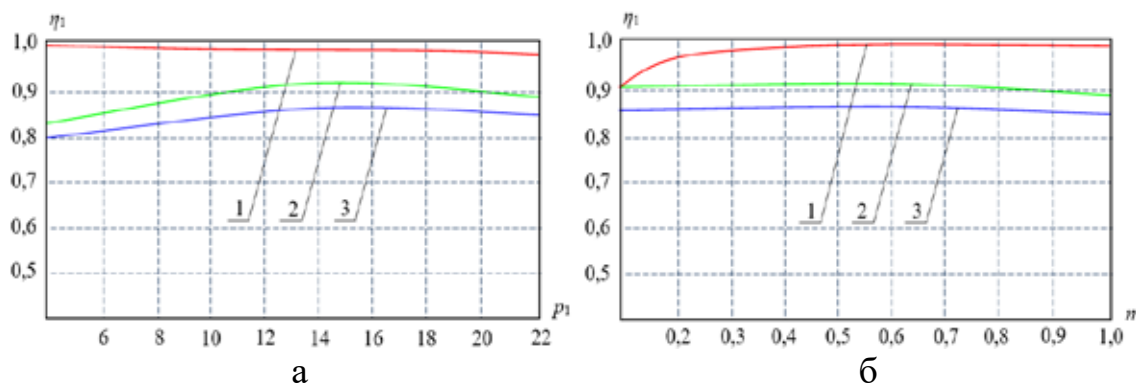


Рис. 3. Залежність зміни ККД гідромотора від: а – перепаду тиску Δp ; б – відносної частоти обертання n вихідного валу: 1 – об'ємний ККД $\eta_{об2}$; 2 – гідромеханічний $\eta_{зм2}$; 3 – загальний η_2

Збільшення відносної частоти обертання вихідного валу досліджуваного гідромотора, а отже, і швидкості руху самохідної машини з гідрооб'ємною трансмісією, (рис. 3, б), призводить до зростання об'ємного ККД гідромотора $\eta_{об2}$ (рис. 3, б – крива 1) і зниження його гідромеханічного $\eta_{зм2}$ (рис. 3, б – крива 2). Загальний ККД гідромотора η_2 практично не залежить від частоти обертання його вихідного валу n_2 (рис. 3, б – крива 3). Під відносною частотою обертання вихідного валу досліджуваного гідромотора розуміється відношення поточного n_{2i} до номінального $n_{2ном}$ значення частот обертання валу гідромотора, відповідно, $n = n_{2i} / n_{2ном}$.

Таким чином, можна зумовити діапазон зміни параметрів експлуатації мехатронної системи з гідравлічним приводом ходової частини, що забезпечить високий ККД. Високий ККД мехатронної системи досягається при зміні відносної частоти обертання валу гідромотора n від 0,25 до 1,0 та зміні перепаду тиску робочої рідини Δp від 7 МПа до 21 МПа. При зазначеному діапазоні зміни параметрів

загальний ККД гідромотора η_2 можна прийняти рівним $\eta_2 = 0,87$. При експлуатації мехатронної системи у вказаному діапазоні зміни параметрів її загальний ККД можна прийняти рівним $\eta = 0,77$.

Одним з етапів експериментальних досліджень були випробування мехатронної системи з гідравлічним приводом ходової частини зі збільшеним навантажувальним діапазоном до значення $D = 4$ і 8 . Дослідження проводилися на мехатронній системі з двома мехатронними модулями (мотор-колесами), виконаними на базі двох і трьох планетарних гідромоторів 630 , 320 та 160 см^3 , відповідно. При випробуваннях були отримані аналогічні результати, гідромеханічний ККД $\eta_{зм2}$ у цих гідромоторів інтенсивніше зменшується зі збільшенням частоти обертання валу гідромотора n_2 . В області низьких перепадів тиску Δp гідромеханічний ККД $\eta_{зм2}$ також значно знижується. При експлуатації планетарних гідромоторів у діапазоні зміни відносних частот обертання n від $0,2$ до $1,0$ та перепаду тиску Δp від 8 МПа до 22 МПа , загальний ККД гідромотора η_2 можна прийняти рівним $\eta_{зм2} = 0,85$.

Висновки. Експериментальні дослідження проводилися з використанням мехатронної системи самохідної машини з гідравлічним приводом ходової частини, що складається з регульованого насоса та двох мотор-колес на базі планетарних гідромоторів. Мехатронна система має регулятор, що забезпечує роботу двигуна самохідної машини в режимі постійної потужності. При зміні навантаження в гідроприводі мехатронної системи, що визначається перепадом тиску робочої рідини, потужність насоса підтримувалася постійною зміною параметра регулювання насоса.

Проведеними експериментальними дослідженнями обґрунтовано раціональні режими експлуатації насоса та гідромоторів, що покращують функціональні характеристики мехатронної системи самохідної машини з гідравлічним приводом ходової частини. Встановлено, що найбільш раціональними режимами експлуатації насоса є зміни параметрів регулювання насоса в діапазоні $0,5 \dots 1,0$, а перепад тиску робочої рідини – $7 \dots 21 \text{ МПа}$. Умовою забезпечення високого ККД планетарних гідромоторів є їхня експлуатація в діапазоні зміни відносних частот обертання $0,25 \dots 1,0$ при зміні перепаду тиску робочої рідини в діапазоні $7 \dots 21 \text{ МПа}$.

Список використаних джерел

1. Gamez-Montero P., Codina E. and Castilla R. A Review of Gerotor Technology in Hydraulic Machines. *Energies*. 2019. Vol. 12(12). P. 2423. <https://doi.org/10.3390/en12122423>
2. Stryczek J., Bednarczyk S., Biernack K.: Strength analysis of the polyoxymethylene cycloidal gears of the gerotor pump. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2014. Vol. 14(4). P. 647–660. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2013.12.005>

3. Stryczek J., Bednarczyk S., Biernack K.: Gerotor pump with POM gears: Design, production technology, research. *Archives of Civil and Mechanical Engineerin*, 2014. Vol. 14(3). P. 391–397. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2013.12.008>
4. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А. Дослідження динамічних характеристик мехатронних систем з гідравлічним приводом. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 4. С. 58-72. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2020-20-4-58-72>
5. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Засядько А. І. Прогнозування зміни вихідних характеристик при проектуванні планетарного гідромотора. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 4. С. 91-105. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2020-20-4-91-105>
6. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А. Проектування мехатронних систем з заданими вихідними характеристиками. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 4. С. 18-35. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2020-20-4-18-35>
7. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А., Нестеренко К. В. Вплив конструктивних особливостей системи роторів планетарного гідромотору на зміну його вихідних характеристик. *Праці ТДАТУ*. 2021. Вип. 21, т. 4. С. 61–77. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2021-21-2-61-77>
8. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А. Обґрунтування кінематичних схем розподільних систем гідромашин планетарного типу. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. Вип. 18, т. 2. С. 30–49. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-18-2-29-48>
9. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Засядько А. І. Поліпшення вихідних характеристик планетарних гідромашин. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип. 19, т. 2. С. 68–85. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-2-68-85>
10. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А. Надійність конструкції роторів планетарного гідромотора. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 1. С. 82-92. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-1-82-92>

УДК 664 (075.8)

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСЕННЯ В ПОВЕРХНЕВИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Дідур В. В.¹, д.т.н,
Журавель Д. П.^{1,2}, д.т.н.,
Колесніченко І. А.³, аспірант,

Петриченко Є. А.¹, к.т.н.

¹Уманський національний університет, м. Умань, Україна.

²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.

³Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Тепломасоперенесення у капілярно пористих середовищах визначає перебіг широкого класу технологічних процесів у будівельній, харчовій, хімічній промисловості та агрофізиці. Класичні підходи (школа А. В. Ликова/Люїкова, Р. Ya. Polubarinova Kochina, J .R. Philip, D. A. de Vries тощо) закладають основу теоретичного опису спільного перенесення тепла та вологи з урахуванням фазових перетворень і градієнтів температури. Однак феноменологічні моделі часто спираються на матеріалозалежні емпіричні коефіцієнти, що ускладнює їх універсальне застосування [1,2]. Тут пропонується модель, у якій параметри масоперенесення визначаються через ізотерми сорбції та термодинамічні співвідношення, без введення важкодоступних емпіричних констант[3,4].

Основні матеріали дослідження. Для двофазної системи «рідина–водяна пара» в пористому тілі записуємо рівняння збереження маси за формулами 1, 2:

$$\partial_t(\rho_{lig}\theta_{lig}) + \nabla(\rho_{lig}u_{lig}) = -I \quad (1)$$

$$\partial_t(\rho_v\theta_v) + \nabla(\rho_vu_v) = +I \quad (2)$$

де: ρ_{lig}, ρ_v — густини рідкої та парової фаз;

θ_{lig}, θ_v — їхній об'ємний вміст;

u_{lig}, u_v — швидкості фільтрації;

III — інтенсивність масообміну між фазами.

Вологовміст: $w = \rho_{lig}\theta_{lig} + \rho_v\theta_v$.

Склавши формули 1 і 2 отримали формулу 3:

$$\partial_t w + \nabla(\rho_vu_v + \rho_{lig}u_{lig}) = 0 \quad (3)$$

Замикаючі співвідношення. Гіпотеза локальної термодинамічної рівноваги пов'язує відносну вологість φ з парціальним тиском пари P_v та температурою T через $\varphi = P_v/P_{sat}(T)$. Рівняння Кельвіна встановлює зв'язок між тиском рідини P_{lig}, P_v та T :

$$P_{lig} = P_v - (P_{sat}(T) + \frac{RT\rho_{lig}}{M} \ln\varphi) \quad (4)$$

де: R — газова стала;

M — молярна маса води.

Ізотерма сорбції $\theta_e = f(\varphi, T)$ задає функціональну залежність рівноважного вмісту вологи від φ та T . Комбінуючи (4) з $\varphi = P_v/P_{sat}(T)$ та законом ідеального газу, отримуємо вирази $w = w(P_{lig}, T)$ і $P_v = P_v(T, P_{lig})$.

Закон фільтрації. Швидкості фаз описуються узагальненим

законом Дарсі з відносними фазовими проникностями $K_{lig}(\theta_{lig}), K_v(\theta_v)$ за формулами 5, 6:

$$u_{lig} = -\frac{K_0 K_{lig}}{\eta_{lig}} (\nabla P_{lig} - \rho_{lig} g) \quad (5)$$

$$u_v = -\frac{K_0 K_v}{\eta_v} \nabla P_v \quad (6)$$

де: K_0 — абсолютна проникність;

η_{lig}, η_v — динамічні в'язкості;

g — прискорення вільного падіння.

Рівняння вологоперенесення. Підставивши з формул 4, 5, 6 до формули 3 та диференціюючи $w(P_{lig}, T)$, одержуємо формулу 7:

$$C_{hv} \partial_t T + C_{wp} \partial_t P_{lig} - \nabla(K_{hv} \nabla T) - \nabla(K_{wv} \nabla P_{lig} - K_w \rho_{lig} g) = 0 \quad (7)$$

де: коефіцієнти $C_{hv} = \frac{\partial w}{\partial T}, C_{wp} = \frac{\partial w}{\partial P_{lig}}, K_{hv} = \frac{\rho_v K_0 K_v \partial P_v}{\eta_v}, K_{wv} = \frac{\rho_v K_0 K_v}{\eta_v}, K_w = \rho_{lig} K_0 K_{lig} / \eta_{lig}$.

Рівняння енергії. З урахуванням прихованої теплоти фазових перетворень (включно з теплою сорбції) за формулою 8:

$$\partial_t (C_v T) - \nabla(\lambda(\theta_{lig}, T) \nabla T) + LI = 0 \quad (8)$$

де: C_v — об'ємна теплоємність;

λ — ефективна теплопровідність;

L — питома теплота фазового переходу.

Пара формул 7 – 8 утворює систему нелінійних рівнянь для T та P_{lig} .

Чисельна реалізація. Для просторової дискретизації використано метод зважених нев'язок у постановці Галеркіна з базисними функціями N_j та апроксимаціями за формулою 9:

$$T \approx \sum_j T_j N_j \quad P_{lig} \approx \sum_j P_{lig,j} N_j \quad (9)$$

За часом застосовано узагальнену схему з параметром $\gamma \in [0, 1]$:

$$\partial_t T|^{n+\gamma} \approx \frac{T^{n+1} - T^n}{\Delta t}, \quad T^{n+\gamma} = (1 - \gamma) T^{n+\gamma} + \gamma T^{n+1}$$

Після підстановки до 7 – 8 та інтегрування по елементам отримано систему нелінійних алгебраїчних рівнянь щодо $\{T_j^{n+1}, P_{lig,j}^{n+1}\}$, яка розв'язується методом Ньютона–Рафсона. Граничні умови 1-го/2-го роду та потоки паро- та теплоперенесення на поверхні задаються стандартно; випаровування описується через умову на $P_{lig}(\varphi, T)$ з використанням ізотерми сорбції.

Верифікація моделі. Чисельно відтворено задачу неізотермічного вологоперенесення у верхньому шарі ґрунту з реальними метеовпливами. Розрахункові криві вологовмісту на глибині 2 см за дванадцять діб узгоджуються з експериментом у межах 95% довірчого інтервалу, що підтверджує адекватність моделі для практичних застосувань у будівництві, агрофізиці та харчових технологіях.

Висновок. Запропоновано узгоджену феноменологічну модель спільного тепло- та масоперенесення у капілярно-пористих середовищах без використання вузькоматеріальних емпіричних коефіцієнтів. Розроблено обчислювальну схему (Галеркін + Ньютона–Рафсона), придатну для 2D/3D-геометрій і реальних граничних умов. Показано задовільну відповідність із експериментом для задач ґрунтового волого- і теплообміну. Модель може застосовуватись для аналізу сушіння, сорбції та випаровування у будівельних матеріалах, харчових продуктах і природних середовищах.

Список використаних джерел

1. Журавель Д. П., Дідур В. В. Механіко-технологічні основи глибокої переробки насіння рицини на енергетичну біосировину: монографія. Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. 275 с., іл.
2. Журавель Д. П. Обґрунтування технологій отримання рицинової олії. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матер. IV Міжнар. наук.-практ. конференції. Запоріжжя, 2022. С. 25–28.
3. Дідур В. В., Журавель Д. П., Шокарев О. М., В'юник О. В., Комар А. С. Аналіз технологій отримання олії з олійних культур. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2022. Вип. 12, том 3. 10 с.
4. Журавель Д. П., Дідур В. В. Моделювання процесу очищення рицинової олії в електричному полі. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матер. VI Міжнар. наук.-практ. конференції (01–25 листопада 2024 року)*. Запоріжжя, 2024. С. 98–104.

УДК 621.225.001.4

РОЗРОБКА МОДЕЛІ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ З МОЖЛИВІСТЮ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇЇ ВИХІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Панченко А. І.¹, д.т.н.,
Волошина А. А.¹, д.т.н.,
Панченко І. А.¹, асистент,
Лупинос Г. В.¹, аспірант,
Волошин А. А.², викладач спецдисциплін

¹Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.

²ВСП «Мелітопольський коледж ТДАТУ», м. Запоріжжя, Україна

Постановка проблеми. Тенденція до розширення сфери застосування мехатронних систем з гідравлічним приводом активних робочих органів самохідної техніки викликає необхідність створення нового покоління гідромашин обертальної дії [1, 2]. Прискорити етап освоєння нових зразків гідромашин для гідроприводів мехатронних систем самохідної техніки можна, розробляючи і впроваджуючи більш прогресивні методи проектування на основі сучасних досягнень в області розрахунку і моделювання [3]. Аналіз досліджень [4, 5], пов'язаних з проектуванням гідромашин обертальної дії, дозволяє зробити висновок, що вони виконувалися без належного врахування низки важливих чинників, що дозволяють розробити більш повну математичну модель та ефективніше використовувати сучасні математичні методи оптимізації та обчислювальну техніку. Багато уваги приділяється розподілу робочої рідини [6], обґрунтуванню кінематичні схеми [7] розподільних систем та впливу їх геометричних параметрів на вихідні характеристики планетарних гідромашин [8]. Обґрунтована надійність конструкції роторів [9], досліджено вплив похибки форми їх виготовлення [10] та конструктивних особливостей роторів [11] на вихідні характеристики планетарних гідромоторів. При розробці математичних моделей не використовувалися сучасні математичні методи оптимізації.

Таким чином, для вирішення проблеми поліпшення вихідних характеристик гідроприводів активних робочих органів самохідної техніки з гідромашинами обертальної дії дуже гостро стає питання розробки більш повних математичних моделей з використанням сучасних математичних методів оптимізації.

Основні матеріали дослідження. При оптимізації параметрів, що визначають вихідні характеристики мехатронної системи, в якості критерію оптимальності скористаємося прийнятою в теорії автоматичного управління інтегральною квадратичною оцінкою [12]. Маючи криві параметрів тиску $p(t)$ і кутової швидкості $\omega(t)$, що оптимізуються, а також теоретичні (задані) криві цих же параметрів $p_{theor}(t)$ і $\omega_{theor}(t)$, обчислюємо в будь-який момент часу їх різницю, віднесено до $p(t)$ і $\omega(t)$, відповідно.

При цьому критерій оптимізації I визначається з виразу

$$I_p = \int_0^{T_{t,p}} \frac{\dot{p}(t) - p_{theor}(t)}{\dot{p}(t)}^2 dt, \quad I_w = \int_0^{T_{t,p}} \frac{\dot{\omega}(t) - \omega_{theor}(t)}{\dot{\omega}(t)}^2 dt; \quad (1)$$

де $T_{t,p}$ – час перехідного процесу; $p(t)$, $\omega(t)$ – залежності кривих перехідного процесу, що визначаються від оптимізуються параметрів запобіжного клапана C_x , x_z і x_0 ; $p_T(t)$, $\omega_T(t)$ – теоретичні (задані) криві перехідного процесу.

В процесі оптимізації критерій I прагне до мінімального значення, а криві $p(t)$, $\omega(t)$ і $p_T(t)$, $\omega_T(t)$, що відображають процес розгону -

зближуються. Як заданої траєкторії для кривих $p_{theor}(t)$ і $\omega_{theor}(t)$ при роботі мехатронної системи розглянемо експоненту:

$$p_T(t) = p_0 \times \frac{e}{e} - e^{-\frac{t}{T}} \frac{\dot{u}}{\dot{u}}, \quad \omega_T(t) = \omega_0 \times \frac{e}{e} - e^{-\frac{t}{T}} \frac{\dot{u}}{\dot{u}}; \quad (2)$$

де T – постійна часу; p_0, ω_0 – задані значення тиску і кутової швидкості в процесі розгону, відповідно.

При оптимізації параметрів, що характеризують процес зміни тиску і кутової швидкості при розгоні гідроприводу мехатронної системи, сформульовані наступні початкові умови:

- значення тиску не повинно перевищувати максимального значення робочого тиску планетарного гідромотора $p_{max} = 21$ МПа, а величина піків тиску при пуску не повинна перевищувати 32 МПа;

- час розгону системи (до закриття запобіжного клапана) не повинен перевищувати двох секунд ($T_{t,p} = 2$ с);

- вихідні значення параметрів запобіжного клапана, що оптимізуються є: $C_x = 200$ Н / см, $x_z = 0,53$ см і $x_0 = 0,125$ см.

Для виконання оптимізації запропоновані математична модель та структурно-функціональна схема мехатронної системи (рис. 1) доповнені виразами, що дозволяють визначити критерій оптимальності (1) і траєкторію заданої теоретичної кривої (2).

Блок 1 відображає пуск мехатронної системи, де крива 1 змінюється за експоненціальним законом, а крива 2 характеризує зміну тиску $p(t)$ (кутової швидкості $\omega(t)$) в мехатронній системі (рис. 1) при варіюванні параметрів, що оптимізуються. Блок 2 дозволяє визначити критерій оптимізації I , який прагне до мінімуму. Блок 3 дозволяє варіювати параметрами оптимізації. Кількість ітерацій відображено блоком 4. Оптимізація параметрів елементів управління мехатронною системою передбачає визначення параметрів, що впливають на її вихідні характеристики, а також визначення вихідних характеристик при оптимальних значеннях параметрів елементів управління.

Аналіз наведених залежностей (рис. 2, а) показує, що при вихідних значеннях параметрів запобіжного клапана процес зміни тиску $p(t)$ (крива 2) значно відрізняється від заданого $p_{theor}(t)$ (крива 1). Закид тиску перевищує заданий на 15%, а значення тиску в процесі розгону перевищують задані на 24%.

Зазначені розбіжності (рис. 2, б) реальної $p(t)$ і заданої $p_{theor}(t)$ кривих тиску характерно представлені залежністю динаміки зміни критерію оптимізації $I_{p(t)}$ (крива 2). При цьому значення критерію оптимізації по тиску становить $I_{p(t)} = 9,12\%$.

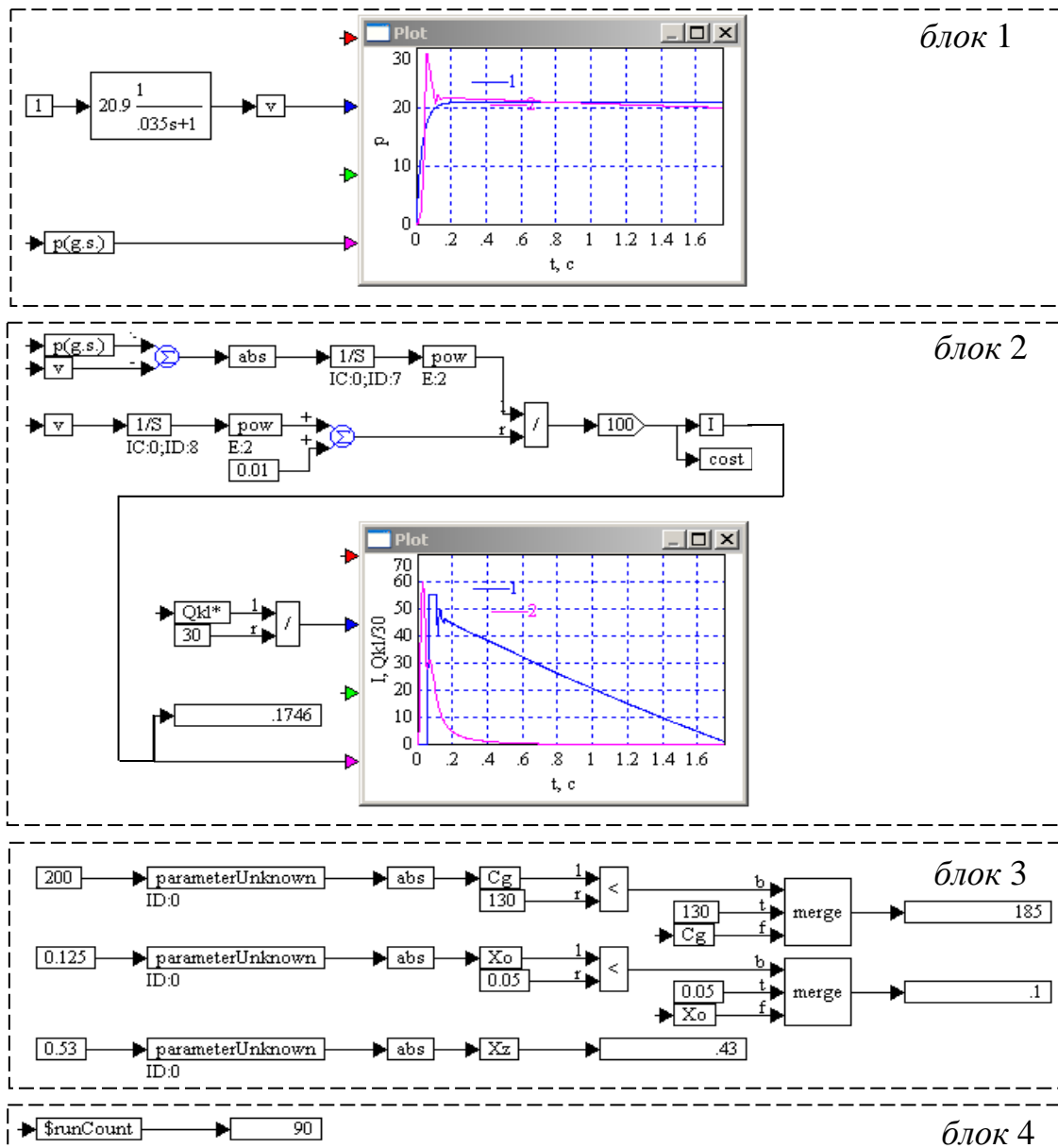


Рис. 1. Структурно-функціональна схема оптимізації вихідних характеристик мехатронної системи з планетарним гидромотором

Необхідно відзначити (рис. 3, а) що зміна кутової швидкості $\omega(t)$ в процесі розгону (крива 2) також значно відрізняється від заданої $\omega_{theor}(t)$ (крива 1). Зазначені розбіжності (рис. 3, б) реальної $\omega(t)$ і заданої $\omega_{theor}(t)$ кривих зміни кутової швидкості представлені залежністю $I_{\omega(t)}$ (крива 2). При цьому значення критерію оптимізації по кутовий швидкості становить $I_{\omega(t)} = 2,83\%$.

Тривалість процесу розгону (рис. 2, б і рис. 3, б – криві 1) становить $T_{t,p} = 0,8$ с, що є досить прийнятним.

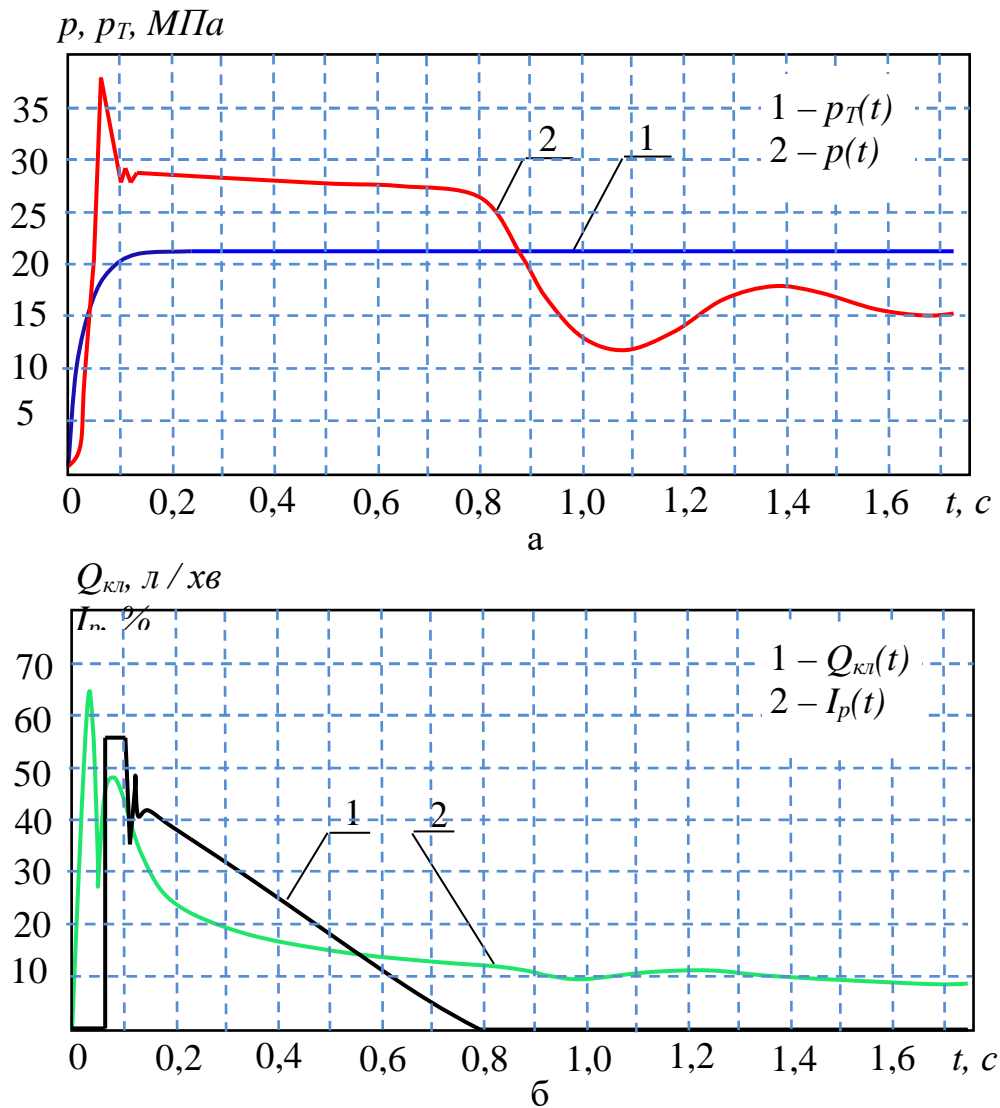


Рис. 2. Характеристика процесу розгону гідроприводу мехатронної системи при вихідних значеннях оптимізуються параметрів клапана $C_x = 200$ Н/см, $x_z = 0,53$ см, $x_0 = 0,125$ см: а – зміна тиску; б – зміна критерію оптимізації по тиску

Висновки. Аналіз проведених досліджень показує, що при вихідних значеннях параметрів запобіжного клапана процес зміни тиску значно відрізняється від заданого. Закид тиску перевищує заданий на 15%, а значення тиску в процесі розгону перевищують задані на 24%. При цьому значення критерію оптимізації по тиску становить 9,12%. Необхідно відзначити, що зміна кутової швидкості в процесі розгону також значно відрізняється від заданої. Зазначені розбіжності реальної і заданої кривих зміни кутової швидкості представлені залежністю. При цьому значення критерію оптимізації по кутовий швидкості становить 2,83%.

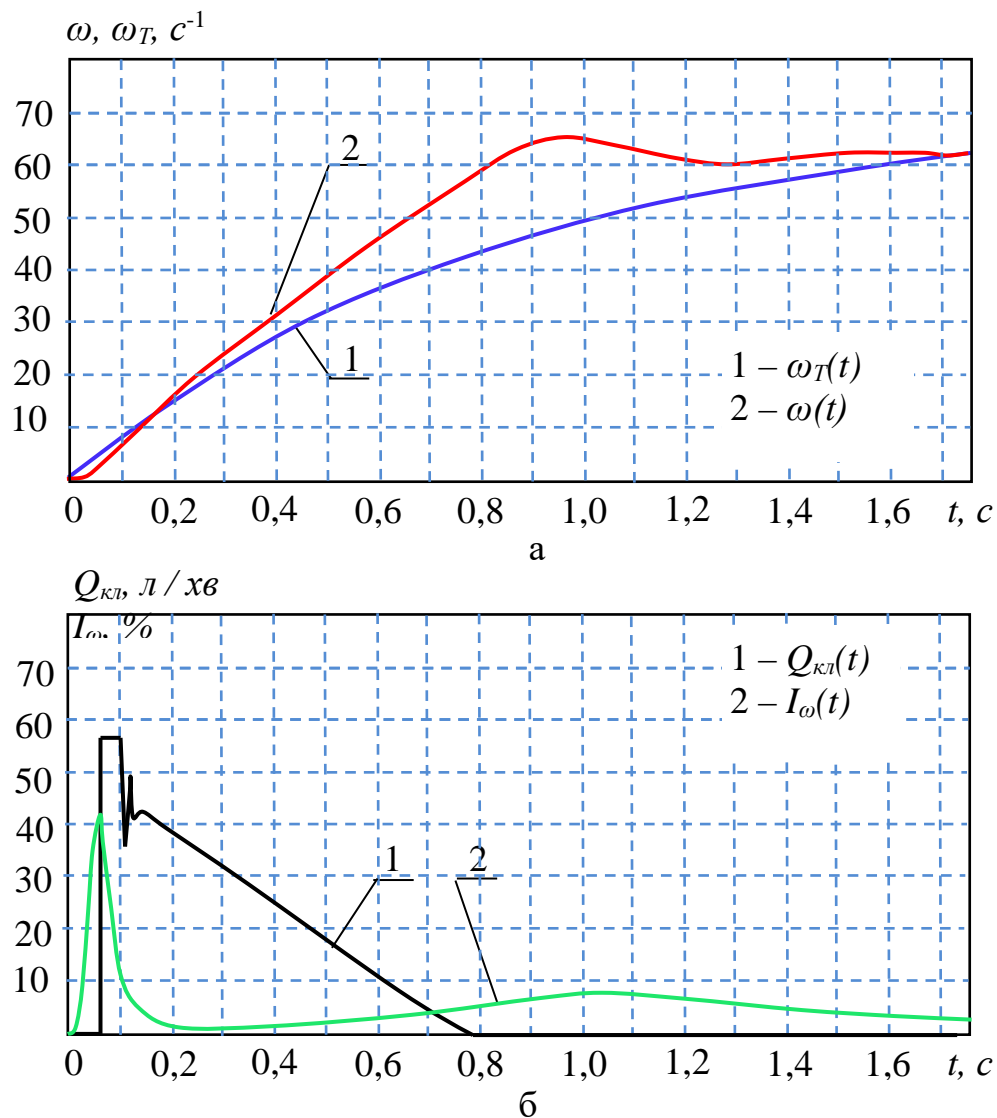


Рис. 3. Характеристика процесу розгону гідроприводу мехатронної системи при вихідних значеннях оптимізуються параметрів клапана $C_x = 200$ Н/см, $x_z = 0,53$ см, $x_0 = 0,125$ см: а – зміна кутової швидкості; б – зміна критерію оптимізації по кутовій швидкості

Список використаних джерел

1. Gamez-Montero P., Codina E. and Castilla R. A Review of Gerotor Technology in Hydraulic Machines. *Energies*. 2019. Vol. 12(12). P. 2423. <https://doi.org/10.3390/en12122423>
2. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Засядько А. І. Прогнозування зміни вихідних характеристик при проектуванні планетарного гідромотора. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 4. С. 91-105. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2020-20-4-91-105>
3. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А. Дослідження динамічних характеристик мехатронних систем з гідравлічним приводом. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 4. С. 58-72. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2020-20-4-58-72>
4. Stryczek J., Bednarczyk S., Biernacki K.: Strength analysis of the

polyoxymethylene cycloidal gears of the gerotor pump. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2014. Vol. 14(4). P. 647–660, <https://doi.org/10.1016/j.acme.2013.12.005>

5. Stryczek J., Bednarczyk S., Biernack K. Gerotor pump with POM gears: Design, production technology, research. *Archives of Civil and Mechanical Engineerin*. 2014. Vol. 14(3). P. 391–397, <https://doi.org/10.1016/j.acme.2013.12.008>

6. Voloshina A., Panchenko A., Boltyansky O., Panchenko I., Titova O.: Justification of the Kinematic Diagrams for the Distribution System of a Planetary Hydraulic Motor. *International Journal of Engineering and Technology*. 2018. Vol. 7(4.3). P. 6–11. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19544>

7. Панченко А. И., Волошина А. А., Панченко И. А. Обґрунтування кінематичних схем розподільних систем гідромашин планетарного типу. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. Вип. 18, т. 2. С. 30-49. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-18-2-29-48>

8. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Засядько А. І. Поліпшення вихідних характеристик планетарних гідромашин. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип. 19, т. 2. С. 68-85. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-2-68-85>

9. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А. Надійність конструкції роторів планетарного гідромотора. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 1. С. 82-92. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-1-82-92>

10. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Пастушенко С. І. Дослідження впливу похибки форми виготовлення роторів на вихідні характеристики планетарних гідромоторів. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип. 19, т. 4. С. 33-48. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-4-33-48>

11. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А., Нестеренко К. В. Вплив конструктивних особливостей системи роторів планетарного гідромотору на зміну його вихідних характеристик. *Праці ТДАТУ*. 2021. Вип. 21, т. 4. С. 61-77. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2021-21-2-61-77>

12. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А. Проектування мехатронних систем з заданими вихідними характеристиками. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 4. С. 18-35. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2020-20-4-18-35>

УДК 631.558:633.853.55](477)

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ РИЦИНИ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Дідур В. В.¹, д.т.н.,

Журавель Д. П.^{1,2}, д.т.н.,

¹Уманський національний університет, м. Умань, Україна

²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Постановка проблеми. Аналіз технологічного процесу механізованого збирання рицини в умовах Південного Лісостепу України є важливою темою для аграрної галузі, оскільки рицина (*Ricinus communis*) є перспективною технічною та медичною культурою, зокрема для отримання олії, яка використовується у різних галузях промисловості [1-4].

Для детального аналізу цього процесу потрібно розглянути кілька основних аспектів:

1. Агротехнічні умови та технологія вирощування рицини в Південному Лісостепу України.

Кліматичні умови: Південний Лісостеп України має помірно континентальний клімат, що підходить для вирощування рицини, яка є теплолюбною рослиною. Однак важливо враховувати наявність посухи влітку, що може потребувати додаткових зусиль для зрошення.

Ґрунти: Південний Лісостеп характеризується чорноземами, які добре підходять для вирощування багатьох сільськогосподарських культур, зокрема рицини. Для досягнення високих врожаїв необхідно підтримувати оптимальний рівень родючості ґрунтів і проводити їх своєчасне удобрення.

Особливості вирощування: рицина висівається весною, з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов. Важливими факторами є правильний вибір сорту рицини, сівозміна та забезпечення рослин необхідними агротехнічними заходами.

2. Технологічний процес збирання рицини.

Механізоване збирання рицини передбачає кілька етапів:

Підготовка техніки: для збирання рицини використовуються спеціалізовані комбайни або адаптовані комбайни для збору культур, подібних до рицини. Важливою є їх налаштування на специфічні характеристики рослини – висоту, форму та консистенцію стебел і плодів.

Техніка збирання: збирання рицини зазвичай здійснюється за допомогою комбайнів або жаток, оснащених спеціальними системами

для збору насіння. Комбайни повинні бути оснащені системами для очищення насіння від сміття та інших забруднень.

Технічні труднощі: через те, що рицина має високі стебла, збір може бути складним, тому важливо враховувати такі фактори, як висота рослин, міцність стебел і маса плодів. У разі збирання вручну можуть виникнути додаткові труднощі з технічним забезпеченням, що знижує ефективність.

3. Проблеми механізованого збирання рицини.

Низька інтенсивність збору: оскільки рицина має великий зріст і насіння вимагає обережного збору, на великих площах механізоване збирання може бути менш ефективним, ніж для інших культур.

Пошкодження насіння: під час збору можуть виникати втрати насіння або його пошкодження. Для цього потрібні спеціальні комбайни, які мінімізують пошкодження і забруднення.

Невизначеність часу збору: термін збору рицини залежить від погодних умов та стану рослин. В Україні збори часто здійснюються в умовах нестабільної погоди, що може ускладнити механізоване збирання.

4. Економічні та екологічні аспекти.

Економічна ефективність: механізоване збирання може бути економічно вигідним, але потребує значних капіталовкладень у техніку. Однак при великих площах вирощування рицини ефективність технології збирання суттєво підвищується.

Екологічні переваги: рицина є менш вимогливою до умов зрощення і, порівняно з іншими культурами, може сприяти збереженню водних ресурсів в умовах посушливих регіонів.

5. Перспективи розвитку та вдосконалення технології.

Інновації в техніці: в Україні є перспективи для розвитку спеціалізованих комбайнів, які будуть більш ефективно працювати при збиранні рицини. Це може включати вдосконалення систем для зменшення втрат насіння та поліпшення очищення.

Підвищення врожайності: використання сучасних технологій для вирощування рицини (нові сорти, покращені агротехнічні заходи) дозволить збільшити врожайність і полегшити процес механізованого збирання.

Основні матеріали дослідження. Робота присвячена обґрунтуванню технологічного процесу збирання рицини методом прямого комбайнування. Рицину було посіяно за традиційною технологією з міжряддям 70 см з різними густотами від 15-50 тис. рослин на 1 га. Від густоти стояння рослин ми отримали різну висоту і різну кількість в'язів та пагонів. Головна задача знайти оптимальну висоту розміщення горіхів рицини. Дослідження проводились в південній зоні Вінницької області. Ми отримали повне дозрівання першої і другої в'язі рослин. Третя і четверта в'язь не встигли дозріти. В середньому ми отримали, в перерахунку на сухе насіння, біологічно

зрілі зерна ріцини 28 ц/га. Найкраще сформувалась перша і друга в'язь при густоті стояння 20-25 тис / 1 га. Ми отримали перу в'язь (одна китиця з горіхами) на висоті 40-45 см над землею. А друга в'язь складалася, в середньому з 4 пагонів на одну рослину і розміщувалася на 110-130 см над землею. Третю і четверту в'язь в обрахунок не бралось, так як вони мали невиповнене зерно. Задача була підібрати комбайн і жатку для обмолота прямим комбайнування.

Початкова ідея і домовленість використати комбайн Claas Lexion 460 з комбінованим молотильно-сепаруючим вузлом. Використовуючи технологію APS з послідуною доочисткою роторним сепаратором пристрій Roto Plus. Також до комбайна в господарстві було три жатки: Claas C 750 зернова (рис.1), MAANS S 750 «Соната» (соняшникова) (рис.2) та Claas conspeed 8-70 FC (кукурудзяна) (рис.3), які ми домовились випробувати, щоб підібрати, яка із них дасть менше втрат зерна.



Рис.1. Комбайн з зерновою жаткою Claas C 750



Рис.2. Комбайн з соняшниковою жаткою MAANS S 750«Соната»

Рослина ріцини повністю висохла, мала вологість зерна 10-12 %. Саме перше, ми обладнали комбайн зерновою жаткою, налагодили режим комбайна на обмолот ріцини з найменшим оборотом ротора 300 об/хв.



Рис 3. Комбайн з кукурудзяною жаткою Claas conspeed 8-70 FC

При зрізанні жаткою рослини, так як стебло тверде, отримували сильний струс та осипання горіхів. Тільки 30% горіхів попадало в жатку. Інші осипались на землю перед жаткою. Використання мотовила добавляло втрати, а також викидання цілої рослини, яка пагонами та китицями чіплялась за перетинки. Технічна ідея була невдалою, так втрачалось 70% перед жаткою. Стебла які пішли на обмолот в комбайн, в такому режимі, забило барабан комбайну. Опустивши підбарабання ми потім отримали забивання ротора. Те насіння, яке проходило було побите та пошкоджене.

На наступний день, ми укомплектували комбайн кукурудзяною жаткою, з тією ідеєю, щоб в комбайн не попадали стебла а тільки горіхи. При збиранні, майже, всі горіхи які обтирала жатка по жатці скочувались на землю. Так як жатка має нахил вперед, а горіхи пружинились за рахунок шипів і падали перед жаткою. В комбайн попадало тільки 10-20% горіхів. Підбарабання було повністю опущене, мінімальні обороти які міг дати комбайн 300 об/хв. Все одно отримали бите зерно з великим вмістом сміття. Перепробувавши ще різні варіанти настоек і не отримавши покращеного результату, прийняли рішення призупинити збирання, так як біля 80% було втрат.

Наступну випробували соняшникову жатку. При попаданні горіхів на ліхтьори, вони там збирались, але в жатку не попадали. В жатку попадала тільки верхня частина стебла, яка відразу ж забила ротор. Збирання ми зупинили щоб не втратити врожай.

Слідуючим було прийняте рішення взяти чисто роторний комбайн Джон Дір 9660 STS із зерновою жаткою обладнаною ріпаковим столом. Ми отримали менше осипання, але також отримали бите зерно, так як ми не могли дати менше 280 обертів на ротор бо він забивався стеблами.

Змінюючи налаштування ми отримували повністю пошкоджене зерно. Також були спроби налаштувати комбайн збільшивши зазори на роторі і на решетах, щоб збирати цілими горіхами без обмолоту. Всі налаштування не дали нами отримати цього результату, все рівно, багато зерна було пошкоджено.

Наступний комбайн який ми знайшли, був Дон 1500 з переробленим, збільшеним шківом на привод барабану, який здійснював 200 об/хв, та перероблене підбарабання з решета. Жатка зернова із соняшnikовою приставкою та мотовилом з дерев'яними планками, також збирання було зупинено. Були великі втрати жаткою та бите зерно.

Наступним комбайном було домовлено MASSEY FERGUSON 40 RS із жаткою MASSEY FERGUSON POWEEFLOW. При роботі жатки було менше втрат, так як горіхи підбиралися лентою і попадали в комбайн, але барабаном сильно пошкоджувалось зерно. При багатьох варіантах налаштувань, ми не змогли отримати хорошого виходу зерна.

Наступне наше прийняте рішення шукати комбайн Case 2388, так як в даній моделі роторного комбайна налаштування дозволяли зменшити обороти до 180-200 об/хв і мали режим для збирання корбових бобів.

В господарстві, яке погодилось надати послуги, було чотири жатки: кукурудзяна Dominoni Rock 8/70; соняшnikова FIELLDAY 6 м; зернова жатка з приставкою Flex Ettaro; зернова жатка Case 1020 Flex.

Кукурудзяна жатка дала можливість здійснити обмолот ротора при 180 об/хв. Майже все насіння було ціле і неушкоджене, але сама жатка втрачала велику кількість горіхів. В зернових жатках були втрати від осипання. Вся маса в бункері на 70% була з рослинним сміттям, що унеможливило висипання шнековим транспортером.

Після чого комбайнер порадив взяти в сусідньому господарстві соняшnikову жатку ПСП 1,5 перероблену для комбайна Case. Після чого домовились з фермером та випробували. Загальна конструкція дозволила нам, майже, не отримати втрат горіхів. Так як горіхи падали на ленту, а лента забирала їх до шнеку. Але стебла також відрізало і вкидало в комбайн.

Після очищення на аеродинамічній машині, нам вдалося деяку частину зерна довести до нормальної кондиції. З даних дослідів був зроблений висновок, що найбільш придатна жатка для збирання рицини ПСП 1,5 (рис.4).

Після переобладнання і деякої доробки в конструкції можна отримати модель, яка буде якісно збирати горіхи рицини без стебла. Що дасть можливість за допомогою роторного комбайна Caas 2388 отримати обмолочене зерно, яке буде потребувати тільки доочистки на аеродинамічній машині.



Рис. 4. Комбайн CASE 2388-Е з соняшниковою жаткою ПСП 1,5

Висновок. Механізоване збирання рицини в умовах Південного Лісостепу України є перспективним напрямом для аграрної галузі, але для його повноцінної реалізації потрібно враховувати специфічні агротехнічні, економічні та технічні аспекти. Збільшення ефективності механізованого збору насіння може стати ключовим фактором для розвитку цього сектору сільського господарства в Україні.

Список використаних джерел

1. Журавель Д. П., Дідур В. В. Механіко-технологічні основи глибокої переробки насіння рицини на енергетичну біосировину: монографія. Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. 275 с., іл.
2. Журавель Д. П. Обґрунтування аеродинамічних властивостей вороху рицини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2021. Вип. 21, т. 2. С. 42–50. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2021-21-2-42-50>
3. Дідур В. В. Аналіз технологій отримання олії з олійних культур. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2022. Вип. 12, т. 3. 10 с.
4. Журавель Д. П. Дослідження аеродинамічних властивостей компонентів насіння рицини. *Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв*: Матеріали МНПК. Харків: ДБТУ, 2021. С. 411–413.

УДК 621.225.001.4

ВПЛИВ ЗМІНИ ДІАМЕТРАЛЬНОГО ЗАЗОРУ НА ВИХІДНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНЕТАРНОГО ГІДРОМОТОРА

Панченко А. І.¹, д.т.н.,

Волошина А. А.¹, д.т.н.,

Панченко І. А.¹, асистент,

Холод І. М.¹, асистент,

Волошин А. А.², викл. спецдисциплін

¹Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

²ВСП «Мелітопольський коледж ТДАТУ», м. Запоріжжя, Україна

Постановка проблеми. Для приводу активних робочих органів та ходових систем самохідної техніки використовуються різні типи гідравлічних машин [1-3], але особлива увага приділяється планетарним гідромоторам [4, 5]. Основним вузлом цих гідромоторів, що впливає на їх працездатність, є система роторів [6, 7]. Дослідження кінематики переміщення внутрішнього ротора планетарного гідромотора за наявності діаметрального зазору G , дозволили отримати математичний апарат, що описує залежність зміни сталої кутової швидкості [8, 9]. В результаті теоретичних досліджень розроблено фізичні моделі та математичний апарат, що дозволяють описати взаємозв'язок конструктивних особливостей внутрішнього і зовнішнього роторів та вихідних характеристик планетарного гідромотора [10, 11].

Таким чином, питання дослідження впливу величини діаметрального зазору на кінематику руху роторів орбітального гідромотора, з метою стабілізації його вихідних характеристик, і як наслідок стабілізації вихідних характеристик гідроприводів самохідної техніки, є актуальним завданням.

Основні матеріали дослідження. Дослідження зміни вихідних характеристик планетарного гідромотора за наявності діаметрального зазору проводилося шляхом моделювання кінематики руху роторів за допомогою системи динамічного моделювання VisSim. Моделювання проводилося для планетарного гідромотора потужністю 22 кВт з робочим об'ємом 250 см³ залежно від зміни значень діаметрального зазору G між його роторами [8, 9, 12]. При дослідженні процесів зміни вихідних характеристик планетарного гідромотора в залежності від зміни діаметрального зазору G (рис. 1) використовувався розроблений математичний апарат.

Дослідження зміни загального ККД стандартної роторної гідромашини об'ємного принципу дії проводилося за даними аксіально-поршневого гідромотора MFS90 з робочим об'ємом 89 см³ [8, 9, 12]. Під

час визначення загального ККД аксіально-поршневого гідромотора використовували загальновідомі математичні залежності.

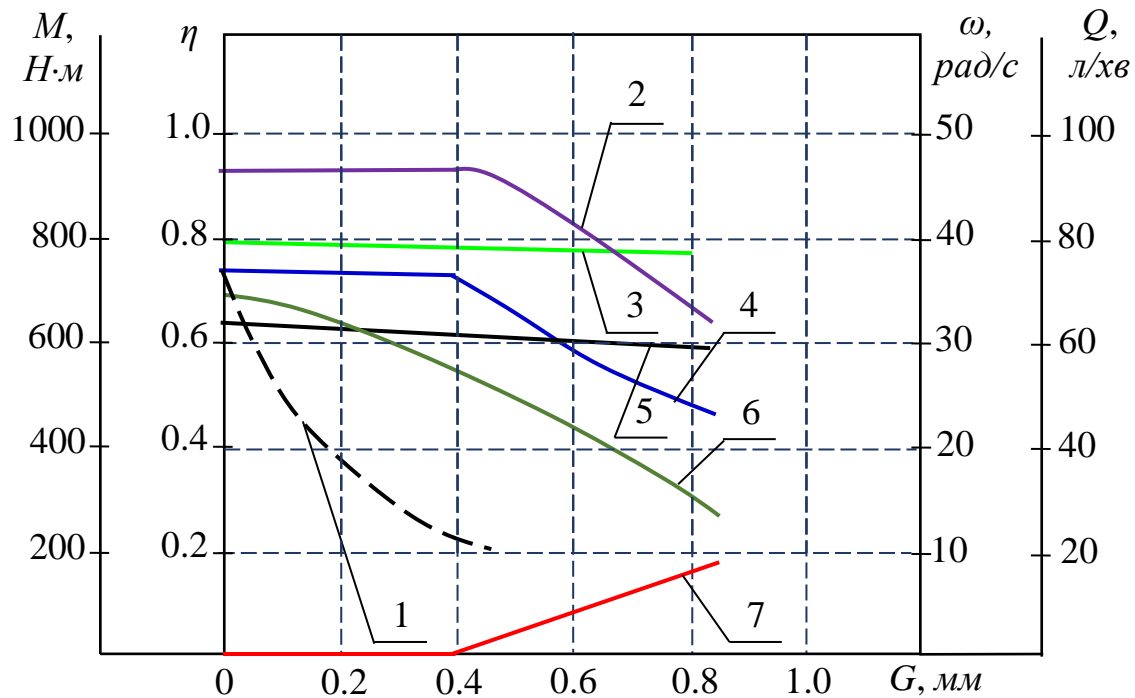


Рис. 1. Залежність зміни вихідних характеристик планетарного гідромотора від діаметрального зазору: 1 – загального ККД аксіально-поршневого гідромотора; 2 – об'ємного ККД; 3 – гідромеханічного ККД; 4 – загального ККД; 5 - крутного моменту $M_{тор}$; 6 - кутової швидкості ω ; 7 – витрати витоків Q_r

Аналіз залежності зміни функціональних характеристик планетарного гідромотора від діаметрального зазору G з урахуванням кінематики переміщення його роторів показує (рис. 1), що вони відрізняються від характеристик звичайних гідромашин об'ємної дії. Привертає увагу характер кривої 1, що характеризує залежність зміни загального ККД стандартної гідромашини об'ємної дії від зміни зазору між роторами (рис. 1). При зміні цього зазору в діапазоні 0...0,4 мм загальний ККД гідромашини об'ємної дії зменшується в 3,6 рази (0,75...0,21), що пояснюється перетічками, що зростають між її роторами. Загальний ККД планетарного гідромотора (рис. 1, крива 4) при аналогічних змінах діаметрального зазору G залишається практично незмінним, оскільки гідромеханічний та об'ємний ККД цієї гідромашини не змінюють своїх значень.

Високе значення (0,92) та сталість об'ємного ККД (рис. 1, крива 2) планетарного гідромотора пояснюється властивістю його роторів «самогерметизуватися» у процесі переміщення, усуваючи перетікання в діаметральному напрямку.

Постійне значення гідромеханічного ККД (рис. 1, крива 3) і крутного моменту (рис. 1, крива 5) при зміні зазору між роторами

гідромашин об'ємної дії це нормальне явище для всіх гідромашин такого типу.

На особливу увагу заслуговує зміна кутової швидкості обертання валу планетарного гідромотора (рис. 1, крива 6) значення якої зменшуються від 35 до 27 рад/с при збільшенні зазору від 0 до 0,4 мм. Така зміна кутової швидкості валу планетарного гідромотора пояснюється додатковими переміщеннями його внутрішнього ротора, що виникли за наявності діаметрального зазору та відсутності «жорсткого» кінематичного зв'язку між центрами його роторів.

Аналіз представлених залежностей показує (рис. 1), що критичне значення діаметрального зазору дорівнює $G_{lim} = 0.4$ мм. При зміні діаметрального зазору G , залежно від ступеня зношування зубчастих поверхонь роторів, зміну вихідних характеристик планетарного гідромотора можна розділити на дві ділянки. Перша ділянка при значеннях діаметрального зазору $G = 0 \dots 0.4$ мм менше критичного G_{lim} ($G < G_{lim}$), а друга при значеннях діаметрального зазору $G = 0.4 \dots 0.8$ мм більше критичного G_{lim} ($G > G_{lim}$).

Усі розглянуті залежності (рис. 7, криві 2, 3, 4, 5 і 7) зміни вихідних характеристик планетарного гідромотора в залежності від діаметрального зазору, представлені на першій ділянці (при $G < G_{lim}$) паралельні осі абсцис. Це свідчить про «самогерметизацію» роторів планетарного гідромотора, у яких відсутня «жорстка» міжцентрова відстань.

Порівняння залежностей зміни загального ККД (рис. 1, крива 1) аксіально-поршневого гідромотора та загального ККД планетарного гідромотора (рис. 1, крива 4) вказує на суттєву різницю в характері їх зміни. Така відмінність пояснюється тим, що у стандартної роторної гідромашини об'ємної дії при значеннях діаметрального зазору $G = 0 \dots 0.4$ мм (перша ділянка) мають місце великі витоки в робочих камерах. У зв'язку з цим об'ємний ККД, а отже, і загальний ККД аксіально-поршневого гідромотора, зменшується до значення 0.2, що унеможливує його подальшу експлуатацію.

Привертає увагу різке зменшення кутової швидкості від 34 до 27 рад/с (рис. 1, крива 6), викликане додатковими переміщеннями внутрішнього ротора планетарного гідромотора на ділянці, що розглядається.

Характер зміни вихідних характеристик планетарного гідромотора (рис. 1), що представлені на другій ділянці (при $G > G_{lim}$) підтверджує дослідження кінематики переміщення внутрішнього ротора та пояснює нестандартні зміни розглянутих характеристик. При значеннях діаметрального зазору $G = 0.4 \dots 0.8$ мм зміна загального ККД аксіально-поршневого гідромотора (рис. 1, крива 1) не розглядалася через непрацездатність гідромашини в цьому діапазоні зазорів між робочими елементами.

Усі інші залежності (рис. 1, криві 2, 3, 4, 5, 6 та 7) зміни вихідних

характеристик планетарного гідромотора від діаметрального зазору, що представлені на другій ділянці (при $G > G_{lim}$) можна розділити на дві групи.

Перша група – це залежності, характер зміни яких є продовженням відповідних залежностей, зазначених на першій ділянці ($G < G_{lim}$). До цієї групи (рис. 1) відносяться залежності зміни гідромеханічного ККД (рис. 1, крива 3), крутного моменту (рис. 1, крива 5) і кутової швидкості (рис. 1, крива 6), характер зміни яких залишився незмінним. У діапазоні зміни діаметрального зазору $G = 0...0.8$ мм зменшення гідромеханічного ККД становлять 3% (0.8...0.78), крутного моменту – 5% (620...595 Н·м), а кутової швидкості – 56% (34...15 рад/с).

Друга група – це залежності, характер зміни яких різко відрізняється від відповідних залежностей, представлених першому ділянці ($G < G_{lim}$). До цієї групи належать (рис. 1) залежності зміни об'ємного ККД (рис. 1, крива 2), загального ККД (крива 4) та витрати витоків (рис. 1, крива 7). У діапазоні зміни діаметрального зазору $G = 0.4...0.8$ мм зменшення об'ємного ККД становить 18% (0.94...0.68), загального ККД – 35% (0.73...0.48) та спостерігається збільшення витрати витоків від 0 до 17 л/хв. Ці зміни підтверджують дослідження кінематики переміщення внутрішнього ротора та пояснюються наявністю витрати витоків (рис. 1, крива 7)). Наявність витрати витоків (рис. 1, крива 7) між камерами високого і низького тисків (рис. 1.5) є фактором, що знижує об'ємний (рис. 1, крива 2), і як наслідок, загальний ККД (рис. 7, крива 4) досліджуваного планетарного гідромотора за зміни діаметрального зазору в діапазоні $G = 0.4...0.8$ мм.

Проведені дослідження дозволяють прогнозувати зміни вихідних характеристик планетарних гідромоторів та гідроприводів самохідної техніки в цілому як на стадії розробки, так і на стадії проектування.

Висновки. Аналіз досліджень зміна вихідних характеристик планетарного гідромотора шляхом моделювання кінематики руху його роторів показує, що до нестандартних змін вихідних характеристик гідромоторів даного типу відносяться зміни загального ККД і зміни кутової швидкості обертання його валу. При зміні зазору між роторами в діапазоні 0...0,4 мм загальний ККД гідромашини об'ємної дії зменшується в 3,6 рази (0,75...0,21), що пояснюється перетічками, які зростають між її роторами. Загальний ККД планетарного гідромотора за аналогічних змін діаметрального зазору G залишається практично незмінним.

Високе значення (0,92) та сталість об'ємного ККД планетарного гідромотора пояснюється властивістю його роторів «самогерметизуватися» у процесі переміщення усуваючи перетікання в діаметральному напрямку.

Аналіз досліджень зміни вихідних характеристик планетарного гідромотора шляхом моделювання кінематики руху його роторів

показує, що при значеннях діаметрального зазору 0...0.4 мм на першій ділянці всі розглянуті залежності зміни вихідних характеристик орбітального гідромотора від діаметрального зазору паралельні осі абсцис. Це свідчить про «самогерметизацію» роторів орбітального гідромотора, проте, привертає увагу значне від 34 до 27 рад/с зменшення кутової швидкості, викликане додатковими переміщеннями внутрішнього ротора.

Характер зміни вихідних характеристик, представлених на другій ділянці, підтверджує дослідження кінематики переміщення внутрішнього ротора і пояснює нестандартні зміни розглянутих характеристик. При значеннях діаметрального зазору 0.4...0.8 мм, усі отримані залежності зміни вихідних характеристик поділяються на дві групи:

– перша група – це залежності зміни гідромеханічного ККД, крутного моменту та кутової швидкості, характер зміни яких залишився незмінним. Встановлено, що зменшення гідромеханічного ККД становлять 3%, крутного моменту – 5 %, а кутової швидкості – 56 %. Зменшення кутової швидкості від 34 до 27 рад/с викликане додатковими переміщеннями внутрішнього ротора на ділянці, що розглядається;

– друга група – це залежності, що характеризують зменшення об'ємного ККД на 18%, загального ККД на 35% та збільшення витрати витоків від 0 до 17 л/хв. Ці зміни підтверджують дослідження кінематики переміщення внутрішнього ротора і пояснюються наявністю витрати витоків між камерами високого та низького тисків, і тому є фактором, що знижує об'ємний і, як наслідок, загальний ККД гідромотора, що досліджується.

Список використаних джерел

1. Gamez-Montero P., Codina E. and Castilla R. A Review of Gerotor Technology in Hydraulic Machines. *Energies*. 2019. Vol. 12(12). P. 2423. <https://doi.org/10.3390/en12122423>

2. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А. Проектування мехатронних систем з заданими вихідними характеристиками. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 4. С. 18-35. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2020-20-4-18-35>

3. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Засядько А. І. Прогнозування зміни вихідних характеристик при проектуванні планетарного гідромотора. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 4. С. 91-105. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2020-20-4-91-105>

4. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Засядько А. І. Поліпшення вихідних характеристик планетарних гідромашин. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип. 19, т. 2. С. 68-85. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-2-68-85>

5. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А. Обґрунтування

кінематичних схем розподільних систем гідромашин планетарно-го типу. *Праці ТДАТУ*. 2018. Вип. 18, т. 2. С. 30-49. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-18-2-29-48>

6. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Пастушенко С. І. Дослідження впливу похибки форми виготовлення роторів на вихідні характеристики планетарних гідромоторів. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип. 19, т. 4. С. 33-48. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-4-33-48>

7. Панченко А.І., Волошина А.А., Панченко І.А. Надійність конструкції роторів планетарного гідромотора. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ. 2020. Вип. 20. Т. 1. С. 82-92. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-1-82-92>

8. Panchenko A., Voloshina A., Luzan P., Panchenko I., Volkov S. Kinematics of motion of rotors of an orbital hydraulic machine. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol.1021(1). P. 012045. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1021/1/012045>

9. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А. Вплив величини діаметрального зазору на кінематику руху внутрішнього ротора орбітального гідромотора. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2023. Вип. 13, т. 1. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-1-3>

10. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А. Дослідження динамічних характеристик мехатронних систем з гідравлічним приводом. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 4. С. 58-72. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2020-20-4-58-72>

11. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А., Нестеренко К. В. Вплив конструктивних особливостей системи роторів планетарного гідромотору на зміну його вихідних характеристик. *Праці ТДАТУ*. 2021. Вип. 21, т. 4. С. 61-77. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2021-21-2-61-77>

12. Panchenko A., Voloshina A., Sadullozoda S. S., Panchenko I., Mitin V. The Changes in the Output Parameters of Planetary Hydraulic Machines with the Increase in the Gap Between Their Rotors. *InterPartner 2022: Advanced Manufacturing Processes IV. LNME*. Springer, Cham. 2023. P. 540–551, https://doi.org/10.1007/978-3-031-16651-8_51

УДК 631.674:681.5:004.9

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ У СИСТЕМАХ ЗРОШЕННЯ

Зможенко А. О., магістрант,

Гулевський В. Б., к.т.н.,

Постол Ю. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва питання ефективного використання водних ресурсів набуває особливої актуальності. Зростаюча частота посух, нестабільність атмосферних опадів, деградація ґрунтів та глобальні кліматичні зміни формують нові виклики для аграрного сектору України. Забезпечення стабільної врожайності вимагає пошуку інноваційних технологічних рішень, здатних оптимізувати водоспоживання та підтримувати продуктивність сільськогосподарських культур.

Одним із найбільш перспективних методів є крапельне зрошення, яке забезпечує раціональне використання води та сприяє підвищенню врожайності. Водночас його широке впровадження стримується низкою проблем: високими капітальними витратами на обладнання, технічними труднощами експлуатації та жорсткими вимогами до якості води. Для ефективного функціонування системи необхідні не лише фінансові інвестиції, а й підготовка кваліфікованого персоналу та регулярне технічне обслуговування.

Важливим напрямом удосконалення технологій зрошення є їх автоматизація. Використання сучасних сенсорних систем, контролерів та програмного забезпечення дозволяє оптимізувати витрати води й енергії, підвищити врожайність та мінімізувати вплив людського фактора. Проте процес автоматизації супроводжується низкою викликів: значною вартістю обладнання, залежністю від стабільного енергопостачання та складністю інтеграції сенсорних і програмних комплексів у виробничі процеси.

Таким чином, постає науково-практична проблема розробки та впровадження енергоефективних і економічно доступних систем крапельного зрошення з високим рівнем автоматизації, що здатні забезпечити стійкий розвиток аграрного сектору в умовах кліматичних змін.

Основні матеріали дослідження. Сучасні технології зрошення дедалі частіше базуються на використанні електронних систем управління. До їх складу входять контролери (Arduino, PLC), датчики вологості ґрунту, електромагнітні клапани, а також реле та контактори для керування насосним обладнанням. Завдяки цьому забезпечується автоматичне вмикання та вимикання поливу залежно від рівня вологості ґрунту, можливість інтеграції таймерів і погодних модулів, зменшення впливу людського фактору та оптимізація витрат водних і енергетичних ресурсів.

Інноваційні системи зрошення активно розвиваються у напрямі впровадження смарт-технологій та рішень на основі Інтернету речей. Вони передбачають використання хмарних платформ для моніторингу та управління, мобільних додатків для дистанційного доступу, GPS-навігації для точного внесення води та добрив, а також сенсорних

мереж для збору даних у реальному часі. Такі рішення вже застосовуються у великих агрохолдингах і демонструють високу ефективність, особливо при вирощуванні культур із підвищеною потребою у волозі, таких як кукурудза, томати чи виноград.

Висновки. Класичні системи зрошення відзначаються простотою та доступністю, проте потребують ручного керування і характеризуються низькою економічністю. Автоматизовані системи забезпечують точність та економію ресурсів, але потребують значних інвестицій і налаштування. Смарт-рішення на основі IoT дозволяють здійснювати дистанційне керування та аналітику, однак їх впровадження супроводжується високою вартістю та залежністю від стабільного інтернет-з'єднання.

Таким чином, сучасні системи зрошення еволюціонують від класичних до автоматизованих і смарт-рішень, що дозволяє значно підвищити ефективність використання водних та енергетичних ресурсів, але водночас потребує додаткових інвестицій та високого рівня технічної підтримки.

Список використаних джерел

1. Інновації у системах автоматичного зрошення. *Vegetable* веб-сайт. URL: <https://vegetable.com.ua/doslidzhuemo-novinki-u-sviti-sistem-avtomatichnogo-zroshennya/> (дата звернення 10.11.2025)
2. Розрахунок і проєктування систем крапельного поливу. Інформаційно-аналітична система «Аграрії разом». URL: <https://agrarii-razom.com.ua/article/rozrahunok-i-proektuvannya-sistemkraplinnogo-polivu> (дата звернення 10.11.2025)
3. Monteleone S., de Moraes E. A., Maia R. F. Analysis of the variables that affect the intention to adopt Precision Agriculture for smart water management in Agriculture 4.0 context. Global IoT Summit (GIoTS), Aarhus, Denmark. 2019. <https://doi.org/10.1109/GIOTS.2019.8766384>
4. Гулевский В. Б., Кузнецов И. О. Современные тенденции в автоматизации технологических процессов. *Науковий вісник ТДАТУ*. Вип. 9, т. 1. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2019-1-49>
5. Стьопін Ю. О., Постол Ю. О., Гулевський В. Б. Сучасні підходи до викладання дисципліни “Електротехнологія”. *Удосконалення освітньо-виховного процесу в закладі вищої освіти*. 2020. Вип. 23. С. 197–202.

УДК 620.1.631.372

СВІТОВІ ТА ВІТЧИЗНЯНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

Покотилюк М. М., здобувач ВО,

Горач О. О., д.т.н.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна

Постановка проблеми. В останні роки впровадження інформаційних технологій в сільському господарстві призвело до коригування способів обробки сільськогосподарських культур та управління полями. Технології докорінно змінили концепцію сільського господарства, зробивши його більш вигідним, ефективним, безпечним та простим. Як результат, сучасні ферми отримують значні вигоди від інформаційних технологій у сільському господарстві, що постійно розвиваються. Ці переваги включають зниження споживання води, поживних речовин та добрив, зниження негативного впливу на навколишню екосистему, зменшення хімічного стоку у місцеві ґрунтові води та річки, підвищення ефективності, зниження цін та багато іншого. Таким чином, бізнес стає економічно вигідним, розумним та стійким, а екологічна ситуація довкола підприємств агро-промислового комплексу покращується в сторону зменшення викидів у навколишнє середовище.

Основні матеріали дослідження. Оскільки поля залежать від місцезнаходження, ГІС (геоінформаційні системи) карти стають неймовірно корисним інструментом з точки зору точного сільського господарства. Використовуючи геоінформаційні технології в сільському господарстві, фермери можуть скласти карту поточних і майбутніх змін кількості опадів, температури, врожайності, здоров'я рослин тощо. Також воно дозволяє використовувати застосунки на основі GPS, сумісні з інтелектуальними технологіями для оптимізації внесення добрив та пестицидів у сільському господарстві; з огляду на те, що фермерам не потрібно обробляти все поле, а обробляти тільки певні ділянки, вони можуть досягти економії грошей, зусиль і часу. Ще однією великою перевагою ГІС технологій в сільському господарстві, є використання супутників та дронів для збору цінних даних про рослинність, ґрунтові умови, погоду та рельєф з висоти пташиного польоту. Такі дані значно покращують точність прийняття рішень у сільському господарстві.

ГІС карти це один з найбільш цікавих способів застосування технологій у агропромисловості. На противагу традиційним картам, цифрові ГІС карти є динамічні та інтерактивні. Вони допомагають виділяти раніше непомічені ознаки та показують їх зміни з часом на

основі заданих параметрів. Оскільки людське око звикло розпізнавати різні кольори і форми, ГІС карти зазвичай трансформують реальні геопросторові дані у кольорові шаблони та фігури. Це прискорює обробку інформації, а також дозволяє швидше та легше приймати обґрунтовані рішення. З технічного погляду, карти ГІС прив'язують геопросторову точку, що містить широту і довготу, до певного елемента даних. Потім за допомогою просторового аналізу можна виміряти відстані і визначити відношення між цими точками. ГІС технологія дозволяє географам та інші фахівцям візуалізувати різні види статистичних відомостей, включно з розподілом клієнтської бази, попитом на продукти та послуги, демографічними даними тощо.

Існує величезна кількість способів ГІС картографування залежно від того, що саме потрібно візуалізувати. Насправді, це може бути будь-що: від густоти населення до розподілу рослинних культур. Основними видами ГІС карт є класифікаційні, теплові, кластерні, бульбашкові та кількісні. Звісно, картографічні геоінформаційні системи не обмежуються корисними інтерактивними функціями, перерахованими вище. Інструменти картографії завжди можна налаштувати під конкретну нішу та вирішення вузькоспеціальних проблем. У цьому сенсі інтерактивні цифрові карти мають дійсно широкий спектр застосування. До того ж технологія ГІС продовжує розвиватись [1, 2].

За допомогою сучасних інноваційних технологій в сільському господарстві, таких як дрони – фермери мають можливість з високою точністю визначати біомасу врожаю, висоту рослин, наявність бур'янів та насиченість водою на певних ділянках поля. Вони надають більш якісні і точні дані з вищою роздільною здатністю в порівнянні з супутниками. Коли вони працюють на місцях у сільському господарстві, то надають цінну інформацію навіть швидше, ніж розвідники. Дрони також вважаються неперевершеними помічниками у боротьбі з комахами. Вони попереджається шляхом застосуванням інсектициду на небезпечних зонах за допомогою безпілотних технологій, при цьому зменшується ймовірність прямого впливу, що призводить до отруєння хімічними речовинами. Незважаючи на те, що дрони прості у використанні і здатні збирати великі обсяги даних в короткі терміни, при їх постійному використанні виникають проблеми як і раніше, оскільки така технологія не з дешевих. Дрони практично безпорадні там, де сільському господарству потрібно картографування або моніторинг великих територій, і краще доповнити цю технологію супутниковим моніторингом вже нанесених на карту ділянок, де конкретні зони потрібно перехресно перевірити.

На вітчизняному ринку існує високий попит на високотехнологічну техніку для потреб розумного сільського господарства. Більшість компаній і дистриб'юторів ринку мають інноваційні рішення для впровадження систем точного землеробства, моніторингу виконання робіт і витрат ресурсів. Якщо аналізувати

ємність ринку, то досить вагома його частку належить техніці для обробітку ґрунту й догляду за посівами. Зокрема, лише обсяг продажів тракторів на 2021 рік сягає щонайменше 4,5 млрд гривень.

На другій позиції цього ж року сівалки, ємність ринку для яких становить близько 2,2 млрд гривень. Досить суттєву нішу на ринку посідають продажі борін і культиваторів. Останніми роками агробізнес проявляє помітний інтерес до технологій поливу. Глобальні кліматичні змушують упроваджувати сучасні технології поливу. Ємність цього сегмента ринку техніки для сільського господарства становить близько 0,7 млрд гривень. Значну питому вагу займає сегмент техніки для збирання й доробки врожаю.

Однак лише інтуїтивний підхід до ухвалення рішень найшвидше призведе до помилок і марно втрачених коштів. Також варто знати, що значна частина проєктів у підсумку може не принести швидкого очікуваного результату. Основною причиною цього є часткове впровадження цифрових інноваційних рішень за відсутності комплексного підходу. Недостатньо купити дороге цифрове обладнання, чекаючи, що впровадження й інтеграція технологій почне приносити зразу великий прибуток, але потрібно бути готовими до глибокої трансформації агробізнесу [3, 4].

Шлях розвитку за допомогою технологій в сільському господарстві вже прогнозований до кінця десятиліття. Він включатиме в себе дві основні протиставні концепції: більш нестійка у довготривалій перспективі концепція збільшення кількості орних площ, або більш складна, проте стабільна ідея використовувати наявні землі із найбільшою ефективністю з акцентом на нові технології та розвиток старих. Прогнозується збільшення глобального ринку цифрового господарства на ~9,17% відсотків щорічно до 2030 року.

Ще однією помітною тенденцією є зростання інтересу до сталого сільського господарства. Потреба в методах сталого ведення сільського господарства сприяє одночасному зростанню систем автоматизації та управління, причому темпи зростання в річному обчисленні становлять ~10,55%.

Іншою помітною тенденцією є розвиток комерційних супутникових технологій і їх доступність для пересічного користувача. Двадцять років тому ніхто навіть не думав, що супутники можна використовувати для спостереження за сільським господарством. Зараз ми маємо доступ до комерційних супутників, технологій дистанційного зондування, які стали можливими лише близько десяти років тому. Це нове обладнання сприяє прогресу в сільському господарстві. Космічна галузь стала більш комерціалізованою, і ця тенденція продовжуватиме зростати. Постачальники даних дистанційного зондування заохочують користувачів придумати більше рішень для використання цих даних, створюючи новий ринок. Як наслідок, тепер у фермерів є все більший вибір супутникових даних і постачальників послуг.

Географія, безумовно, відіграє важливу роль у формуванні трендів, оскільки країни з більшими перспективами розвитку інновацій встановлюють тренди, за якими із задоволенням слідує світ. Зараз США та Великобританія мають найбільші частки ринку, але це може змінитися у майбутньому. У 2023 році очікується, що частка ринку Північної Америки зросте на 6,5% CAGR з 39,6%, але, за прогнозами, вона впаде до 31,0% до кінця десятиліття. Європейський Союз і Велика Британія мають іншу долю, оскільки їхня частка ринку зросте до 23,4% до 2030 року, зростаючи на 10,6% CAGR.

Країни, що розвиваються, мають більше можливостей для використання підричних тенденцій. Фермери там повинні працювати над своєю боротьбою та розвитком самостійно, не покладаючись на сторонню допомогу. Працюючи з обмеженими ресурсами, їхній технологічний розвиток, як правило, є швидшим і більш підричним для ринку. У результаті очікується, що їх частка на ринку зростатиме швидше, ніж будь-коли раніше. Наприклад, очікується, що Азійсько-тихоокеанський регіон, зумовлений розвитком Китаю та Індії, зросте на 13,6% CAGR, тоді як Латинська Америка матиме зростання на 10,2%, а Близький Схід і Африка досягнуть 17,6% CAGR за 2023-2030 р.р.. Прогнозується зростання показників CAGR і в Україні, за умови завершення війни на її користь. Стабільне положення української продукції на світовому ринку навіть в тяжких умовах, підкріплене післявоєнним відновленням агропромислових потужностей робить можливим виведення України на лідерську позицію ринку Європейського Союзу, та в перспективі й усього світового ринку продукції аграрного сектор [5].

Висновки. Технології продовжують активно застосовуватись у агропромисловості по всьому світу, і вже котрий рік неможливо уявити світ сільського господарства без їх застосування. Вони стають усе більш доступнішими, дозволяючи меншим за обсягом аграрним господарствам конкурувати з великими гравцями на ринку, ефективніше використовуючи невеликі обсяги орних площ. Напрацьовані концепції розвитку лише регулюють вміст технологій у майбутньому, проте ніколи не виключають їх.

Подібна тенденція стосується не лише самих господарств, але відноситься й до країн їх розташування. Країни, що розвиваються у близькому майбутньому матимуть перевагу у імплементації нових технологій на фоні розвинених країн першого світу. Саме у них очікується швидке та стабільне зростання ринкових показників на фоні розвинених країн, де не виключають помітний спад агропромислового сектору. Європейський Союз, якщо зуміє включити у свій склад такі країни із великою часткою аграрного сектору у ВВП, як Україна, Молдова, Боснія та Герцеговина, та Сербія, зможе й надалі протистояти на світовому ринку сільськогосподарської продукції таким гігантам як Китай, Сполучені Штати Америки та Індія і Південна Америка,

залишивши їх далеко позаду. Така можливість зумовлена не в останню чергу високим технологічним розвитком країн Європи у сільському господарстві.

Список використаних джерел

1. Інноваційна агротехніка та технології. Інноваційна агротехніка та технології // Агро-Бізнес. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/21782-innovatsiina-ahrotekhnika-ta-tekhnologii.html>
2. Horach O.O., Lavrenko N.M. Development of scientific foundations for obtaining bast fiber fillers for the production of technical textiles / монографія. Modern agronomy trends: innovation, sustainable development and the future of agriculture: Scientific monograph. Riga, Latvia: «BaltijaPublishing», 2025. P. 58–81. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-588-4-3>
3. Сучасні технології в сільському господарстві. Сучасні технології в сільському господарстві // EOS.com. Режим доступу: <https://eos.com/uk/blog/suchasni-tekhnologii-v-silskomu-hospodarstvi>
4. ГІС-карти. ГІС-картиї // EOS.com. URL: <https://eos.com/uk/blog/gis-kartyi>
5. Огляд ринку та тенденції в agritech на 2024–2030 роки. Огляд ринку та тенденції в agritech на 2024–2030 роки // EOS.com. URL: <https://eos.com/uk/blog/ohliad-rynku-ta-tendentsii-v-agritech-na-2024-2030-roky>

УДК 631.3

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Валюх Р. В., здобувач СВО «Бакалавр»,
Сіренко Ю. В. PhD, доц.,
Горовий М. В., ст. вик.,
Калнагуз О. М. ст. викл.,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Зернові культури вже тисячоліттями є фундаментом життя людства. Вони не лише забезпечують людей харчуванням, а й слугують основою для тваринницької та промислової діяльності. В Україні, яка завжди славилася родючими землями, зернові культури займають понад половину посівних площ і формують важливу частину агропромислового комплексу. Проте, щоб отримати

стабільні та високі врожаї недостатньо природних умов, потрібно ще правильно дотримуватися технологічних операцій. Кожен етап — від підготовки ґрунту (розпушування, закриття вологи та знищення бур'янів) до сівби (висів на чітко задану глибину та дотримання норми висіву), вимагає точності, знань і сучасних машин. Успіх у вирощуванні зернових залежить від того, наскільки майстерно поєднано традиційні агрономічні принципи з новітніми технологіями точного землеробства, здатними перетворити землю на велике джерело врожайності.

Основні матеріали дослідження. Підготовка ґрунту під зернові культури слід починати одразу після збирання попередника, що є першим фактором який вплине на врожайності. Мета підготовки ґрунту — знищення бур'янів, збереження вологи, поліпшення структури ґрунту та створення сприятливих умов для розвитку кореневої системи майбутніх рослин.

Першою операцією є лущення стерні – це мілкий поверхневий обробіток який сприяє подрібненню решток і стимулює проростання падалиці. Для цього краще використовувати як дискові, так і полицеві лущильники: дискові (ЛД-10, ЛДГ-20, ЛДГ-15А) обробляють ґрунт на глибину 8–10 см; полицеві (лемішні - ППЛ-10-25, ППЛ-5-25) на глибину 14–16 см.

Наступною операцією - проводять оранку або глибоке розпушування. Цей етап покращує водно-повітряний режим ґрунту, сприяє накопиченню вологи та знищенню бур'янів. Для виконання оранки застосовують плуги вітчизняного виробництва, такі як ПЛН-5-35, ППО-8-40 і ПЛН-8-35, а також зарубіжні моделі, Lemken Diamant і Gregoire Besson RWY6, які забезпечують ефективне перевертання ґрунту та рівномірне загортання рослинних решток. Глибина оранки на чорноземних ґрунтах зазвичай становить від 22 до 28 сантиметрів, на легких суглинках — від 18 до 22 сантиметрів, що дозволяє підтримувати оптимальну структуру ґрунту та сприяє накопиченню вологи.

Після основного обробітку проводять культивуацію — для розпушення поверхневого шару, знищення бур'янів і вирівнювання поля. Використовують агрегати КПС-4, Lemken Kristall. У сучасних господарствах часто застосовують безполицевий або комбінований обробіток, який дозволяє зменшити втрати вологи і одночасно підвищити продуктивність. Для цього використовують комплексні агрегати: Horsch Tiger і Case IH Ecolo-Tiger, які забезпечують глибоке розпушування, вирівнювання поверхні поля та підготовку ґрунту до наступних операцій без зайвого ущільнення. Вразі їхньої відсутності приходять на допомогу важкі борони або спеціальні культиватори (КПШ-5, КПС-3,8, КПС-4, ОПТ-3,5), які за один прохід можуть майже повноцінно замінити цілий комплекс.

Передпосівний обробіток ґрунту є однією з найважливіших ланок,

від якої безпосередньо залежить успішність посіву. Він забезпечує необхідну глибину для загортання насіння, створює рівномірну структуру ґрунту, що сприяє дружній появі сходів, та формує оптимальні умови для повноцінного розвитку рослини.

Передпосівна культивування проводиться безпосередньо перед сівбою на глибину 5–6 см і є заключним етапом підготовки ґрунту. Важливо, щоб час між передпосівною культивуванняю та сівбою не перевищував 1–1,5 години, оскільки більш тривалий проміжок може призвести до пересихання верхнього шару ґрунту і погіршення умов для проростання насіння. Операції проводять за допомогою сучасних комбінованих агрегатів: РВК-5.4, АРП-3, які дозволяють одночасно розпушити ґрунт, вирівняти його і підготувати поле до сівби без зайвих зусиль. Завдяки цьому насіння висівається в оптимальні умови, що сприяє дружним сходом і підвищенню врожайності зернових культур.

Вимоги до посіву озимих зернових відомі всі, але частенько порушують виконання цієї технології. В результаті отримуємо погані сходи та негативний вплив на подальший розвиток рослини. Важливою складовою перед сівбою є протруєння насіння. Цей процес забезпечує захист насіння та майбутніх рослин від збудників небезпечних хвороб, які можуть бути як на поверхні зерна, так і в самому насінні чи ґрунті. Завдяки протруєнню підвищується схожість, формуються дружні здорові сходи та створюються сприятливі умови для подальшого росту озимих культур.

Для досягнення максимальної врожайності важливо також правильно обирати попередники: найкраще сіяти зернові після гороху, ріпаку, гречки, гірчиці, сої або кукурудзи на силос (за умови внесення добрив). Інші культури знижують врожайність і потребують додаткових добрив та захисних заходів, а стерньові культури такі як соняшник погіршують стан ґрунту та сприяють розвитку шкідників, тому після них не радять.

Конкретна дата посівів залежить від регіону та прогнозованих погодних умов. Оптимальні строки сівби озимих культур (пшениця, жито, ячмінь) у степовій зоні України — з 20 вересня по 5 жовтня, допустимі — до 10 жовтня. Насіння висівають у добре підготовлений вологий ґрунт, коли середньодобова температура становить 14–17 °С.

Для сівби озимих культур застосовують як вітчизняні, так і зарубіжні посівні машини. До вітчизняних агрегатів відносяться різні моделі рядкових сівалок, наприклад, серед них можна виділити СЗ-3.6, СЗП-3.6, УПС-8 та Веста-8, які добре зарекомендували себе. Серед імпортованих машин також є популярні моделі, такі як Amazone D9, Horsch Pronto DC, Lemken Solitair 9 та John Deere 1775NT, які забезпечують високу точність посіву та надійність у роботі. Ці сівалки дозволяють рівномірно розподіляти насіння по рядках, точно дозувати його норму та, за потреби, одночасно вносити добрива.

Важливо зазначити, що вибір конкретної сівалки залежить не лише

від її продуктивності та технічних характеристик, а й від типу ґрунту, культури, площі посіву та фінансових можливостей господарства. Правильне застосування сучасних посівних агрегатів забезпечує рівномірні сходи, оптимальне використання насіння та добрив, а також сприяє отриманню високого та якісного врожаю озимих культур. Таким чином, інвестиції в сучасні сівалки є одним із ключових факторів успішного проведення посівної кампанії.

Висновки. Отже основний обробіток ґрунту та сімба — це головні операції у технології вирощування зернових культур. Вони формують основу для дружних сходів і високої врожайності. Використання сучасних агрегатів вітчизняного та імпортного виробництва забезпечує високу якість виконання робіт, енергозбереження і стабільні результати навіть за мінливих погодних умов.

Список використаних джерел.

1. Лукашук Л., Гук Л. Особливості підготовки ґрунту та сівиби озимих зернових культур в умовах 2020 року. Сайт <http://www.isg.rv.ua/> Інститут сільського господарства Західного Полісся. Головна / Поради до часу /. 08.09.2020. URL: <http://www.isg.rv.ua/index.php/poradi-dochasu/72-osoblivosti-pidgotovki-gruntu-ta-sivbi-ozimikh-zernovikh-kultur-v-umovakh-2020-roku> (дата звернення: 18.09.2025).

2. Сторчоус І., Інститут Захисту Рослин Наан України. Підготовка до посіву озимих зернових. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. <https://agro-business.com.ua/>. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 14.07.2010. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/57-pidhotovka-do-posivu-ozymykh-zernovykh.html> (дата звернення: 01.10.2025).

3. Роботи з підготовки ґрунту і сівиби зернових та олійних озимих культур у 2024 році: [Науково-практичні рекомендації виробництву] [Балабай П. Ф., Поляков О. І., Журавель В. М. та ін.] Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України, Департамент агропромислового розвитку Запорізької обласної державної адміністрація, Головне управління Держпродспоживслужби в Запорізькій області. Запоріжжя. ІЮК НААН, 2024. 28 с.

4. Мінімальна обробка ґрунту (Mini-till) // Головний сайт агронома. SuperAgronom.com. 2020. URL: <https://superagronom.com/slovník-agronoma/minimalna-obrobka-gruntu-mini-till-id20491>.

5. Павлюк І. Міні-тілл: поміж економією та ефективністю. Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК. 2018. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/12375-minitill-pomizh-ekonomiieiu-ta-efektyvnistiu.html>.

6. Що таке система обробки ґрунту? Види та особливості // Сайт <https://agrocks.com.ua>. ТОВ «АГРОСІТИ-КРОП». 2020. URL: <https://agrocks.com.ua/blog/scho-take-sistema-obrobitku-gruntu-vidi-ta-osoblivosti>

7. Йоганн Татцбер. Три системи обробітку ґрунту: в чому різниця?

Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. 2011. URL: <https://propozitsiya.com/ua/tri-sistemi-obrobitku-gruntu-v-chomu-riznicya>.

8. Богдан Томс. No-till, Strip-till чи Mini-till: що краще для екології та продуктивніше для аграрію? Сайт для представників агробізнесу Latifundist.com. 2021. URL: <https://latifundist.com/blog/read/2743-no-till-strip-till-ili-mini-till-chto-luchshe-dlya-ekologii-i-produktivnee-dlya-agrariya>.

9. Обробіток ґрунту перед посівом // LNZ Group. 2023. URL: https://lnzweb.com/blog/obrobka-gruntu-pered-posivom?srsltid=AfmBOopR5VvJrSB4aY0udMATj-4JKKnYUdyXoexumaPjXD_wAWLDDJiDr

УДК 631.3

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ

Водолазкий Д. І., здобувач СВО «Бакалавр»,
Горовий М. В., ст. викл.,
Калнагуз О. М. ст. викл.,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Кукурудза на зерно – одна із найважливіх сільськогосподарських культур, яка відіграє важливу роль у виробництві продуктів харчування, кормів для тварин і промислової сировини. Її зерно використовується у харчовій промисловості для виготовлення круп, борошна, крохмалю, цукру, спирту, біоетанолу та інших продуктів. У тваринництві зерно кукурудзи є цінним концентрованим кормом, оскільки поживне на крохмаль, білки і жири.

Основні матеріали дослідження. Традиційний обробіток довгий час був основним, але з часом почали практикувати сучасні методи обробітку поля – Mini-till, No-till, Strip-till, чизелювання та інше.

Mini-till – це технологія мінімального обробітку, коли ґрунт розпушують лише частково. Такий підхід дозволяє швидко підготувати поле, зберегти вологу й зменшити втрати ґрунту. Для цієї операції застосовують агрегати, такі як Kuhn Performer, Lemken Rubin, Horsch Joker. У системі No-till посів кукурудзи відбувається без будь-якого попереднього розпушування. Насіння висівають прямо в ґрунт спеціальними сівалками, наприклад John Deere 750A або Amazone Primera. Завдяки цьому волога краще утримується, структура ґрунту залишається природною, а рослини отримують сприятливі умови для швидкого проростання. Strip-till, або смуговий обробіток, поєднує

переваги мінімального й нульового обробітку: розпушування лише вузькими смугами під рядки кукурудзи, а решта поверхні залишається недоторканою. Це допомагає утримувати вологу, запобігати ерозії та створює оптимальні умови для розвитку кореневої системи. Для цієї операції застосовують агрегати Horsch Focus TD, АгроСоюз StripMaster, Elvorti (Червона Зірка).

Чизелювання усуває ущільнення ґрунту та покращує водопроникність. Це особливо важливо для кукурудзи, коренева система якої потребує легкого доступу до води й поживних речовин. Використовують чизелі Lemken Karat, ПЧ-4,5, ЧКУ-4.

Кожне господарство обирає саме той спосіб обробітку, який забезпечує найвищий результат з урахуванням власних умов (тип ґрунту, клімат, наявність техніки та матеріальних ресурсів). Посів є однією з найвідповідальніших операцій у вирощуванні кукурудзи, адже від точності її виконання залежить густина стояння рослин, рівномірні сходи та, зрештою, врожайність. Посів проводять лише тоді, коли температура ґрунту на глибині 10 см досягає 10–12 °С, це забезпечує швидке проростання насіння.

Перед посівом важливо перевірити якість насіння, його схожість і масу тисячі зернин. Для посіву використовують протруєне насіння гібридів, яке забезпечує високу стійкість до хвороб і шкідників. Глибина загортання насіння становить 5–7 см. Міжряддя при сівбі кукурудзи зазвичай становить 70 см, а норма висіву 70–90 тисяч насінин на гектар, залежно від гібриду та зони вирощування. Для виконання посіву використовують сівалки точного висіву як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. Найпоширенішими є СУПН-8, СПЧ-6М, Веста-8, а також імпорتنі Monosem NG Plus, Gaspardo MTR, John Deere 7000, Horsch Maestro. Робочі органи сівалки виконують кілька функцій. Сошники створюють борозну на задану глибину, висівні апарати дозують насіння поштучно, забезпечуючи точність відстані між зернами, загортачі присипають насіння ґрунтом, а прикочувальні котки ущільнюють поверхню над насінням для кращого контакту з вологою. Швидкість руху агрегату під час посіву не повинна перевищувати 5–7 км/год, щоб уникнути пропусків або двійників насіння в рядку. Важливо, щоб посів проводився рівномірно, без недоліків і з точним дотриманням заданої глибини. При нерівномірному висіві рослини сходять неоднаково, що призводить до зниження врожайності. Тому перед початком роботи сівалку потрібно ретельно підготувати: відрегулювати, перевірити якість роботи висівного апарата та рівномірність висіву.

Після посіву, залежно від вологості ґрунту, іноді проводять легке прикочування котками, щоб забезпечити кращий контакт насіння з ґрунтом і зменшити випаровування вологи. При сприятливих погодних умовах сходи з'являються через 7–10 днів після сівби.

Висновки. Отже вдалий вибір методів обробітку ґрунту –

традиційних чи сучасних є гарантією кращого розвитку кукурудзи з наступним отриманням високих врожаїв.

Список використаних джерел.

1. Бокач О. Технологія вирощування кукурудзи. Сайт <https://www.syngenta.ua/>. Home / News / Кукурудза / Технологія вирощування кукурудзи. 04.11.2016. URL: <https://www.syngenta.ua/en/news/kukurudza/tehnologiya-viroshchuvannya-kukurudzi> (дата звернення: 17.09.2025).

2. Лапчинський В. Кукурудза по no-till: особливості технології вирощування. Сайт <https://superagronom.com/> Головний сайт для агрономів.. Головна / Блоги /. 03.02.2022. URL: <https://superagronom.com/blog/872-kukurudza-po-no-till-osoblivosti-tehnologiyi-viroschuvannya> (дата звернення: 03.09.2025).

3. Технології підготовки ґрунту для посіву кукурудзи. Сайт <https://agromen.com.ua/>. Головна / Інформація / Агротехнології / Технологія вирощування кукурудза /. URL: <https://agromen.com.ua/uk/interesno-znati/tehnologiyi-pidgotovki-gruntu-dlya-posivu-kukurudzi> (дата звернення: 03.09.2025).

4. Черкас В. Технологія вирощування кукурудзи за системами no-till і strip-till. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. <https://agro-business.com.ua/>. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 21.01.2021. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/20152-tekhnologiia-vyroschuvannia-kukurudzy-za-systemamy-notill-i-stripill.html> (дата звернення: 17.09.2025).

5. Кукурудза і no-till. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. <https://agro-business.com.ua/>. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 30.12.2022. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/25813-kukurudza-i-notill.html> (дата звернення: 18.09.2025).

6. Кришко М. Обробіток ґрунту під кукурудзу: поради фахівця. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. Головна / Статті /. 13.07.2020. URL: <https://superagronom.com/articles/392-obrobitok-gruntu-pid-kukurudzu-poradi-fahivtsya> (дата звернення: 01.10.2025).

7. Цилюрик О. Ефективні прийоми обробітку ґрунту під кукурудзу. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. <https://agro-business.com.ua/>. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 18.01.2019. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/12698-efektyvni-priyomu-obrobitku-gruntu-pid-kukurudzu.html> (дата звернення: 17.09.2025).

УДК 631.3

ПЕРЕДПОСІВНА ПІДГОТОВКА ҐРУНТУ ПІД КУКУРУДЗУ В АГРОПІДПРИЄМСТВАХ СУМЩИНИ

Сікорський А. М., здобувач СВО «Бакалавр»,
Горовий М. В., ст. викл.,
Калнагуз О. М. ст. викл.,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Кукурудза на зерно посідає вагоме місце у структурі посівних площ агропідприємств Сумської області. Територія, що охоплює Північний Лісостеп та частину Полісся, характеризується достатнім, але часто нестабільним зволоженням. Переважання сірих лісових ґрунтів та опідзолених чорноземів різної потужності вимагає точної агротехніки. У цих умовах, передпосівний обробіток (ПО) є не просто обов'язковим заходом, а стратегічним інструментом для мінімізації кліматичних ризиків та забезпечення високої польової схожості ..

Основні матеріали дослідження. Підготовка ґрунту під кукурудзу на Сумщині спрямована на досягнення трьох критично важливих цілей:

- Збереження вологи: Запобігання інтенсивному випаровуванню накопиченої зимової та ранньовесняної вологи, яка є вирішальною на початкових етапах розвитку рослини.
- Формування посівного ложа: Створення оптимальної дрібногрудкуватої структури ґрунту, ущільненої в нижній частині, для ефективного капілярного підтоку води до насінини.
- Оптимізація теплового режиму: Сприяння швидкому прогріванню ґрунту до мінімально необхідної температури (не нижче +8...10°C на глибині загортання) для своєчасного початку сівби .

Вибір конкретного інструментарію та послідовність ПО на Сумщині адаптується до результатів осіннього основного обробітку (оранка, глибоке рихлення чи мінімальний обробіток) та фактичного стану ґрунту навесні.

Перший етап: руйнування кірки (боронування). Ранньовесняне боронування є першою і ключовою операцією, особливо на полях, де після зими утворилася ґрунтова кірка. Роботи розпочинаються, як тільки ґрунт досягає фізичної стиглості, що дозволяє вихід техніки без залипання. Затримка з боронуванням може призвести до втрати значної частини продуктивної вологи . Використовуються переважно легкі та середні зубові або пружинні борони. Їхнє завдання — зруйнувати капіляри, тим самим уповільнюючи випаровування вологи, життєво необхідної для проростання насіння .

Фінальний етап: Культивуація та агрегування. Завдання

фінального обробітку — забезпечити рівномірне розпушування шару ґрунту, що відповідає глибині сівби (як правило, 4–8 см). Глибина: Обробіток має бути виконаний на глибину, яка суворо відповідає глибині загортання насіння (4–6 см на важких суглинках, до 8 см на легких ґрунтах у разі дефіциту вологи).

Господарства активно застосовують паровий або передпосівний культиватор зі стрілочатими лапами. З метою мінімізації кількості проходів і економії часу впроваджуються комбіновані агрегати (компактори), які за один прохід виконують повний цикл підготовки: вирівнювання, розпушування, подрібнення та прикочування. Оптимальним є один прохід безпосередньо перед сівбою. Кожен додатковий прохід, як правило, збільшує непродуктивну втрату ґрунтової вологи.

Боротьба з бур'янами та живлення. ПО слугує механізмом для провокації проростання першої хвилі бур'янів та їх подальшого механічного знищення. Це важливий елемент фітосанітарного контролю. Додатково, під час культивації доцільно вносити азотні добрива (наприклад, карбамід), за 7–10 днів до початку сівби .

Якість передпосівного обробітку на Сумщині жорстко регламентується агротехнічними вимогами, оскільки вона прямо впливає на точність роботи сівалок та схожість.

У зоні заробки насіння (0–10 см) має переважати дрібногрудкувата структура (грудки розміром до 10 мм) – не менше 80–85% від загальної маси ґрунту . Це гарантує максимальний контакт насінини з ґрунтом. Твердість на глибині сівби має підтримуватися в діапазоні 1,0–1,5 МПа. Надмірне розпушення призводить до розриву капілярного зв'язку, тоді як надмірне ущільнення гальмує проростання. Після ПО поверхня ґрунту повинна бути ідеально рівною (допустимі відхилення висоти гребенів – не більше 2–3 см). Це критично для забезпечення точного та рівномірного заглиблення насіння сівалками точного висіву.

Ключовим аспектом є протидія переущільненню ґрунту (феномен "плужної підшви"). На чорноземах та сірих лісових ґрунтах, що характерні для Сумщини, ця проблема може суттєво обмежувати розвиток кореневої системи кукурудзи.

Рекомендовано періодичне глибоке рихлення (раз на 4–6 років, до 40 см) у рамках основного обробітку, щоб забезпечити безперешкодний розвиток коренів та покращити аерацію. У разі пересихання верхнього шару, глибину ПО можуть збільшувати до 8 см для досягнення необхідного вологого шару. У зв'язку зі зростаючими кліматичними коливаннями, господарства Сумщини активно впроваджують інноваційні, ресурсозберігаючі системи обробітку.

Обробіток Mini-Till та Strip-Till. В господарствах Сумської області зростає впровадження консервуючих систем, зокрема Mini-Till (мінімальний обробіток) та Strip-Till (смуговий обробіток) .

Mini-Till: Передбачає поверхневе або глибоке рихлення,

залишаючи рослинні рештки на поверхні. Це ефективно зберігає вологу, знижує ерозію та сприяє накопиченню снігу взимку.

Strip-Till: Вважається перспективним методом для кукурудзи, оскільки забезпечує інтенсивний обробіток та швидке прогрівання ґрунту лише в рядку сівби, тоді як міжряддя залишаються захищеними мульчею. Це призводить до кращого вологозбереження та економії палива.

Основний вектор розвитку ПО під кукурудзу – це зменшення кількості проходів. Використання сучасних багатофункціональних агрегатів, обладнаних GPS-навігацією, дозволяє: мінімізувати тиск на ґрунт та утворення технологічної колії; забезпечити значну економію палива та робочого часу у піковий весняний період. Елементом передпосівної підготовки є припосівне внесення добрив (Starter fertilizer). Оскільки за низьких температур на початку вегетації (характерно для Сумщини) доступність фосфору та азоту обмежена, локальне внесення невеликих доз цих елементів під час сівби (смугасте внесення) є критично важливим для забезпечення швидкого старту кукурудзи.

Висновки. Передпосівний обробіток ґрунту під кукурудзу в Сумській області є комплексною агротехнологічною операцією, спрямованою на максимальну мобілізацію ґрунтових ресурсів (вологи, тепла). Оптимальна схема поєднує раннє боронування для збереження вологи з мінімальною кількістю проходів комбінованих агрегатів, що формують дрібногрудкувату та ущільнену структуру посівного ложа. Тільки суворе дотримання регіональних агротехнічних норм та впровадження ресурсозберігаючих технологій гарантують високу та стабільну врожайність кукурудзи в умовах Північного Лісостепу.

Список використаних джерел.

1. Бокач О. Технологія вирощування кукурудзи. Сайт <https://www.syngenta.ua/>. Home / News / Кукурудза / Технологія вирощування кукурудзи. 04.11.2016. URL: <https://www.syngenta.ua/en/news/kukurudza/tehnologiya-viroshchuvannya-kukurudzi> (дата звернення: 17.09.2025).

2. Лапчинський В. Кукурудза по no-till: особливості технології вирощування. Сайт <https://superagronom.com/> Головний сайт для агрономів.. Головна / Блоги /. 03.02.2022. URL: <https://superagronom.com/blog/872-kukurudza-po-no-till-osoblivosti-tehnologiyi-viroschuvannya> (дата звернення: 03.09.2025).

3. Технології підготовки ґрунту для посіву кукурудзи. Сайт <https://agromen.com.ua/>. Головна / Інформація / Агротехнології / Технологія вирощування кукурудза /. URL: <https://agromen.com.ua/uk/interesno-znati/tehnologiyi-pidgotovki-gruntu-dlya-posivu-kukurudzi> (дата звернення: 03.09.2025).

4. Черкас В. Технологія вирощування кукурудзи за системами по-

till і strip-till. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. <https://agro-business.com.ua/>. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 21.01.2021. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/20152-tekhnologii-vyroschchuvannia-kukurudzy-za-systemamy-notill-i-striptill.html> (дата звернення: 17.09.2025).

5. Кришко М. Обробіток ґрунту під кукурудзу: поради фахівця. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. Головна / Статті /. 13.07.2020. URL: <https://superagronom.com/articles/392-obrobitok-gruntu-pid-kukurudzu-poradi-fahivtsya> (дата звернення: 01.10.2025).

6. Басанець О. Вирощування кукурудзи: повна технологія. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. Головна / Статті /. 12.05.2020. URL: <https://superagronom.com/articles/367-viroschchuvannya-kukurudzi-povna-tehnologiya> (дата звернення: 17.09.2025).

7. Циліорик О. Ефективні прийоми обробітку ґрунту під кукурудзу. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. <https://agro-business.com.ua/>. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 18.01.2019. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/12698-efektyvni-priyomy-obrobitku-gruntu-pid-kukurudzu.html> (дата звернення: 17.09.2025).

8. Хмельюк О. Особливості обробітку ґрунту під кукурудзу. Сайт <https://www.lnz.com.ua/>. Головна / Новини. 12.03.2019. URL: <https://www.lnz.com.ua/news/osoblivosti-obrobitku-gruntu-pid-kukurudzu> (дата звернення: 05.11.2025).

9. Найважливіші факти щодо обробітку ґрунту під кукурудзу. Сайт <https://www.kws.com/> КВС-УКРАЇНА. Головна / Агросервіс / Сівба / Обробіток ґрунту / Кукурудза. URL: <https://www.kws.com/ua/uk/agroservis/sivba/obrobitok-gruntu/kukurudza/> (дата звернення: 05.11.2025).

УДК 631.3

ПІДГОТОВКА ҐРУНТУ ПІД ПОСІВ КУКУРУДЗИ

Балюра Є. О., здобувач СВО «Бакалавр»,

Горовий М. В., ст. викл.,

Калнагуз О. М. ст. викл.,

Сіренко Ю. В. PhD, доц.,

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Успішне вирощування кукурудзи в Україні значною мірою залежить від якості підготовки посівного ложа. Цей етап часто є недооціненим, проте саме він закладає фундамент для

розвитку сильної кореневої системи, ефективного поглинання поживних речовин та, як наслідок, максимізації врожайності.

Основні матеріали дослідження. Якісний обробіток ґрунту впливає на підвищення врожайності, створюючи оптимальні умови для росту рослин, покращуючи структуру ґрунту, його вологість та поживний режим, а також запобігаючи ерозії. Неправильний обробіток, навпаки, може призвести до ущільнення, зменшення родючості та посилення ерозійних процесів. Інвестиції у правильну передпосівну підготовку є надзвичайно вигідними, оскільки вони зменшують подальші витрати на догляд і забезпечують високу віддачу від посіву.

Якісна ґрунтообробка безпосередньо впливає на кілька критичних аспектів:

1. Структура ґрунту: Створює оптимальні умови для глибокого та розгалуженого проникнення коренів.

2. Фітосанітарний стан: Знижує концентрацію патогенних мікроорганізмів та шкідників у верхньому шарі, зменшуючи ризики захворювань.

3. Вологозбереження: Сприяє оптимальному утриманню вологи, що є життєво важливим чинником у періоди посухи.

Основні технології обробітку ґрунту. Вибір методу ґрунтообробки визначається потребами культури, типом ґрунту та кліматичними умовами.

Описані нижче системи обробітку ґрунту мають свої переваги й недоліки, і вибір найкращого підходу залежить від умов вирощування культур, типу ґрунту та мети сільськогосподарського підприємства. Оптимальний вибір технології обробітку ґрунту допоможе досягти ефективного вирощування урожаю і зберегти ґрунтовий ресурс для майбутніх поколінь [4].

1. Традиційний (класичний) обробіток.

Класичні методи залишаються актуальними в агротехніці.

Плугова оранка: Це глибоке розпушування, що забезпечує відмінну аерацію кореневої зони та ефективно загортає бур'яни на велику глибину. Однак, надмірне перемішування може призвести до руйнування ґрунтової структури та, у довгостроковій перспективі, до зниження родючості.

Дисковий обробіток: Менш інтенсивний метод, який ідеально підходить для поверхневої обробки, вирівнювання поля та подрібнення великих грудок. Він сприяє збереженню ґрунтової вологи, проте менш ефективний проти бур'янів із глибоким корінням.

Глибоке рихлення (чизелювання): Впливає на ґрунт на значній глибині, покращуючи водопроникність та доступ кисню. Це критично важливо для важких ґрунтів, оскільки стимулює розвиток глибокої кореневої системи кукурудзи, підвищуючи її стійкість до дефіциту вологи.

Ефективність цих методів залежить від клімату та специфіки

поля. Ключ – знайти баланс між інтенсивністю обробки та збереженням родючості.

Традиційної технології вирощування сільськогосподарських культур під час суцільної сівби свідчать про те, що машинно-тракторні агрегати за період вегетації рослин роблять понад 40 проходів по полю, пов'язаних із виконанням польових робіт. Наслідком цього є ущільнення ґрунту [3].

2. Мінімальний обробіток (Mini-till) та No-till.

Ці підходи стають все більш популярними завдяки своїй орієнтації на збереження природних ресурсів та підвищення врожайності.

Мінімальний обробіток (Mini-till). Принципи методу базуються на мінімальному механічному втручанні та збереженні природної структури ґрунту. Зменшення кількості проходів техніки допомагає запобігти руйнуванню ґрунтових агрегатів та зберігає органічну речовину у верхніх шарах. Завдяки мульчі (рослинним решткам) на поверхні, мінімальний обробіток значно зберігає ґрунтову вологу (зменшує випаровування) і покращує інфільтрацію дощової води.

Безпосівний спосіб (No-till). Ця технологія передбачає повну відмову від оранки чи глибокого розпушування. Насіння вноситься спеціалізованими сівалками, які роблять невеликі розрізи в покритому рослинними рештками ґрунті.

Зменшення ерозії: Поверхневий шар решток виступає як захисний бар'єр від вітрової та водної ерозії, що критично важливо для схильних до руйнування регіонів.

Біологічна активність: Збереження органіки на поверхні сприяє збільшенню популяції мікроорганізмів і дощових черв'яків, що покращує структуру та родючість ґрунту.

Економічна вигода: No-till дозволяє знизити витрати на паливе та трудові ресурси, що підтверджено досвідом фермерів у Північній та Південній Америці.

Успіх No-till залежить від правильного вибору та налаштування спеціалізованої сівальної техніки.

Прецизійне землеробство (Точне землеробство). Сучасні технології трансформують підготовку ґрунту. Точне землеробство використовує GPS-технології, сенсори та аналіз великих даних для оптимізації обробки. Це дозволяє:

- Точно регулювати глибину та інтенсивність обробки відповідно до потреб конкретних ділянок поля.
- Зменшити надмірне використання добрив і води, підвищуючи ефективність ресурсів та знижуючи негативний вплив на довкілля.
- Моніторинг: Датчики забезпечують постійний контроль за вологістю, температурою та вмістом поживних речовин, дозволяючи оперативну вносити корективи.

Вплив клімату на вибір стратегії. Кліматичні особливості регіону

мають вирішальне значення при виборі методу ґрунтообробки:

- Вологі регіони: Пріоритет надається методам, що покращують дренаж і запобігають перезволоженню та гниттю коренів кукурудзи.
- Посушливі регіони: Основна увага зосереджується на вологозбереженні. Міні-till та No-till тут будуть оптимальними, оскільки вони утримують вологу у верхньому шарі.
- Холодний клімат: Важливо застосовувати техніки, що сприяють швидшому прогріванню ґрунту навесні для забезпечення раннього старту вегетації кукурудзи.

Висновки. Ефективний вибір технології підготовки ґрунту – чи то традиційний обробіток, мінімальний чи No-till, доповнений інструментами точного землеробства - повинен бути стратегічно адаптований до конкретних ґрунтових і кліматичних умов господарства. Розуміння та застосування цих методів є ключовою інвестицією в майбутнє, що забезпечує стабільний та високий урожай кукурудзи.

Список використаних джерел.

1. Технології підготовки ґрунту для посіву кукурудзи. Сайт <https://agromen.com.ua/>. Головна / Інформація / Агротехнології / Технологія вирощування кукурудза /. URL: <https://agromen.com.ua/uk/interesno-znati/tehnologiyi-pidgotovki-gruntu-dlya-posivu-kukurudzi> (дата звернення: 03.09.2025).

2. Малиновський Б. Основні технології обробітку ґрунту. Головний журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". Сайт <https://propozitsiya.com/ua>. Головна / Статті / Технології / Вирощування / Основні технології обробітку ґрунту. 01.07.2021. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnohohiyi-vyroshchuvannya/osnovni-tekhnohohiyi-obrobitku-gruntu> (дата звернення: 29.10.2025).

3. Вольський В. А., Коцюбанський Р. В., Національний Науковий Центр «інститут Механізації Та Електрифікації Сільського Господарства». Аналіз сучасних технологій та способів обробітку ґрунту. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт <https://agroelita.info/>. Новини / Техніка. 21.09.2021. URL: <https://agroelita.info/analiz-suchasnyh-tehnologij-ta-sposobiv-obrobitku-gruntu/> (дата звернення: 01.11.2025).

4. Технології обробітку ґрунту: види, застосування, переваги й недоліки. Сайт <https://sasagro.com/>. Категорія / Технології. 29.06.2023. URL: <https://sasagro.com/novitni-tehnologiyi/tehnologiyi-obrobitku-gruntu-vydy-zastosuvannya-perevagy-j-nedoliky/> (дата звернення: 28.10.2025).

УДК 631

АНАЛІЗ ОПЕРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР (ПШЕНИЦЯ)

Прикота А. І., здобувач СВО «Бакалавр»;

Горовий М. В., ст. викл.,

Калнагуз О. М., ст. викл.,

Сіренко Ю. В. PhD, доц.,

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Пшениця на сьогодні одна з ключових зернових культур в Україні та у світі. Зокрема у 2024 р. в Україні намолочено 22,3 млн тонн пшениці з площі близько 4,9 млн. га., при середній урожайності 4,5 т/га [3]. Тому пшениця є базовою продовольчою культурою, джерелом калорій, білка, а також основою хлібопекарської та кондитерської промисловості. Ефективне вирощування пшениці вимагає чіткої системи операційних технологій (технологій агровиробництва), тобто чітко спланованих операцій від підготовки ґрунту до збирання урожаю, із застосуванням сучасних методів і засобів.

Основні матеріали дослідження. Операційні технології включають ряд аспектів: обробіток ґрунту, підготовку насіння, сівбу, догляд за посівами (підживлення, захист від шкідників, бур'янів, хвороб), зрошення або оптимізацію вологи, збирання, та зберігання.

Першочергову увагу при вирощуванні пшениці приділяють системі обробітку ґрунту, оскільки саме вона визначає рівень збереження вологи, структуру ґрунту та умови для проростання насіння. У посушливих регіонах основна мета обробітку полягає у збереженні вологи до періоду сівби, тому перевагу надають безполицевим або поверхневим методам із використанням дискових луцильників чи плоскорізів. Такі підходи особливо ефективні після культур, що були посіяні до зернових культур, як-от горох чи кукурудза, коли в орному шарі накопичується менше ніж 20 мм продуктивної вологи. Натомість у зонах із достатнім зволоженням головний акцент робиться на боротьбі з бур'янами та якісній обробці полів від багаторічних трав або внесення органічних добрив.

У випадку використання полицевого обробітку технологічний процес починають одразу після збирання попередника з операції лущення стерні, кількість якого залежить від забур'яненості поля. Для знищення однорічних бур'янів зазвичай достатньо одного якісного лущення на глибину 6-8 см дисковими луцильниками типу ЛДГ-10 чи ЛДГ-15. Після появи нової хвилі бур'янів виконують оранку плугами з передплужниками (ПЛН-5-35, ПЛП-6-35) на глибину 20-22 см, із використанням котків для ущільнення, що забезпечує оптимальні

умови для сівби пшениці, сприяє накопиченню вологи та зменшенню втрат родючості ґрунту [2, с. 7].

Важливу роль відіграє система удобрення, тому перед посівом пшениці вносять мінеральні добрива, які сприяють активному росту рослин та підвищують урожайність, тоді як органічні добрива застосовують під попередню культуру для покращення структури ґрунту та накопичення поживних речовин.

Гній або компости доцільно використовувати безпосередньо під пшеницю лише на малородючих ґрунтах із вмістом гумусу до 2,2 %. Оптимальні норми внесення становлять 20-25 т/га на чорноземах і 30-35 т/га на дерново-підзолистих та сірих опідзолених ґрунтах, що сприяє збалансованому живленню рослин і створює сприятливі умови для формування якісного зерна [2, с. 9].

Відповідно до вимог Державного стандарту України, у технології вирощування пшениці важливе значення має якісний посівний матеріал, адже саме від нього залежить рівномірність сходів і майбутня врожайність культури. Для сівби слід використовувати насіння 1-3 репродукцій, яке відповідає встановленим нормативам якості. Зокрема, чистота від бур'янів та інших домішок має бути не менше 98 %, сортова чистота не менше 98 %, а вологість не перевищувати 15-15,5 %. Адже дотримання цих показників є обов'язковою умовою для забезпечення високих темпів росту рослин, стійкості до стресових факторів і отримання стабільних урожаїв у виробництві зернових культур.

Найчастіше застосовується звичайний рядковий спосіб сівби із шириною міжрядь 15 см, що забезпечує оптимальне поєднання густоти стояння рослин і можливість механізованого догляду. Окрім нього, у виробництві використовують вузькорядний (7,5 см) та перехресний (15 см) способи, проте класичний рядковий залишається базовим у більшості господарств. Під час сівби формуються технологічні колії для подальшого внесення добрив чи обприскування, що дозволяє зберігати рівномірність посіву й підвищує ефективність польових робіт.

Ще одним ключовим параметром є глибина загортання зерна. Оптимальною вважається глибина 3-5 см на добре підготовлених і вологих ґрунтах. На важких ґрунтах її зменшують на 1-2 см, а на легких, навпаки, збільшують до 6-8 см. Варто зазначити, що надмірне заглиблення насіння призводить до формування нижчих вузлів кушення, що хоч і підвищує виживаність у зимовий період, однак може негативно впливати на продуктивність пшениці [2, с. 12].

Важливим етапом у технології вирощування пшениці є систематичний догляд за посівами, який охоплює комплекс захисних і профілактичних заходів протягом усього вегетаційного періоду. Пшениця зазнає впливу численних шкідників (гризуни, клопи, мухи, попелиці) та хвороб (сажка, борошниста роса), тому своєчасне реагування є ключовим чинником забезпечення високої врожайності.

Технологія вирощування пшениці визначається низкою факторів від вибору сорту та кліматичної зони до рівня фінансових можливостей господарства. Відповідний підхід до технологічних процесів дозволяє забезпечити максимальний урожай за конкретних умов. Важливим аспектом є дотримання правильного чергування культур у сівозміні, адже пшениця дуже чутлива до сівозміни. Повторне вирощування цієї культури на одному полі призводить до зниження врожайності на 15-20 %, а за трирічного беззмінного вирощування втрати можуть досягати 30-35 %. Навіть за підвищених норм внесення добрив така практика не забезпечує стабільної урожайності, тому пшеницю розміщують після найкращих попередників, використовуючи її як ключову культуру в сівозміні.

Основний обробіток ґрунту під озиму пшеницю може здійснюватися традиційною, мінімальною або «no-till» технологіями. Традиційний метод передбачає глибоку оранку на 20-22 см із використанням плугів Kuhn, що забезпечує якісне розпушення та знищення бур'янів. Мінімальний обробіток виконується дисковими боронами (Sunflower 1434, Will-Rich T25, Will Rich 7600), ріперами Sunflower 4411 або культиваторами Kuhn Mixter, що дозволяє зберегти структуру ґрунту та вологу. Технологія «no-till» передбачає прямий посів у стерню за допомогою спеціалізованих сівалок Grain Plants (2N2410, 3N3110F, NTA3010) [2, с. 14]. Враховуючи високу вартість імпортової техніки, доцільним є використання вітчизняних сівалок із модернізованими сошниками, що забезпечують якісний висів і знижують виробничі витрати.

Завершальним етапом є збирання врожаю пшениці, яке безпосередньо впливає на якість і кількість отриманого зерна. В Україні застосовують два основних способи – однофазний і двофазний. Найбільш поширеним є однофазний метод, який проводять у період повної стиглості культури при вологості зерна 16-18 %. Для цього використовують сучасні високопродуктивні комбайни роторного або клавішного типу від провідних світових виробників John Deere, New Holland, Case, що дозволяє скоротити втрати зерна, зменшити витрати часу та забезпечити швидке транспортування врожаю на післязбиральну обробку. Двофазний спосіб збирання застосовують рідше, переважно у випадках, коли зерно має підвищену вологість (30-33 %) або посіви нерівномірно досягають. На першому етапі проводиться скошування пшениці жатками типу ЖВН-6 з укладанням маси у валки. Через 2-4 дні, після підсушування, виконують підбирання валків і молотіння за допомогою комбайнів Нива або Дон-1200, оснащених спеціальними приставками й підбирачами, що дозволяє знизити втрати зерна [1, с. 47].

Висновки. Отже, аналіз операційних технологій вирощування зернових культур, зокрема пшениці, показує, що ефективність агропромисловості безпосередньо залежить від комплексного підходу до

всіх етапів технологічного процесу від підготовки ґрунту до збирання врожаю. Тому раціональне поєднання системи обробітку ґрунту, правильного вибору сівозміни, збалансованого внесення органічних і мінеральних добрив, використання якісного зерна, оптимальної глибини розорювання та дотримання строків сівби є запорукою формування високих і стабільних врожаїв пшениці.

Список використаних джерел

1. Олексієнко Д. С. Механізація вирощування пшениці з модернізацією зерноочисної машини : кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 208 «Агроінженерія» / кер. О. М. Васильковський; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 47 с.

2. Романенко С. В. Механізація вирощування озимої пшениці з вдосконаленням сівалки для прямої сівби : кваліфікаційна магістерська робота: спец.208 «Агроінженерія» / наук. кер. Р. В. Кісільов; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький: ЦНТУ, 2024. 56 с.

3. Урожай пшениці за 2024 та 2023 роки в Україні по всіх регіонах. URL: <https://superagronom.com/multimedia/infographics/92-urojaj-pshenitsi-za-2024-ta-2023-roki-v-ukrayini-po-vsim-regionam> (дата звернення: 10.10.2025).

УДК 631

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

Леоненко Д. О., здобувачі СВО «Бакалавр»;
Несвідомін А. В., здобувач СВО «Бакалавр»,
Горовий М. В., ст. викл.,
Калнагуз О. М., ст. викл.,
Сіренко Ю. В. PhD, доц.,

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Використання органічних добрив є важливим фактором по відтворенню родючості ґрунту, та є основним джерелом по збагаченню поверхневого шару органікою.

Основні матеріали дослідження. Органічні добрива тваринного або рослинного походження часто називають повними, тому що в них утримуються три основних елементи живлення рослин: азот, фосфорна кислота й окис калію. Основне добриво служить головним джерелом живлення рослин і забезпечує їх протягом всієї вегетації. Його вносять під глибоку оранку восени або навесні при підйомі раннього пару. Як основне добриво використовують гній, компости, різні сидерати й інші

органічні матеріали [1].

Для підвищення ефективності внесення добрив, а саме розподілу частинок по полю багатьма науковцями запропоновано вдосконалення серійних розкидачів добрив та їх робочих органів.

Науковці Герук та Хоменко запропонували в патентах № 45382; № 88754 та № 42332 удосконалити серійний розкидач органічних добрив (рис. 1).

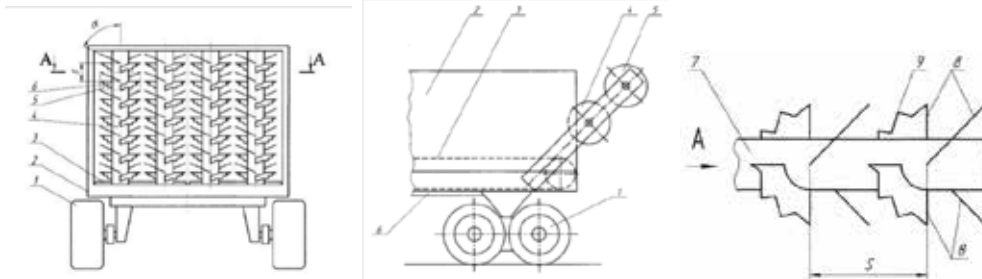


Рис. 1. Розкидачі добрив

Авторами [11, 12, 13] запропоновано удосконалення розкидача органічних добрив, а саме розкидального серійного барабана. Запропоноване удосконалення підвищує рівномірність внесення органічної фракції по поверхні поля та збільшує ширину розкидання.

Використання запропонованих авторами технічного рішення по удосконаленню розкидального елемента машини дозволить краще подрібнювати як свіжий так і перепрівший перегній, подрібнені частинки матимуть можливість далі летіти від кузова, як з права так і зліва (за рахунок зміни обертів розкидального барабану, валу), тим самим покращення рівномірності розміщення по поверхні поля добрив.

Авторами запропоновані в патентах можливі варіанти встановлення подрібнювальних розкидальних барабани, як з вертикальним розташуванням так і з горизонтальним позаду кузова.

Запропонована конструкція розкидача органічних добрив забезпечує достатньо високу рівномірність внесення добрив за шириною захвату за рахунок більш якісного подрібнення і рівномірності їх подачі чвертьеліпсними подрібнювачами подрібнювального барабану до розкидального барабану, що забезпечується обертовим рухом чвертьеліпсних подрібнювачів.

Науковцями з ННЦ "Інституту механізації та електрифікації с.г." Української академії АН запропоновані патенти № 100957, № 73196 та № 70492, які дозволяють модернізувати серійні машини для виконання технологічної операції та покращити якісні показники роботи описаних агрегатів (рис. 2).

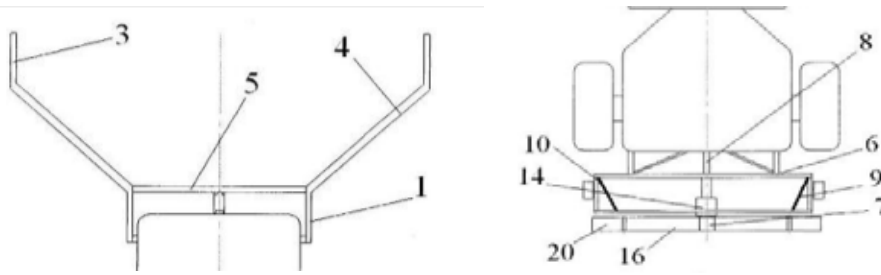


Рис. 2. Розкидачі добрив із куп передня і задня частина агрегату.

Автором [6] запропоновано технічний засіб, який дозволить розкидати органічні добрива по поверхні поля з розташованих на полі куч. Запропонована конструкція набагато спрощена в порівнянні з серійною тим самим має кращу надійність.

Технічний засіб працює наступним чином: трактор рухаючись на валок, який утворений при допомозі валкоутворювача 1, що розташований в передній частині в вигляді рами, яка складається з двох полиць – пересуваються по центру валка. Валок проходячи між трактором потрапляє на розкидальний робочий орган 7, який виконаний у вигляді лопатевого ротора. Ротор приводиться в рух при допомозі ВВП трактора. Внаслідок такої роботи пристрою з одного рядка куп органічного добрива формується удобрена площа, ширина якої відповідає подвійній ширині смуги, на яку ротор розподіляє добрива.

Завдяки такому виконанню машини для розкидання органічних добрив з куп підвищується рівномірність розкидання добрив за рахунок того, що при першому проході агрегату вздовж ряду куп валкоутворювачем машини забирається одна половина кожної купи і розкидаються добрива в один бік відносно напрямку руху агрегату, а при зворотному русі агрегату вздовж цього ж ряду забираються залишені на полі другі половини куп і розкидаються в протилежному напрямку. Тому загальна ширина розкидання добрив з одного ряду куп збільшується у два рази, що забезпечує зменшення відстані між купами також у два рази.

Запропонована авторами машина краща за серійну завдяки встановленню двох дисків розкидних, які мають лопаті (шарнірно закріплені) що розташовані між дисками. Встановлені пружини на лопатях дозволяють їх тримати завжди в робочому положенні.

Винахідником Кудрею В.О. запропоновано модернізацію серійного розкидача органічних добрив ПРТ-10 заявка на винахід № а201204321 та номер u201203915. Автором запропоновано задній частині серійного розкидача встановити пристосування, яке складається з двох подрібнювальних барабанів, транспортера для подачі подрібненого органічного добрива до розкидальних лопатей. Добрива потрапивши на бітер отримують колову швидкість та злітають з нього і розкидаються на різні відстані. Даний агрегат завдяки таким

лопатам (лопаті мають різну ширину) має можливість краще розсіювати добриво тим самим кращу загальну продуктивність та розкидання.

Висновки. Отже машини для внесення органічних добрив повинні рівномірно розподіляти добрива по поверхні поля, відповідати встановленим нормам внесення, бути надійними та безпечними в експлуатації. Вони також повинні мати можливість агрегації з відповідними тракторами та можливість роботи за різних погодних умов (за винятком екстремальних).

Список використаних джерел

1. Дідур, В., В'юник, О., & Комар, А. (2023). Аналіз способів внесення добрив. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 12(1), 1 з 3. <https://doi.org/10.31388/sbtsatu.v12i1.281>

2. Журавський А. О. Удосконалення технологічного процесу внесення органічних добрив з модернізацією розкидача : кваліфікаційна робота: спец. 208 «Агроінженерія» / Поліський нац. ун-т, каф. агроінженерії та технічного сервісу ; наук. кер. Заєць М. Л. – Житомир, 2023. 33 с.

3. Розкидач органічних добрив : пат. 45382 Україна : А01С 3/06 (2009.01). № u200905125 ; заявл. 25.05.2009 ; опубл. 10.11.2009, Бюл.№ 21, 2009 р. <https://iprop-ua.com/inv/pdf/fr228lcv-pub-description.pdf>

4. Розкидач органічних добрив : пат. 88754 Україна : А01С 3/06 (2009.01). № u200901541 ; заявл. 23.02.2009 ; опубл. 10.11.2009, Бюл.№ 21, 2009 р. <https://iprop-ua.com/inv/pdf/as8byx89-pub-description.pdf>

5. Розкидач органічних добрив : пат. 42332 Україна : А01С 3/00. № u200901825 ; заявл. 02.03.2009 ; опубл. 25.06.2009, Бюл.№ 12, 2009 р.. <https://iprop-ua.com/inv/pdf/uy43t3sq-pub-description.pdf>

6. Машина для розкидання органічних добрив з куп : пат. 42332 Україна : А01С 3/06 (2006.01); А01С 3/08 (2006.01). № а 2012 04321 ; заявл. 06.04.2012 ; опубл. 11.02.2013, Бюл.№ 3, 2013 р.. <https://iprop-ua.com/inv/pdf/knficm9b-pub-description.pdf>

7. Розкидач органічних добрив : пат. 73196 Україна : А01С 3/06 (2006.01) № u 2012 03915 ; заявл. 30.03.2012 ; опубл. 10.09.2012, Бюл.№ 17.. <https://iprop-ua.com/inv/pdf/wyb8l6q5-pub-description.pdf>

8. Сидякіна О., Підручна Д. Органічні добрива як запорука сталого розвитку аграрної галузі. *Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, 6 грудня 2024 року*, Миколаїв, Україна, 6 груд. 2024. Ломжа – Миколаїв. : MANS w Łomży, 2024. С. 123–127. ISBN 978-83-68480-02-3. URL: <https://doi.org/10.58246/SREC7881>.

УДК 620.9(477)

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ТА СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Линник Р. Ю., здобувач магістратури,
Савойський О. Ю., к.т.н., доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Постановка проблеми. Сучасні електричні мережі зазнають суттєвих змін у структурі та режимах роботи під впливом зростання частки відновлюваних джерел енергії, широкого впровадження силової електроніки, електромобільності та цифрових технологій управління. Ці фактори спричиняють зростання кількості нелінійних та несиметричних навантажень, що погіршує показники якості електричної енергії: викликає підвищення рівня гармонік, флікера, провалів та перенапруг, коливань напруги й асиметрії фаз [1, 2].

Порушення нормативних значень показників якості призводить до зниження енергоефективності обладнання, додаткових втрат електроенергії, прискореного старіння техніки, аварійного відключення чутливих споживачів та збільшення витрат на технічне обслуговування. Попри наявність широкого спектра технічних засобів (фільтрокомпенсуючих установок, активних фільтрів, стабілізаторів, систем керованої компенсації реактивної потужності тощо), їх вибір, ефективність та умови застосування потребують комплексного аналізу.

У цих умовах виникає потреба систематизувати методи та засоби підвищення якості електроенергії, оцінити їх технічну доцільність, економічну ефективність та відповідність вимогам чинних нормативів, що й визначає актуальність дослідження.

Основні матеріали дослідження. У ході дослідження проаналізовано основні чинники, що погіршують показники якості електричної енергії в сучасних низьковольтних і розподільчих мережах. Встановлено, що ключовими джерелами відхилень є нелінійні та імпульсні навантаження, зокрема частотні перетворювачі, джерела безперебійного живлення, світлодіодні драйвери та обладнання з електронними перетворювачами потужності. Значний внесок у формування гармонічних спотворень і флікера здійснюють також генеруючі установки на відновлюваних джерелах енергії, які працюють за допомогою інверторних схем та створюють коливання напруги при зміні сонячної або вітрової потужності.

Проаналізовано технічні засоби, які застосовуються для покращення показників якості електроенергії, та охарактеризовано специфіку їх впливу на електричні мережі. Пасивні фільтри дають можливість зменшити окремі гармоніки, проте потребують точного узгодження параметрів мережі. Активні фільтри працюють динамічно

та забезпечують значне зменшення гармонічних спотворень і флікера, хоча їх встановлення часто пов'язане з високими капітальними витратами. Фільтрокомпенсуючі установки здатні одночасно компенсувати реактивну потужність і знижувати рівень спотворень, однак ефективність їх роботи залежить від стабільності навантаження. Швидкодіючі пристрої типу SVC та STATCOM забезпечують оперативне регулювання напруги й зменшення флікера, що є особливо актуальним для мереж з динамічними технологічними навантаженнями. Регулятори напруги під навантаженням і стабілізатори застосовуються для усунення довготривалих відхилень напруги, тоді як системи зберігання енергії здатні згладжувати коливання, які виникають у мережах із високою часткою інверторних джерел.

Окремо проведено аналіз нормативних документів EN 50160 та IEC 61000-4, що визначають допустимі рівні гармонічних складових, флікера, асиметрії та швидких змін напруги. Порівняння фактичних режимів роботи електричних мереж із нормативними вимогами дало змогу визначити найбільш критичні ситуації, у яких застосування засобів компенсації є технічно та економічно обґрунтованим.

На основі узагальнення технічних характеристик, експлуатаційних умов та економічних аспектів сформовано рекомендації щодо оптимального вибору засобів підвищення якості електроенергії залежно від типу споживачів, режиму роботи мережі та характеру навантаження.

Висновки. Проведений аналіз засобів та способів підвищення якості електроенергії показав, що сучасні електричні мережі зазнають значного впливу нелінійних, імпульсних та інверторних навантажень, а також генеруючих установок на основі ВДЕ, що призводить до погіршення гармонічного складу напруги, флікера та коливань режимів. Дослідження підтвердило, що ефективність покращення параметрів якості електроенергії забезпечується комплексним застосуванням технічних засобів, серед яких фільтри, фільтрокомпенсуючі установки, швидкодіючі системи регулювання напруги та системи накопичення енергії, причому вибір конкретного рішення має ґрунтуватися на особливостях навантаження, режимах роботи мережі та економічній доцільності. Тому системний підхід до управління показниками якості електроенергії, поєднаний із постійним моніторингом та оптимізацією режимів, є ключовою умовою підвищення надійності та енергоефективності електропостачання.

Список використаних джерел

1. Bollen, M. H., Rönnberg, S. K. (2024). Power quality issues in low-voltage networks with high penetration of power electronics. *Electric Power Systems Research*, 226, 110295.
2. Morsi, W., El-Sherbeeney, A., Farahat, M. (2023). Impacts of

Renewable Energy Systems on Power Quality: A Comprehensive Review. IEEE Access, 11, 98512–98534.

УДК 631.3:637.12.035

РОЗРОБКА ТЕСТЕРА ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК V.3.0

Алієв Е. Б., д.т.н.,

Носенко Є. О., аспірант

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Постановка проблеми. Ефективність та стабільність роботи доїльного обладнання безпосередньо впливають на якість первинної обробки молока, здоров'я тварин і загальну продуктивність ферми. Доїльні установки працюють у змінних умовах навантаження, тому потребують постійного контролю технічних параметрів – вакуумметричного тиску, частоти та структури пульсацій, погодженості роботи насосів, витрати повітря, температурних режимів тощо [1]. Відхилення цих параметрів може спричиняти стрес тварин, збільшення захворюваності на мастит, нестабільність потоку молока, зниження надоїв та збільшення витрат на технічне обслуговування [2].

Наявні на ринку засоби діагностики представлені широким спектром приладів — від простих вакуумметрів до багатофункціональних електронних систем контролю (MILKOTEST MT 52, PULSOTESTER COMFORT, EXENDIS PT-V, VPR100 тощо). Однак більшість з них є або дорогими, або мають обмежені можливості підключення додаткових сенсорів, або не забезпечують комплексне вимірювання параметрів у реальному часі. Водночас, для українських господарств актуальною є потреба у доступному, модульному, розширюваному та достатньо універсальному пристрої, який дозволяє проводити повноцінну діагностику доїльних систем згідно з вимогами ISO 6690:2007 [3].

Розроблення тестера доїльних установок v.3.0 є логічним продовженням попередніх версій (v.1 та v.2.0) та спрямоване на створення більш інтелектуального, автоматизованого пристрою з покращеною точністю, зручністю використання та можливістю інтеграції у цифрові системи управління фермами.

Основні матеріали дослідження. Дослідження показало, що сучасні діагностичні прилади забезпечують високий рівень точності, однак суттєво відрізняються за функціональністю, типами датчиків, інтерфейсом користувача та сумісністю з цифровими платформами.

Більшість аналізаторів зосереджені на окремих параметрах – вимірюванні вакууму, пульсацій або витрати повітря – і рідко виконують комплексну багатоканальну діагностику.

Важливим результатом аналізу є встановлення того, що всі провідні засоби діагностики відповідають ISO 6690:2007, що визначає вимоги щодо вимірювань вакууму та пульсацій у доїльних системах. Тому створення тестера v.3.0 (рис. 1) повинно забезпечувати відповідність зазначеним стандартам та враховувати сучасні тенденції автоматизації.

Розроблений раніше тестер v.3.0 на базі платформи Arduino Mega 2560 продемонстрував високу функціональність (рис. 2):

- два канали вимірювання тиску;
- режими «Manometer», «Pulsation», «Pulsation Mini»;
- аналіз температури;
- вимірювання обертів за датчиком Холла;
- вимірювання витрати повітря;
- можливість збереження даних у форматі *.txt*;
- візуалізація графіків (пульсограм, тискограм);
- підключення зовнішніх сенсорів.



Рис. 1. Загальний вигляд тестера доїльних установок v.3.0

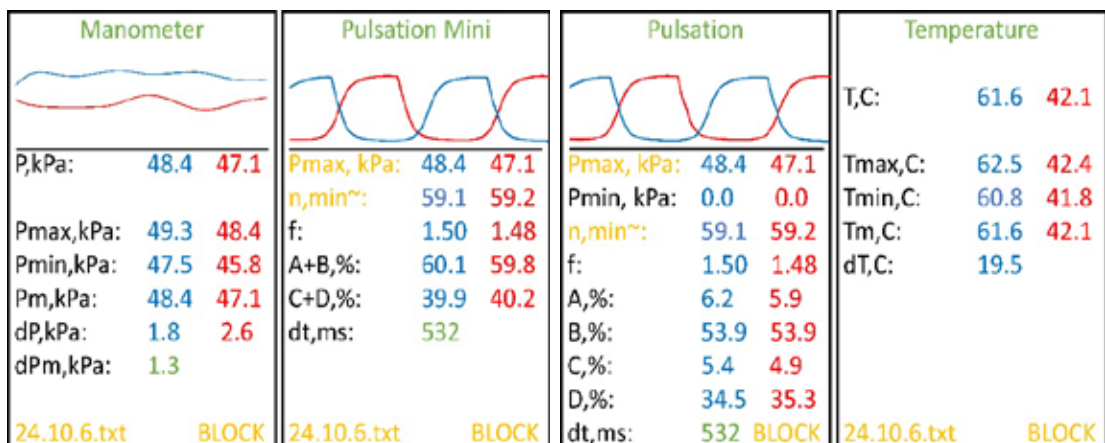


Рис. 2. Вигляд окремих функціональних розділів тестера доїльних установок v.3.0

Попри це, виявлено низку напрямів для вдосконалення:

- потреба у збільшенні кількості вимірювальних каналів;
- підвищення швидкості обробки та точності;
- розширення можливостей інтерфейсу;
- впровадження автономного збереження даних;
- інтеграція Bluetooth/Wi-Fi для передавання інформації на ПК чи смартфон;
- покращення ергономіки корпусу.

Розробка тестера v.3.0 передбачає комплекс модернізацій, що охоплюють апаратну, програмну та інтерфейсну частини.

Основні технічні рішення v.3.0:

1. Багатоканальна система вимірювання тиску

- Перехід на 3–4 незалежні канали з використанням сенсорів нового покоління (вищий клас точності, менший дрейф, ширший діапазон).

2. Удосконалений аналіз пульсацій

- детальний розрахунок фаз A, B, C, D;
- автоматичне виявлення нестабільностей потоку;
- збереження пульсограм у форматі графічних файлів.

3. Інтеграція модулів зв'язку (Wi-Fi/Bluetooth)

- передавання даних на смартфон/планшет;
- віддалений перегляд вимірювань;
- синхронізація з фермерськими цифровими платформами.

4. Оновлений графічний інтерфейс

- висока роздільна здатність екрану;
- перероблене меню з інтуїтивною навігацією;
- можливість відображення одночасних графіків.

5. Запис логів у пам'ять SD-карти та автоматичне формування звітів

- збереження параметрів у режимі реального часу;
- генерація файлів формату *.csv*, *.txt*.

6. Покращена система живлення

- вбудований акумулятор;
- захист від перешкод;
- можливість роботи у польових умовах до 10 годин.

7. Модульність конструкції

- можливість швидкої заміни датчиків;
- підтримка зовнішніх модулів (термодатчики, витратоміри, тахометри).

8. Програмне забезпечення нового покоління

- застосування фільтрації сигналів;
- адаптивні алгоритми згладжування;
- функції авто-калібрування.

Очікувані результати впровадження тестера v.3.0

- підвищення точності діагностики до 15–20 %;
- зменшення часу обслуговування доїльних установок;

- можливість оперативного аналізу роботи обладнання у реальному часі;
- створення цифрового архіву технічних замірів;
- зменшення ризиків збоїв у доїльному процесі;
- підвищення продуктивності операторів та інженерів.

Висновки. Розробка тестера доїльних установок v.3.0 є важливим кроком у напрямі цифровізації та удосконалення систем технічного контролю на молочних фермах. Аналіз існуючих технічних засобів підтверджує актуальність створення доступного, багатофункціонального та високоточного пристрою, здатного забезпечувати комплексну діагностику згідно з міжнародними стандартами.

Покращення, закладені у v.3.0, дозволяють значно розширити можливості діагностики: збільшити кількість каналів вимірювання, підвищити точність аналізу пульсацій, реалізувати бездротову передачу даних і автоматичне формування звітів. Очікується, що модернізований тестер стане ефективним інструментом для наукових досліджень, сервісних інженерів, фермерських господарств та сервісних служб обслуговування доїльного обладнання.

Створення v.3.0 формує підґрунтя для розвитку інтелектуальних систем моніторингу доїльних установок та інтеграції їх у комплексні цифрові платформи управління тваринницькими підприємствами.

Список використаних джерел

1. Aliiev, E., Paliy, A., Paliy, A., Kis, V., Levkin, A., Kotko, Y., Levchenko, I., Shkurko, M., Svysenko, S., & Sevastianov, V. (2022). Increasing energy efficiency and enabling the process of vacuum mode stabilization during the operation of milking equipment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(1(120)), 62–69. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267799>

2. Шевченко, І.А., Алієв, Е.Б. (2013). Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок. За редакцією доктора технічних наук, професора, член-кореспондента НААН України, І.А. Шевченка. Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд. 156 с.

3. ISO 6690. (2007). *Milking machine installations – Mechanical tests*. Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization. 46 p.

УДК 620.9(477)

ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КОМПЕНСАЦІЇ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Линник Р. Ю., здобувач магістратури,
Савойський О. Ю., к.т.н., доц.

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Промислові підприємства характеризуються наявністю значної кількості нелінійних, імпульсних та потужних електромеханічних навантажень, які створюють суттєві порушення показників якості електроенергії. Частотні перетворювачі, електрозварювальні установки, індукційні печі, випрямлячі, компресорні станції та інше технологічне обладнання формують високий рівень гармонічних складових, флікеру, несиметрії та коливань напруги. Погіршення показників якості електроенергії призводить до зниження енергоефективності, передчасного зношення електроприймачів, підвищення втрат електроенергії та появи збоїв у технологічних процесах, що прямо впливає на економічні показники підприємства.

Незважаючи на широкий вибір сучасних технічних засобів компенсації, їх ефективність суттєво залежить від умов роботи конкретного виробництва, характеру навантаження та динамічності технологічних циклів. Вибір неспівмірного або неадекватно налаштованого компенсуючого обладнання може не лише не усунути причини порушень показників якості електроенергії, але й спричинити резонансні явища або аварійні режими. Тому постає проблема обґрунтованого вибору технічних засобів компенсації, який би враховував особливості промислового навантаження, вимоги до надійності електропостачання та економічну доцільність впровадження відповідних рішень.

Основні матеріали дослідження. Особливості вибору технічних засобів компенсації для покращення якості електроенергії на промислових підприємствах визначаються характером технологічних процесів, типом виробничого обладнання, режимами роботи електроприймачів та структурою електричної мережі підприємства. У промислових умовах значна частка нелінійних навантажень – таких як електроприводи з частотним регулюванням, імпульсні випрямлячі, індукційні печі, електрозварювальні установки, компресорні станції та автоматизовані лінії – формує складний спектр гармонічних струмів і викликає коливання напруги, що потребує застосування компенсуючих засобів з високою адаптивністю. Вибір обладнання має ґрунтуватися на детальному аналізі спектру гармонік, рівня реактивної потужності, швидкості зміни навантаження та чутливості технологічного устаткування до коливань напруги.

Пасивні фільтри та традиційні конденсаторні установки можуть забезпечити необхідний рівень компенсації лише у випадках відносно стабільних режимів роботи, тоді як для підприємств із різко змінними виробничими циклами вони часто виявляються недостатньо

ефективними. Активні фільтри потужності дозволяють одночасно компенсувати гармонічні спотворення та реактивну потужність у широкому діапазоні режимів, що є критично важливим для високотехнологічних виробництв і об'єктів з інтенсивним застосуванням електронних перетворювачів. Для підприємств зі значними електромеханічними навантаженнями, такими як металургійні, хімічні чи машинобудівні заводи, ключовим чинником є здатність компенсуючих засобів реагувати на швидкі зміни електроспоживання, що обґрунтовує використання SVC або STATCOM. У мережах, де велике обладнання викликає провали та коливання напруги, доцільним є інтеграція систем накопичення енергії, які забезпечують стабілізацію режимів та зменшують вплив динамічних технологічних процесів.

Вибір технічних засобів компенсації на промислових об'єктах має також враховувати економічні та експлуатаційні фактори: вартість простою обладнання через погіршення показників якості електроенергії, потребу у безперервності виробничих процесів, наявність резервного живлення, можливість модульного розширення та вимоги до технічного обслуговування. Комплексна оцінка цих параметрів дозволяє обґрунтувати застосування такого набору компенсуючих засобів, який забезпечує як технічну ефективність, так і економічну доцільність для конкретного типу промислового підприємства.

Висновки. Ефективне покращення якості електроенергії на промислових підприємствах можливе лише за умови врахування характеру навантаження та режимів роботи технологічного обладнання. Вибір компенсуючих засобів має бути обґрунтованим, оскільки традиційні рішення ефективні лише у стабільних режимах, тоді як динамічні виробництва потребують адаптивних активних фільтрів та швидкодіючих систем регулювання. Раціональне застосування таких засобів дозволяє зменшити гармонічні спотворення, флікер і коливання напруги, підвищити надійність устаткування та знизити витрати, що забезпечує стабільну й енергоефективну роботу підприємства.

Список використаних джерел

1. Prakash K., Singh B. Power Quality Disturbances, Standards and Mitigation Techniques: A Review. IEEE Access. 2023. Vol. 11. P. 135214–135238.
2. Luo L., Wang J., Zhang Y., Wang X. Analysis and Mitigation of Harmonic Distortion in Industrial Power Systems. Electric Power Systems Research. 2024. Vol. 224. Article 110210.

УДК 656.13

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І МЕТОДИ В ТЕХНІЧНІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОПАРКІВ ПІДПРИЄМСТВ

Таценко О. В., старший викладач

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. У сучасних умовах активної цифрової трансформації транспортної галузі питання підвищення ефективності технічної експлуатації автопарків підприємств набуває особливої актуальності. Посилення вимог до надійності, безпеки, економічності та екологічності функціонування транспортних засобів зумовлює необхідність упровадження інноваційних технологій і методів, спрямованих на оптимізацію процесів планування, технічного обслуговування, діагностики та управління ресурсами автопарку. Застосування традиційних підходів до експлуатації, що ґрунтуються на регламентних інтервалах обслуговування, паперовій документації й епізодичній оцінці технічного стану транспортних засобів, стає недостатнім у контексті зростання технічної складності сучасного рухомого складу та підвищення інтенсивності транспортних потоків [1].

Поступова втрата ефективності традиційних методів обслуговування обумовлена також збільшенням обсягів перевезень, ускладненням логістичних ланцюгів, прискоренням обігу транспортних засобів і зростанням конкуренції на ринку транспортних послуг. У таких умовах підприємства вимушені переходити до стан-орієнтованого та прогнозного технічного обслуговування, що базується на використанні телематики, сенсорних систем, цифрових платформ та інтелектуальної аналітики. Інтеграція цих технологій не лише забезпечує оперативне отримання достовірної інформації про технічний стан транспортних засобів, але й створює передумови для підвищення ефективності управління автопарком за рахунок скорочення простоїв, оптимізації витрат, підвищення ресурсу агрегатів і зменшення ймовірності виникнення відмов у процесі експлуатації.

Упровадження інноваційних підходів до технічної експлуатації транспортних засобів є ключовим чинником формування конкурентоспроможності підприємств транспортної галузі. Використання цифрових технологій забезпечує можливість переходу до комплексної моделі управління технічним станом, у межах якої обслуговування транспортних засобів здійснюється з урахуванням реального стану та прогнозованих змін параметрів їх роботи. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню ефективності логістичних операцій, поліпшенню якості транспортних послуг і зниженню загальних експлуатаційних витрат [2].

Основний матеріал дослідження. Основними напрямками

інноваційних технологій і методів в технічній експлуатації автопарків сучасних підприємств [3 - 6] являються:

- цифровізація процесів технічної експлуатації автомобілів;
- впровадження інтелектуальних систем діагностики та прогнозування відмов автотранспорту;
- використання сенсорних систем та IoT в технічній експлуатації автотранспорту;
- використання роботизованих систем огляду та безпілотних технологій;
- впровадження енергоефективних технологій технічної експлуатації автотранспорту.

1. Цифровізація процесів технічної експлуатації автомобілів.

У практиці виробничих підприємств України найбільш поширеним напрямом цифровізації є впровадження систем GPS/ГЛОНАСС-моніторингу та телематики. Наприклад, використання платформ Wialon, WebEye або CarTrack дозволяє отримувати актуальні дані про пробіг, витрату палива, оберти двигуна, простої, навантаження на вісь тощо. За даними підприємств-перевізників, впровадження телематики скоротило понад 12 - 18% необґрунтованих витрат палива та до 25% незапланованих простоїв.

Цифрові системи планування ТО (Maintenance Scheduling Systems) забезпечують автоматичне формування календаря обслуговувань на підставі фактичного пробігу та напрацювання агрегатів. Це дає змогу уникати перевищення інтервалів ТО, що для вантажного транспорту може збільшувати ризик відмов у середньому на 8 – 12%.

2. Інтелектуальні системи діагностики та прогнозування відмов автотранспорту.

Використання машинного навчання у технічній експлуатації вже реалізується в комерційних рішеннях — наприклад, Bosch IoT Suite, Continental Predictive Diagnostics, Siemens MindSphere. Дані системи аналізують телематичні показники: температуру охолоджувальної рідини, тиск мастила, вібрації колінчастого валу, частоту регенерації сажового фільтра, характеристику прискорень.

Моделі прогнозування дозволяють завчасно визначати ймовірність відмов: вихід з ладу форсунок - з точністю до 78 - 85%, деградація ТНВД - до 90%, несправності підвіски (амортизатори, пневмобалони) - до 70%, критичне зношення гальмівних колодок - до 92%.

Підприємства, що впровадили прогнозну діагностику, відзначають скорочення аварійних відмов у середньому на 30 - 40% та зменшення витрат на ремонт на 15 - 20%.

3. Сенсорні системи та IoT в технічній експлуатації автотранспорту.

У сучасних автопарках впроваджуються датчики: вібрації підшипників коліс і КПП, тиску в гідросистемах тягачів, якості палива

(виявлення домішок і води), навантаження на осі та раму, температури гальм та ін.

На базі IoT-платформ (Azure IoT, AWS Fleet Hub) створюється єдина база даних, де відомості з усіх транспортних засобів надходять у реальному часі. Це дає змогу формувати технічний «паспорт експлуатації» кожного автомобіля та автоматично фіксувати відхилення від норми.

4. Роботизовані системи огляду та безпілотні технології

На підприємствах автотранспорту ЄС і США вже застосовуються роботизовані сканери (UVeye, Bosch Automated Inspection), які за 2 - 3 хвилини виконують повний огляд: ходової частини, стану шин, тріщин рами й кузова, протікання рідин, геометрії підвіски та ін.

Дрони використовуються для огляду великих автопарків, автоцистерн та самоскидів на кар'єрах. Вони дозволяють зменшити час огляду з 20 - 40 хвилин до 3 - 5 хвилин та значно підвищити безпеку персоналу.

5. Енергоефективні технології експлуатації автотранспорту

Підприємства, що експлуатують електровантажівки (Volvo FE Electric, MAN eTGM), зіштовхуються з новими задачами контролю: стану тягової батареї (SOC, SOH), температурного режиму акумуляторних модулів, параметрів рекуперації, осередків деградації та ін.

Згідно з практикою експлуатації електроавтотранспортних засобів, оптимізація режимів заряджання дозволяє збільшити ресурс акумулятора на 12 - 17%. Застосування енергоощадних шин (з опором кочення класу А) дає змогу зменшити витрати енергії на 6 - 8%.

Висновки. Інноваційні технології, що впроваджуються у технічну експлуатацію автопарків, забезпечують реальне зменшення витрат, підвищення надійності та безпеки транспортних систем. Встановлено, що застосування телематики та прогнозуючої діагностики скорочує аварійні відмови на 30 - 40%, мінімізує простой та зменшує до 20% витрати на ремонт.

Інтеграція IoT, роботизованих систем огляду та цифрових платформ формує нову модель технічної експлуатації — від регламентної до стан-орієнтованої. Подальший розвиток на пряму передбачає розширення використання штучного інтелекту, повну автоматизацію процесів ТО та включення електровантажівок у загальні системи моніторингу.

Інноваційні технології та методи технічної експлуатації автопарків підприємств принципово змінюють сучасні підходи до управління транспортними засобами. Використання цифрових систем моніторингу, інтелектуальної аналітики, IoT-рішень, роботизованих комплексів та енергоефективних технологій дозволяє підвищити надійність та безпеку експлуатації, оптимізувати витрати та забезпечити ефективне функціонування автопарків.

Результати дослідження свідчать, що впровадження інновацій у сфері технічної експлуатації автотранспортних засобів є ключовим чинником підвищення конкурентоспроможності підприємств транспортної галузі. Подальший розвиток даного напрямку передбачає інтеграцію інтелектуальних систем прогнозування, широке застосування автономних технологій та удосконалення нормативно-правової бази, що регламентує цифрову експлуатацію автотранспортних засобів.

Список використаних джерел

1. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; Ред. А. М. Редзюка. – К.: ДП «Державтотранс НДІпроект», 2005, 400 с.

2. Волков, В.П., Грицук, І.В., Кужель, В.П., Волкова, Т.В., Плехова, Г. А. Стан і втілення інноваційних технологій в технічну експлуатацію транспортних засобів. Вісник машинобудування та транспорту (ВМТ), 2022, вип. 15, №1, с. 23–33.

3. Волков, В. П., Волкова, Т. О., Кужель, В. М., Верхломчук, В. В., Нікіфоров, Н. О. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. Харків: ФОП Панов А.М., 2018. 299 с.

4. Волков, В.П., Матейчик, В.П., Комов, П.Б., Грицук, І.В., Комов, А.П., Волков, Ю.В. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортового діагностичного комплексу. Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика», 2014, вип. 13, с. 126–138.

5. Волков, В.П., Волкова, Т.О., Кужель, В.М., Верхломчук, В.В., Нікіфоров, Н.О. Основи інтеграції системи технічної експлуатації автомобілів в інтелектуальні транспортні системи. Вісник машинобудування та транспорту (ВМТ), 2024, вип. 20, №2, с. 21–30

6. Volkov, V., Gritsuk, I., Volkova, T. Energy Approach to the Formation of Braking Properties of Vehicles. SAE Technical Paper, 2020-01-5115, 2020. 9 p. DOI: 10.4271/2020-01-5115.

УДК 631.331

ВПЛИВ ВИХРОВОГО ШУМУ НА ВТРАТИ В РОБОЧОМУ КОЛЕСІ ВІДЦЕНТРОВОГО РАДІАЛЬНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Мельник В. І.¹, д.т.н., проф.,

Зеленський А. П.¹, д-р філософії (механічна інженерія),

Зеленський О. П.¹, д-р філософії (механічна інженерія),

Зеленська М. А.², здобувач СВО магістр

¹Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,

²Університет Марії Кюрі-Склодовської, м. Люблін, Польща

Постановка проблеми. Розглядаючи стрімкий розвиток механізації посівних процесів у агропромисловому комплексі, постає завдання, по підвищенню ефективності роботи посівних машин, в умовах різноманіття агротехнологічних вимог сучасного землеробства. Таке завдання спонукає до постійного розвитку конструкцій висівної техніки та вдосконалення її агрегатів. Аналіз сівалок, обладнаних пневматичними висівними системами надлишкового тиску, засвідчують, що використання вакуумних висівних апаратів дають можливість досягти високого рівня автоматизації та стабільність процесу висіву насіння, а також гарантувати надійну роботу сівалки на підвищених швидкостях. Розглядаючи роботу пневматичних сівалок, виділяють недоліки пневматичних магістралей, висівних апаратів та генератору вакууму (вентилятора). В рамках дослідження приділено увагу вивченню поведінки повітряного потоку в агрегатах та його каналах за різних граничних умов, більш ретельно проведено аналіз роботи відцентрового радіального вентилятора (ВРВ).

Основні матеріали дослідження. Шум, що виникає в конструкції ВРВ суттєво впливає на його роботу, збільшуються втрати, знижується ефективність, збільшується вібрація та зношення його елементів. Наслідком є нестабільна робота пневматичної системи сівалки та зниження якості висіву сільськогосподарських культур. В рамках проведених досліджень нової конструкції сівалки, побудованої за принципом модульності, з використанням пневматичної системи блочного типу (ПССБТ) з індивідуальним відцентровим радіальним вентилятором (ІВРВ), приділено увагу зміні геометричних параметрів конструкції для зниження втрат та підвищення якості роботи пневматичної системи. Для досягнення стабільної роботи ІВРВ, пневматичних трубопроводів та висівного апарату запропоновано внести конструктивні зміни: додатково встановити спрямляючий апарат, змінити кути входу в робоче колесо (РК) та поставити кокіль.

Метою дослідження є аналіз впливу конструктивних змін ІВРВ на рівень вихрового шуму та втрат в системі. Об'єктом дослідження є шум, що виникає в ІВРВ. Предметом є зміни в конструкції, що впливають на рівень шуму і як наслідок на втрати пневматичної системи. Використано методи порівняння та аналізу зміни кута входу в робоче колесо на рівень шуму, використовуючи теоретичні та практичні дослідження.

В рамках інженерно-технологічних досліджень по розробці нової конструкції сівалки та модернізації існуючих конструкцій розглянуто особливості роботи ІВРВ, та вплив деяких параметрів на величину вихрових втрат [1, 2]. Розглядаючи конструкцію РК ІВРВ, дослідження

концентрувалось на встановлення впливу вхідного кута лопатки РК – $\beta_{1л}$.

Формула за якою визначається вхідний кут лопатки $\beta_{1л}$:

$$\beta_{1л} = \beta_1 + \Delta\beta, \quad (1)$$

де β_1 – кут натікання повітряного потоку на лопатку РК.

Розмір вхідного кута лопатки РК $\beta_{1л}$ впливає на дифузорність міжлопаткового каналу. Згідно з проведеним регресійним аналізом прийнято кут рівний 64° . Величина вхідного кута лопатки РК $\beta_{1л}$ значною мірою впливає на значення швидкості w_1 .

Вибрана величина, вхідного кута лопатки РК $\beta_{1л}$, пов'язана з низкою конструктивних та газодинамічних параметрів ІВРВ. Вона приймається з урахуванням цих величин.

Зменшення вихрових втрат в ІВРВ безпосередньо пов'язане з умовами входу повітряного потоку до решітки РК. Тому обтікання решітки лопаток РК, повітряним потоком, намагаються забезпечити плавним, з оптимальним кутом атаки, умовою є «безударний» вхід. Для досягнення цієї мети виникає потреба встановлення СА та кокіля на РК. Установка СА дозволяє вирівняти повітряний потік і підвищити швидкість в районі отворів диска, що висіває, з величини $37,61$ до $56,77$ м/с. Але не слід забувати, що установка СА призведе до появи шуму (тонального шуму), що виникає внаслідок взаємодії двох решіток.

Вплив вихідного кута лопатки РК – $\beta_{2л}$ [3, 4]. Формула за якою визначається вихідний кут лопатки $\beta_{2л}$:

$$\beta_{2л} = \beta_2 + \Delta\beta, \quad (2)$$

де β_2 – кут виходу повітряного потоку з лопатки РК.

Згідно з проведеним регресійним аналізом приймаємо значення вихідного кута лопатки РК – $\beta_{2л}$ рівне 125° . Величина вихідного кута лопатки РК $\beta_{2л}$ значною мірою впливає на дифузорність міжлопаткового каналу.

Основні геометричні параметри моделей РК ІВРВ, обраних для виконання експериментальних досліджень, щодо впливу геометричних параметрів на вихрові втрати, надані в таблиці 1.

Як видно, з таблиці 1, геометричні розміри представлених РК однакові, але відрізняються тільки величинами вхідного кута $\beta_{1л}$ та вихідного кута $\beta_{2л}$ лопаток. В ході експериментальних досліджень, на стенді розробленого в рамках аналізу роботи ІВРВ, виконані виміри вихрового шуму за допомогою детектору шуму DT 855, при різних частотах обертання РК. При цьому повітряний потік підводився в осьовому напрямку до РК. Результати вимірів шуму занесені до таблиці 2.

Досліджування роботи ІВРВ проводили для РК різного виконання, з різними величинами вхідного $\beta_{1л}$ та вихідного кута $\beta_{2л}$

лопаток. Для наочності отриманих результатів було побудовано графік залежності рівня інтенсивності шуму від частоти обертання РК рис. 1.

Таблиця 1

Основні геометричні параметри моделей РК ІВРВ

№ колеса	D_0 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	b_1	b_2	$\beta_{1л}$	$\beta_{2л}$	$z_{РК}$
1	33	38,5	110	13,2	13,2	64	125	18
2	33	38,5	110	13,2	13,2	110	70	18

Таблиця 2

Результати вимірювань шуму РК ІВРВ

№ п/п	Частота обертання РК n , рад/с	Рівень інтенсивності шуму L_1 , дБ	Рівень інтенсивності шуму L_2 , дБ
1	1068	81	86
2	1131	82	87
3	1257	85	88
4	1350	86	91
5	1413	88	93
6	1476	88,3	95
7	1572	88,5	97

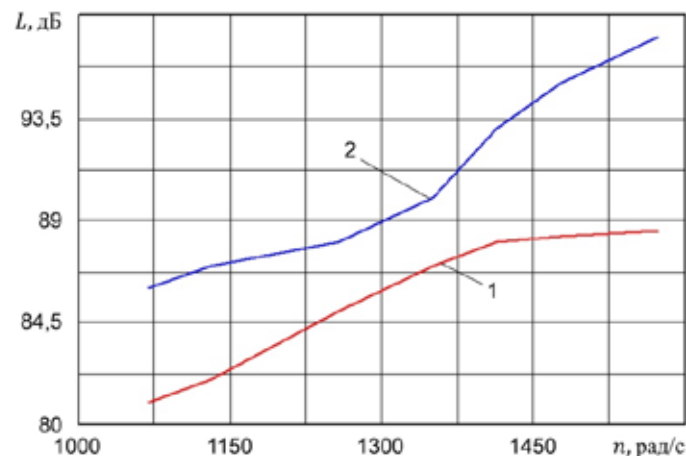


Рис. 1. Вплив вхідного $\beta_{1л}$ та вихідного кута $\beta_{2л}$ лопаток РК на рівень шуму: 1 – крива шуму РК №2, 2 – крива шуму РК №1

З рис. 1 видно, що при збільшенні частоти обертання РК величина шуму зростає. Зниження загального рівня шуму ІВРВ з запропонованої моделі РК №1 – L_1 , при частоті обертання 1350 рад/с склало на 5 дБ відносно моделі РК №2 – L_2 , що становить близько 5,5%. Стає зрозуміло, що впливаючи на величину вхідного $\beta_{1л}$ та вихідного кута

$\beta_{2л}$ лопаток РК, здійснюється зміна рівня шуму в вентиляторі.

Висновки. У процесі дослідження, приділено увагу куту розкриття вихідного патрубку. Встановлено, що зменшення кута розкриття каналу призводить до зниження інтенсивності вихроутворення в міжлопаткових каналах і шуму. Експериментально встановлено, що зростання втрат у корпусі призводить до збільшення шуму. Виникає припущення про наявність оптимальних геометричних співвідношень з акустичної точки зору, які можна використовувати при проектуванні ІВРВ.

Список використаних джерел

1. S. L. Dixon, C. A. Hall, Fluid mechanics and thermodynamics of turbomachinery, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK: Sixth edition, 2010. 459 p.
2. ДСТУ 3251-95 Вентилятори радіальні та осьові. Методи випробувань в умовах експлуатації. [Чинний від 01.07.1997] Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 1997. 126 с.
3. Зеленський А. П. Експериментальний стенд для дослідження параметрів повітряного потоку в проточній частині індивідуального відцентрового радіального вентилятора. // XXV Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми землеробської механіки», 17–19 жовтня 2024 року, м. Харків / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2024. с. 175–177.
4. Frank, M. (2016). White fluid mechanics (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education. 1023 p.

УДК 664.8.037.1

ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬГІНАТУ НАТРІЮ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ТА ЯКОСТІ СВІЖОНАРИЗАНИХ ФРУКТІВ

Заморська І. Л., д.т.н.,

Петришин Д. С., здобувач PhD

Уманський національний університет, м. Умань, Україна

Швидкий темп сучасного життя та зростаючий впродовж останніх років попит населення на свіжі, корисні та зручні продукти харчування сприяли активному розвитку індустрії готових до споживання (Ready-to-Use, RTU) продуктів харчування. Свіжонарізані фрукти – одна з

ключових груп RTU-продукції, яка характеризується свіжістю, високою харчовою цінністю, смаком і, особливо, зручністю у щоденному використанні.

За визначенням Lamikanra (2002), свіжонарізані фрукти – це продукти, фізично змінені порівняно з первинною формою, але які зберігають свою свіжість [1]. Зростання популярності цих видів продукції у населення зумовлено прагненням до споживання натуральних, низькокалорійних продуктів, що задовольняють вимоги раціонального харчування. Нарізані фрукти стали популярними та доступними продуктами в торговельних мережах, підприємствах ресторанного господарства, авіакомпаніях, навчальних закладах.

Однак, низка проблем, що виникають внаслідок пошкодження тканин, зокрема, зростання інтенсивності дихання та транспірації, окиснювальне потемніння, зміни консистенції та розвиток патогенної мікрофлори суттєво скорочують терміни їхнього зберігання та обмежують можливості ринку задовольнити вимоги споживачів.

З метою ефективного подолання вищезазначених проблем та розроблення свіжонарізаних продуктів високої якості, що відповідають вимогам безпечності, науковцями запропоновано різноманітні їстівні покриття для цих продуктів на основі полісахаридів, що включають антимікробні засоби, антиоксиданти та речовини, що запобігають потемнінню поверхні плодів.

Полісахариди – це полімери моносахаридів, з'єднані один з одним глікоцидними зв'язками та широко використовуються у виробництві їстівних плівок та покриттів завдяки селективній газопроникності для газів O_2 та CO_2 , низькій вартості та високій доступності. Полісахариди, включаючи похідні целюлози, крохмалі, альгінати, пектини, хітозан, пулулан та карагенани, є найбільш затребуваними біополімерами у виробництві їстівних плівок.

Одним із найперспективніших полімерів для виробництва їстівних покриттів є альгінат натрію – лінійна (1→4)-зв'язана поліуроновна кислота, що складається з β -D-мануринової та α -L-гулуронату, отриманих з бурих морських водоростей (*Laminaria hyperborea*, *Macrocystis pyrifera*) або окремих бактерій (*Azotobacter vinelandii*). Альгінат відзначається біорозкладністю, сумісністю з харчовими матрицями та високою плівкоутворювальною здатністю [2].

Альгінат натрію активно застосовується у харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловостях завдяки здатності утворювати в'язкі гелі у водних розчинах, формувати міцні молекулярні зв'язки та еластичні плівки. Гелеутворювальна здатність альгінату натрію покращується за участю двовалентних іонів (Ca^{2+}), що забезпечує щільні зв'язки між ланцюгами полімеру та підвищує механічну міцність і бар'єрні властивості покриття [3].

Альгінат є нетоксичним, біорозкладним, економічним, безпечним, схвалений Європейською комісією як харчова добавка та придатний

для використання для інкапсулювання або покриття м'яса, риби та фруктів з метою запобігання зневоднення. Покриття з альгінату натрію забезпечують стабільність та привабливість продукції для споживача [4].

В науковій літературі представлено різні результати досліджень, що демонструють ефективність альгінатних покриттів у запобіганні окисного потемніння, гальмування дихання, контролю транспірації та росту мікроорганізмів. Так, покриття на основі альгінату натрію та CaCl_2 подовжило термін зберігання ягід суниці до 15 днів при 4 °С, сповільнюючи активність дихання, транспірацію та окиснювальне потемніння. Покриття добре зберігало органолептичні властивості нарізаних фруктів, зокрема колір і консистенцію [5].

Обробка свіжонарізаних динь альгінатом натрію в поєднанні з 3 % лимонної кислоти поліпшила їхню якість, зменшивши потемніння та гальмуючи розм'якшення під час зберігання за температури 10 °С [6].

Комбінація 1% альгінату натрію з 10 $\mu\text{mol/L}$ оксиду азоту загальмувала активність ферментів потемніння: поліфенолоксидази, фенілаланін аміак-ліази, пероксидази та ліпоксигенази, зменшила накопичення O_2^- , $\cdot\text{OH}$, H_2O_2 , малондіальдегіду та загального фенолу, підвищила активність каталази та супероксиддисмутази, зберігаючи щільність і колір свіжонарізаних персиків [7].

Доведено позитивний вплив антимікробного покриття з альгінату натрію (1–2%), пектину (2%) і CaCl_2 (2%) на втрати вологи та ріст патогенної мікрофлори свіжонарізаних ананасів [8].

Обробка продукції покриттям з альгінату натрію (2%), аскорбінової кислоти (2,5%) та CaCl_2 (2%) сприяла ефективному збереженню вмісту поліфенольних сполук, аскорбінової кислоти та органолептичних властивостей скибочок помело. Покриття також мінімізувало мікробну деградацію продукції [9].

Таким чином, покриття альгінатом натрію – це ефективна, екологічна й безпечна технологія збереження якості, харчової цінності та мікробіологічної безпеки свіжонарізаних фруктів під час холодного зберігання.

Список використаних джерел

1. Chen, J., Wu, A., Yang, M., Ge, Y., Pristijono, P., Li, J., ... & Mi, H. (2021). Characterization of sodium alginate-based films incorporated with thymol for fresh-cut apple packaging. *Food Control*, 126, 108063.
2. Kim, J. H., Park, S., Kim, H., Kim, H. J., Yang, Y. H., Kim, Y. H., ... & Lee, S. H. (2017). Alginate/bacterial cellulose nanocomposite beads prepared using *Gluconacetobacter xylinus* and their application in lipase immobilization. *Carbohydrate polymers*, 157, 137-145.
3. Thivya, P., Bhosale, Y. K., Anandakumar, S., Hema, V., & Sinija, V. R. (2021). Development of active packaging film from sodium alginate/carboxymethyl cellulose containing shallot waste extracts for anti-

browning of fresh-cut produce. *International Journal of Biological Macromolecules*, 188, 790-799.

4. Pandey, V. K., Shafi, Z., Choudhary, P., Pathak, A., & Rustagi, S. (2025). Navigating the Functional and Bioactive Landscape of Sodium Alginate Based Edible Coatings for Modernized Fruit Preservation. *Journal of Food Safety*, 45(3), e70020.

5. Alharaty, G., & Ramaswamy, H. S. (2020). The effect of sodium alginate-calcium chloride coating on the quality parameters and shelf life of strawberry cut fruits. *Journal of Composites Science*, 4(3), 123.

6. Song, H., Jang, A. R., Lee, S., & Lee, S. Y. (2024). Application of sodium alginate-based edible coating with citric acid to improve the safety and quality of fresh-cut melon (*Cucumis melo L.*) during cold storage. *Food Science and Biotechnology*, 33(7), 1741-1750.

7. Huang, D., Wang, C., Zhu, S., Anwar, R., Hussain, Z., & Khadija, F. (2022). Combination of sodium alginate and nitric oxide reduces browning and retains the quality of fresh-cut peach during cold storage. *Food Science and Technology International*, 28(8), 735-743.

8. Mantilla, N. (2012). Development of an alginate-based antimicrobial edible coating to extend the shelf-life of fresh-cut pineapple (Doctoral dissertation).

9. Linh, CTM, Ngoc, VD, Phat, DT, Phong, HX, Quy, NN, Tung, NTX, & Nhi, TTY (2024). Ефективність покриття на основі альгінату натрію для збереження свіжозрізаного помело Da ханх. *Applied Food Research*, 4 (1), 100426.

УДК 631.147:665.753.4](477)

ЕНЕРГЕТИЧНА ЗАЛЕЖНІСТЬ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ ВІД ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО

Скляр О. Г., к.т.н.,

Кюрчев В. М., д.т.н.,

Голубєв Р. М., аспірант

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.*

Анотація. У статті розглянуто сучасний стан енергетичної залежності аграрного сектору України від дизельного пального. Проаналізовано економічні, технологічні та екологічні аспекти цього явища. Визначено основні напрями підвищення енергоефективності, зменшення споживання традиційних нафтопродуктів та перспективи використання альтернативних джерел енергії, зокрема біодизеля.

Проведено порівняльний аналіз структури енергоспоживання в сільському господарстві України та країн ЄС. Зроблено висновки щодо необхідності державної підтримки впровадження енергозберігаючих технологій у вітчизняному аграрному секторі.

Вступ. Сільське господарство є однією з найенергоємніших галузей економіки, адже воно базується на використанні великої кількості механізованої техніки, транспорту та технологічних процесів, що потребують значних енергетичних ресурсів. Основним джерелом енергії для сільськогосподарської техніки в Україні залишається дизельне паливо, яке забезпечує понад 80% усіх енергетичних потреб галузі.

Понад 90% тракторного парку та майже всі зернозбиральні комбайни працюють на дизельних двигунах. Така ситуація формує високу енергетичну залежність аграрного сектору від ринку нафтопродуктів, який є надзвичайно чутливим до коливань світових цін на нафту, валютних курсів і політичних чинників.

Особливо гостро питання енергозалежності постало у 2022–2024 роках, коли через воєнні дії на території України та обмеження логістики постачання палива відбулося значне зростання цін і дефіцит дизельного ресурсу. Це безпосередньо позначилося на рентабельності виробництва сільськогосподарської продукції, підвищенні собівартості та скороченні прибутковості малих фермерських господарств.

Водночас впровадження енергоощадних технологій, модернізація машинно-тракторного парку та розвиток альтернативних видів пального є стратегічно важливими напрямками забезпечення енергетичної та продовольчої безпеки держави.

1. Роль дизельного пального у функціонуванні аграрного сектору

Дизельне паливо є ключовим енергетичним ресурсом для сільськогосподарських машин, оскільки має високу енергетичну щільність, стабільність згорання і відносно невисоку ціну за одиницю енергії.

За даними Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України (2023), середньорічне споживання дизельного пального в аграрному секторі становить 1,5–1,8 млн. тонн, що еквівалентно близько 10% загального споживання нафтопродуктів в Україні.

Витрати дизельного пального залежать від:

- типу культур (зернові, технічні, овочеві);
- технології обробки ґрунту (традиційна, мінімальна, нульова);
- технічного стану машин;
- рівня підготовки операторів.

При традиційному обробці ґрунту витрати можуть сягати 80–100 л/га, тоді як технології no-till або strip-till дозволяють скоротити цей показник удвічі. У країнах ЄС середні витрати дизеля в аграрному

секторі зменшилися на 25% завдяки застосуванню точного землеробства, систем GPS-навігації та оптимізації транспортних маршрутів.

2. Економічні аспекти енергетичної залежності

Енергетична залежність аграрного виробництва напряму впливає на його конкурентоспроможність. У структурі собівартості сільськогосподарської продукції пально-мастильні матеріали займають від 15 до 35%, залежно від виду діяльності.

У 2022–2024 роках ціни на дизельне пальне в Україні зростали нерівномірно, коливаючись у межах 35–60 грн/л, що викликало додаткові фінансові ризики для аграріїв. Особливо постраждали малі фермерські господарства, які не мають доступу до гуртових закупівель чи стратегічних резервів пального.

Для зниження залежності від імпорتنих енергоносіїв доцільно:

- впроваджувати системи енергоменеджменту на підприємствах;
- проводити енергетичний аудит сільськогосподарських процесів;
- використовувати агроінженерні рішення для зменшення простоїв і порожніх пробігів техніки;
- розвивати локальне виробництво біопалива.

3. Екологічні наслідки використання дизельного пального

Згорання дизельного пального є джерелом викидів CO₂, NO_x, SO₂ та твердих частинок (сажі). Викиди впливають на якість повітря, кислотність ґрунтів і загальне навантаження на екосистему.

За оцінками FAO (2022), сільське господарство генерує до 10% світових викидів CO₂, з яких близько третини припадає на використання енергоносіїв у механізованому виробництві.

В Україні щорічно при спалюванні дизеля в аграрному секторі викидається понад 4 млн тонн CO₂-еквіваленту. Зменшення цих показників можливе завдяки переходу на біодизель, який виробляється з рослинних олій і має майже замкнений вуглецевий цикл, оскільки CO₂, який виділяється під час його спалювання, попередньо поглинається рослинами в процесі фотосинтезу.

4. Шляхи зниження енергетичної залежності

Перспективним напрямом для України є розвиток біодизельної галузі, що дає можливість скоротити споживання імпортного дизеля. Біодизель з ріпаку, соняшнику чи сої може замінити до 30% імпортних нафтопродуктів, водночас стимулюючи внутрішній аграрний сектор.

Переваги біодизеля:

- екологічність (менше CO₂ і SO₂);
- покращене змащування двигуна;
- можливість виробництва на місцевому рівні.

Крім того, поширення сумішей типу B10–B20 (з 10–20% біодизеля) не потребує модифікації існуючих двигунів, а лише певної

адаптації систем фільтрації.

Також актуальним є розвиток гібридних і електрифікованих тракторів, застосування енергозберігаючих технологій у ґрунтообробці, зрошенні та транспортуванні. Додатковий потенціал економії становить використання відновлюваної енергії (біогаз, сонячна, вітрова) для стаціонарних процесів у тваринництві та зерносушарках.

5. Державна політика та перспективи розвитку

Вирішення проблеми енергетичної залежності аграрного сектору потребує комплексної державної політики, що включає:

- створення програми підтримки виробництва біодизеля з української сировини;
- стимулювання підприємств, які впроваджують енергоощадні технології (через податкові пільги чи грантові програми);
- розвиток інфраструктури зберігання та транспортування альтернативного палива;
- участь у міжнародних програмах з декарбонізації агросфери.

Країни ЄС (зокрема, Німеччина, Франція, Австрія) досягли суттєвого скорочення споживання викопного палива в аграрному секторі завдяки введенню квот на використання біопалива, а також обов'язковому додаванню біодизеля у мінеральне пальне (від 7 до 12%).

Висновки:

1. Дизельне пальне є основним енергоресурсом аграрного сектору України, що формує високу залежність від імпорту нафтопродуктів.
2. Коливання цін на дизельне пальне безпосередньо впливають на собівартість сільськогосподарської продукції та конкурентоспроможність галузі.
3. Для зменшення енергетичної залежності необхідне системне впровадження енергоощадних технологій, модернізація машинно-тракторного парку, а також розвиток виробництва біодизеля.
4. Важливим чинником сталого розвитку є екологічна складова — скорочення викидів парникових газів через використання альтернативних джерел енергії.
5. Державна політика має сприяти створенню умов для диверсифікації енергопостачання в аграрному секторі, що забезпечить енергетичну безпеку та екологічну стійкість України.

Список використаних джерел

1. Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України. *Звіт про енергетичне забезпечення сільського господарства України, 2023.*
2. Скляр О. Г. Покращення експлуатаційних показників

дизельного пального шляхом модифікації його складу. Харків: ДБТУ, 2025.

3. Мельник В. В. Енергоефективність у сільському господарстві України. Київ: Агроосвіта, 2023.

4. European Commission. Renewable Energy in Agriculture: EU Policy Overview. Brussels, 2023.

5. Дубровін В. А. Біопаливо як фактор енергетичної безпеки України. Харків: УкрНТУ, 2022.

УДК 631.173:355.018](477)

СТАН ТА СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ВИКЛИКІВ

Латоша В. В.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

В умовах сучасних геополітичних та економічних викликів, що стоять перед Україною, включаючи руйнівний вплив повномасштабної війни, питання забезпечення продовольчої безпеки та зміцнення національної економіки набувають особливої гостроти. Аграрний сектор є однією з ключових галузей вітчизняного господарства, і його ефективність значною мірою залежить від рівня технічного оснащення. Проте, значна залежність від імпорту сільськогосподарської техніки створює потенційні ризики та обмежує можливості для інноваційного розвитку. Більше того, останні події суттєво вплинули на стан галузі, актуалізуючи необхідність глибокого аналізу її поточного стану та визначення стратегічних напрямів для подолання кризових явищ та забезпечення сталого розвитку. Дослідження викликів та перспектив вітчизняного машинобудування для аграрного сектору є ключовим для формування ефективної державної політики у цій сфері.

Аналіз поточної ситуації у сфері вітчизняного сільськогосподарського машинобудування, проведений на основі доступних досліджень, виявляє комплексний набір як системних проблем, так і нових викликів, пов'язаних з військовою агресією. Географічне розміщення підприємств галузі традиційно тяжіє до регіонів з розвинутою металургійною базою та аграрним виробництвом, зокрема південних, східних та центральних областей. Проте, саме ці регіони найбільше постраждали від бойових дій, що призвело до значного скорочення кількості активних підприємств – за

наєвними даними, у 2022 році їхня кількість зменшилася на 30 одиниць порівняно з 2021 роком. Історичний аналіз фінансових показників галузі свідчить про її схильність до збитковості у попередні роки (наприклад, збиток у 35,2 млн грн у 2016 році). Ситуація змінилася з 2017 року завдяки запровадженню програми часткової компенсації вартості вітчизняної техніки, що сприяло зростанню обсягів виробництва та зробило галузь прибутковою (прибуток 849,3 млн грн у 2021 році), хоча її вплив на якість та інноваційність був обмеженим. Динаміка виробництва ключових видів сільськогосподарської техніки демонструє тривале скорочення обсягів випуску тракторів, комбайнів та плугів. Серед причин – втрата традиційних ринків збуту, зокрема в країнах СНД, та низька конкурентоспроможність на зовнішніх ринках. Наприклад, у 2011 році виробництво комбайнів в Україні (399 одиниць) становило лише незначну частку від обсягів імпорту (2619 одиниць). Водночас, окремі сегменти, як-от техніка для посіву, демонстрували зростання до початку повномасштабної війни. Високий кореляційний зв'язок ($r = 0,8982$) між обсягами виробництва та експорту тракторів свідчить про значну залежність вітчизняного виробництва від зовнішнього попиту. Зниження експорту прямо корелює зі скороченням виробництва. Оцінка експортного потенціалу за допомогою індексу виявлених порівняльних переваг (RCA) показує структурні дисбаланси та слабкі позиції українського машинобудування на світовому ринку за найбільш технологічними видами продукції. Зокрема, Україна має виражені конкурентні переваги лише у сегменті техніки для обробітки ґрунту ($RCA = 1,802$), тоді як за тракторами цей показник є вкрай низьким ($RCA = 0,034$). Це ілюструє структурні дисбаланси та слабкі позиції на світовому ринку за найбільш технологічними видами продукції. Повномасштабне вторгнення суттєво погіршило ситуацію, створивши нові виклики: інфляційний тиск, порушення логістичних ланцюгів, втрату постачальників, зростання цін на енергоносії та дефіцит кваліфікованих кадрів. Фізичне руйнування та окупація ключових підприємств, таких як Харківський тракторний завод (зазнав значних пошкоджень, втративши значну частину вартості) та Бердянський завод "John Greaves" (опинився під окупацією), завдали прямої шкоди виробничому потенціалу. Незважаючи на зусилля з релокації, масштаби втрат є значними. Для подолання цих негативних тенденцій та забезпечення відродження галузі необхідні системні державні заходи. Серед стратегічних напрямів, що визначаються дослідниками, слід виділити: створення сприятливих інвестиційних умов, запровадження протекціоністської митної та податкової політики для захисту та стимулювання вітчизняного виробника, сприяння евакуації та релокації підприємств з небезпечних зон, а також збереження та розвиток кадрового потенціалу галузі, включаючи підтримку працевлаштування евакуйованих спеціалістів. Реалізація цих заходів є

критично важливою для відновлення виробництва, підвищення його якості, конкурентоспроможності та інтеграції у світові ринки.

Проведений аналіз стану вітчизняного сільськогосподарського машинобудування свідчить про його перебування під значним тиском структурних проблем та руйнівних наслідків війни. Скорочення кількості підприємств, низька конкурентоспроможність окремих видів продукції на світових ринках, недостатність фінансування, порушення логістики та кадрові виклики вимагають невідкладних заходів. Водночас, розвиток цієї галузі має стратегічне значення для економічної безпеки України, забезпечення потреб аграрного сектору у якісній та доступній техніці та створення потенціалу для експорту. Відновлення та модернізація вітчизняного машинобудування потребує активної державної підтримки шляхом формування сприятливого інвестиційного та податкового клімату, здійснення протекціоністської політики, цілеспрямованих заходів зі збереження виробничого та кадрового потенціалу, а також сприяння релокації підприємств. Реалізація визначених стратегічних напрямів є ключовою передумовою для подолання кризи та виходу галузі на траєкторію інноваційного та сталого розвитку. Перспективи подальших досліджень можуть бути пов'язані з деталізацією механізмів реалізації запропонованих заходів та оцінкою їх потенційного впливу на ключові показники галузі.

Список використаних джерел

1. Надикто В. Т., Кюрчев В.М. Як нам подолати проблему вітчизняного тракторо-і машинобудування. *Агробізнес Сьогодні*. 2024. № 7-8. С. 46–48.
2. Navrotskyi Y., Petrov V., Kovalev S. Сучасний стан та стратегічні напрями розвитку сільськогосподарського машинобудування в Україні. *Ekonomichnyu analiz*. 2024. Вип. 34(2) С. 48–57.

UDC 637.134

ANALYSIS AND JUSTIFICATION OF THE DESIGN IMPLEMENTATION OF THE WORKING UNIT OF A PULSATION HOMOGENIZER

Palianychka Nadiia, PhD., Assoc. Prof.,

Kovalyov Alexandr, PhD., Sen. Lect.,

Chervotkina Oleksandra, Assist.

*Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia,
Ukraine*

Problem statement. To obtain a homogeneous mixture of several components that are difficult to mix, special devices known as homogenizers are widely used. The homogenization process is applied in the agricultural, chemical, pharmaceutical, cosmetic, and processing industries. However, this technology has found its greatest application in the food industry, in particular in technological lines for milk processing and dairy production. The use of homogenization makes it possible to prevent the formation of a cream layer on the surface of milk and also contributes to improving the organoleptic properties of the finished product and increasing its digestibility.

Currently, valve-type homogenizers are predominantly used at milk processing enterprises. Although they ensure high quality of the final product, they have a significant drawback – high energy consumption of the process [1, 2]. In this regard, the issue of improving existing equipment and developing new types of homogenizers for milk emulsion, which would make it possible to achieve a high-quality product with significantly lower energy costs compared to valve-type units, is highly relevant today [3].

Main materials. A review of scientific studies on this topic [4] made it possible to identify a promising type of homogenizer capable of providing a high degree of milk fat dispersion while requiring relatively low electrical energy consumption for the process. This type of equipment is a pulsation homogenizer [3].

In order to verify the validity of the proposed hypothesis, a laboratory prototype of a pulsation milk homogenizer was designed at the Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University, and a series of experimental studies of its operation was carried out (Fig. 1).

The installation includes containers for supplying milk to the homogenization unit and for collecting the processed product, a feed pump, a control valve, and a working cylindrical chamber of the pulsation homogenizer, inside which a piston with openings is located. The piston is set into reciprocating oscillatory motion by a drive consisting of an electric motor with an electronic shaft speed controller and a crank mechanism with an adjustable crank radius.

Operating principle of the device. Whole milk is supplied to tank 1, where it is preliminarily heated to the temperature required by the technological process. From this tank, the product is delivered by pump 2 to the homogenizer chamber 4 through valve 3, which serves to regulate the liquid flow rate. The electric motor, interacting with the crank mechanism, sets the rod in motion and provides reciprocating oscillations of the striker piston 5, as a result of which the milk fat phase is dispersed. After processing, the resulting milk emulsion is discharged and collected in tank 7 [3, 4].

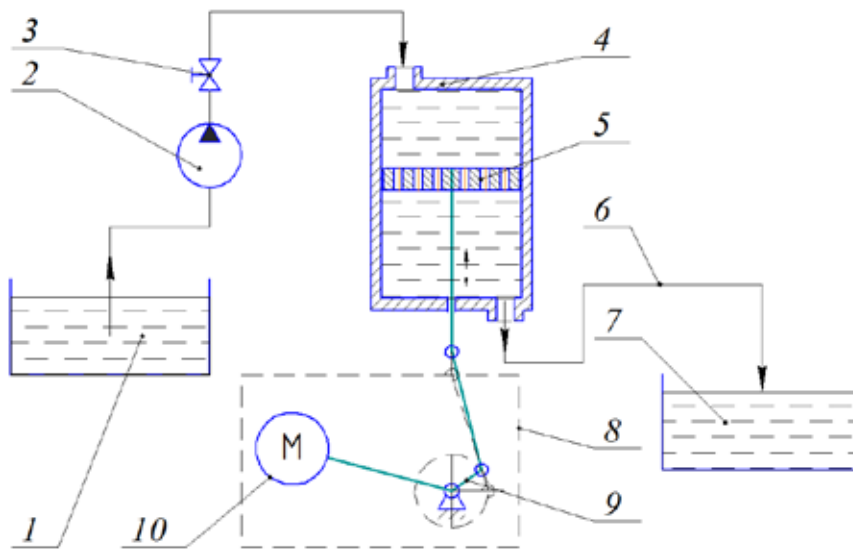


Fig. 1. Structural diagram of the pulsation milk homogenizer: 1, 7 – process tanks for milk supply and collection; 2 – pump; 3 – shut-off and control valve; 4 – homogenizer working chamber; 5 – piston; 6 – pipelines; 8 – working element drive; 9 – crank mechanism with adjustable oscillation amplitude; 10 – electric motor with a shaft speed controller.

Homogenization of milk fat globules in this type of homogenizer occurs due to the formation of a velocity gradient in the emulsion flow, which arises at the outlet of the striker piston openings under the action of their pulsating oscillations. As a result of this *воздействие*, intensive fragmentation of the milk fat phase takes place, while the process does not require significant energy input [5, 6].

One of the key factors determining the degree of dispersion is the geometric shape of the striker piston openings (Fig. 2).

Cylindrical openings. When the liquid enters the opening (Fig. 2a), the jet becomes constricted under the action of inertial forces of the fluid particles. As a result, at the outlet of the opening the flow acquires a diameter corresponding to its geometric dimensions.

With this opening geometry, an absolute pressure lower than atmospheric is formed in the region of jet contraction. As a result, the flow velocity at the outlet of the opening becomes lower than that in the constricted zone.

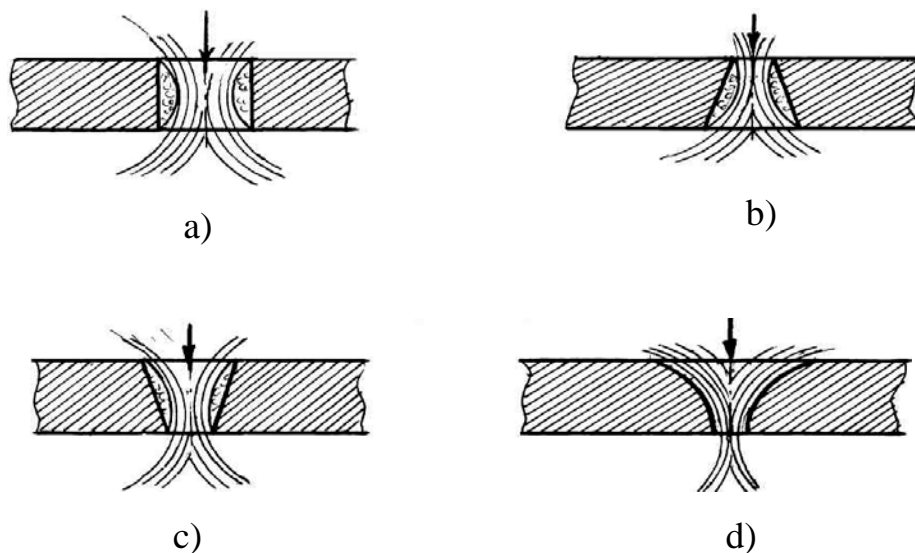


Fig. 2. Configuration of the openings in the working piston of the pulsation milk homogenizer:

a) cylindrical; b) inverted truncated cone; c) direct truncated cone; d) conoidal shape.

When the head exceeds a critical value, the absolute pressure in the jet constriction zone inside the opening reaches the vapor pressure level, which leads to the occurrence of cavitation phenomena.

In openings shaped as inverted and direct truncated cones (Fig. 2b, c), during jet contraction at the outlet, the vacuum formations are smaller in size compared to those in cylindrical openings. This results in lower head losses and a higher jet outflow velocity.

In openings with a conoidal configuration (Fig. 2d), i.e., shaped according to the form of a contracted jet, vacuum cavities are not formed. As a result, the discharge coefficient reaches its maximum value, while the jet velocity is slightly lower compared to the previous case.

Among the analyzed opening configurations:

- the highest milk discharge coefficient is characteristic of conoidal openings ($\mu = 0.947 \dots 0.979$, $\varepsilon = 1$, $\varphi = 0.947 \dots 0.979$) [6];
- the maximum milk flow velocity is achieved in conical openings converging at an angle of 45° , which are characterized by the following values: $\varphi = 0.983$, $\varepsilon = 0.875$, $\mu = 0.857$.

Since the milk flow velocity is the determining parameter for pulsation homogenization, it is advisable to select a conical shape of the openings with a cone angle of 45° in order to ensure its maximum value.

Experimental studies conducted to verify the proposed hypothesis showed that the laboratory prototype of the pulsation milk homogenizer provides a degree of dispersion $H_m = 4 \dots 5$, while the specific energy consumption is 0.82 J/kg . The obtained results confirm the high efficiency of the proposed technological equipment.

Conclusions. At present, the development of energy-efficient equipment for the homogenization of milk emulsion in the production of

milk and dairy products is of particular relevance. It has been established that one of the most promising solutions in this area is a pulsation milk homogenizer, the design features of which ensure a high degree of fat phase dispersion under conditions of low electrical energy consumption. According to the results of the experimental studies, it was determined that a laboratory prototype of such a homogenizer makes it possible to achieve a degree of dispersion of $H_m = 4 \dots 5$ at a specific energy consumption of 0.82 J/kg, which confirms the high efficiency of the proposed technological equipment.

References

1. Deynychenko H. V., Samoichuk K. O., Ivzhenko A. O. & Levchenko, L. V. Analysis of homogenizer designs for the dairy industry. Collection of Scientific Works / Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University. 2016. Issue 16, vol. 1. P. 9–15.
2. Samoichuk K. O., Palianychka N. O. Impulse milk homogenisation: *Modern engineering research: topical problems, challenges and modernity*: Collective monograph. Prague, Czech, Riga: Izdevnieciba “Baltija Publishing”, 2020. P. 460–479.
3. Samoichuk K. O., Palianychka N. O., Tsyb V. H. & Antonova H. V. Use of a pulsation homogenizer in the dairy industry. *Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University*. 2019. Issue 19, vol. 2. P. 12–17. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-2-12-17>
4. Kyurchev S. V., Samoichuk K. O., Kovalov O. O., Palianychka N. O. & Viunyk O. V. Improving the energy efficiency of dispersion in a pulsation homogenizer of liquid products. *Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University: Scientific professional edition*. 2024. Issue 24, vol. 3. P. 7–17.
5. Palamarchuk I. P., Vitenko T. M., Palianychka N. O., Budenko S. F. & Vershkov O. O. Determination of the optimal geometric shape of the striker piston openings of a pulsation milk homogenizer. *Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University*. 2018. Issue 18, vol. 1. P. 147–153.
6. Palianychka N. O. Determination of ways to reduce the energy consumption of the milk homogenization process. *Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*. 2016. № 1(39). P. 53–56.

УДК 631.51:633.15(477.8)

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL У ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ В АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ

Ліннік А. Ю., к.т.н.,

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна

Постановка проблеми. Агровиробництво Західної України перебуває під впливом складних природно-кліматичних чинників, серед яких літні періоди з дефіцитом вологи, нестабільність весняних температур, висока частота ерозійних процесів на хвилястому та передгірському рельєфі, а також необхідність підвищення ефективності використання ґрунтових ресурсів. Традиційні системи обробітку ґрунту, зокрема оранка, часто призводять до надмірної мінералізації органічної речовини, руйнування ґрунтової структури, зниження водоутримувальної здатності та посилення ерозії. На цьому фоні актуальним стає впровадження ресурсозберігаючих технологій, що забезпечують збереження родючості ґрунту та підвищення продуктивності культур, зокрема кукурудзи — однієї з провідних зернових культур регіону. Одним із найбільш перспективних рішень є застосування технології Strip-Till, яка поєднує елементи мінімального та локального обробітку з точним внесенням добрив. Проте особливості її адаптації до ґрунтово-кліматичних умов Заходу України та її ефективність у вирощуванні кукурудзи потребують наукового обґрунтування.

Основні матеріали дослідження. Система Strip-Till сьогодні розглядається як одна з найбільш перспективних технологій локального обробітку ґрунту, здатна поєднувати високу агротехнічну ефективність із ресурсозбереженням [1]. У контексті землеробства Західної України, де поєднуються достатня кількість опадів, строкатість ґрунтових типів, хвилястий рельєф та зростаючі ризики ерозійних процесів, ця система має особливе значення. Вона дозволяє мінімізувати втрати ґрунтової вологи та поживних речовин, а також зменшувати антропогенний тиск на агроландшафти, які у цьому регіоні часто мають підвищену вразливість до деградаційних процесів.

Технологія Strip-Till передбачає локальний обробіток у вузькій смузі під рядки посіву, залишаючи міжряддя практично недоторканими. Такий підхід забезпечує збереження природної структури ґрунту, підтримання стабільного мульчового покриву та зниження ризику водної ерозії, яка широко поширена у передгірських і горбистих зонах Західної України. Збережені рослинні рештки

виконують функцію органічного амортизатора, що стабілізує температурний режим поверхневого шару ґрунту, сприяє акумуляції вологи та активізує біологічні процеси. У цьому контексті Strip-Till створює оптимальні умови для розвитку ґрунтової мікробіоти, відповідальної за мінералізацію органічних решток і формування родючості, що є критично важливим для високопродуктивного вирощування кукурудзи.

Кукурудза, як теплолюбна культура з високими вимогами до якості посівного ложа та забезпечення фосфорно-азотного живлення, особливо чутлива до умов на ранніх етапах розвитку [2]. У кліматичних умовах Західної України, де весняне прогрівання ґрунту часто затримується через підвищену вологість та достатню кількість опадів, Strip-Till має значну перевагу над No-Till завдяки здатності формувати прогріту і пухку смугу для висіву. Це створює сприятливі умови для швидкого проростання зерна, розвитку зародкових коренів і рівномірного формування сходів, що безпосередньо впливає на подальший ріст рослин та їх потенційну врожайність. Локально створене насіннєве ложе забезпечує інтенсивний доступ кисню та запобігає надмірному ущільненню, яке є поширеним наслідком багаторічного використання важкої техніки у регіоні.

Важливим аспектом технології Strip-Till є можливість точного внесення добрив безпосередньо у зону рядка. Для кукурудзи, яка особливо потребує раннього забезпечення доступним фосфором, це забезпечує значне підвищення ефективності використання поживних речовин. У типових умовах Західної України, де ґрунти можуть характеризуватися як середнім, так і підвищеним вмістом органічної речовини, але водночас зазнавати тимчасової фіксації фосфору, локальне внесення добрив дозволяє мінімізувати втрати та уникати його зв'язування у важкодоступні форми. Крім того, така система забезпечує економію добрив за рахунок зосередження їх у зоні активної роботи кореневої системи, що робить живлення більш цілеспрямованим та контрольованим.

Strip-Till позитивно впливає і на водний режим ґрунту. Західна Україна, хоча й характеризується вищими середньорічними опадами, все ж стикається з весняно-літніми періодами тимчасової посухи, коли ефективно використання доступної вологи є ключовим чинником формування врожаю кукурудзи. Мульчований міжрядний простір зменшує випаровування, підтримує стабільний рівень вологості у ґрунтовому профілі та знижує температуру поверхневого шару у пікові періоди нагрівання. Це сприяє формуванню глибокої кореневої системи та підвищує стійкість рослин до абіотичних стресових факторів.

У технічному аспекті важливу роль у системі Strip-Till відіграють ротаційні борони, які забезпечують формування якісної, рівної та структурної смуги під посів [3]. Їх конструктивні характеристики —

вузька робоча секція, регульований кут атаки та адаптивна частота обертання — дозволяють ефективно працювати на різних типах ґрунтів, включаючи важкі суглинки, які поширені у багатьох районах Західної України. Ротаційні борони забезпечують поверхневе розпушування, подрібнюють грудки та вирівнюють ґрунт, що сприяє формуванню рівномірного посівного ложа без зайвого руйнування структури. Це особливо важливо на полях із тривалим історичним обробітком, де глибокі структурні порушення можуть обмежувати розвиток кореневої системи кукурудзи.

Загалом технологія Strip-Till є адаптованою до агрокліматичних умов Західної України, адже поєднує здатність мінімізувати ерозійні втрати, підвищувати ефективність використання добрив та енергії, забезпечувати ранній старт вегетації та зберігати вологу у ґрунті. У вирощуванні кукурудзи така система дозволяє більш повно реалізувати генетичний потенціал культури, підвищити її стійкість до коливань погодних умов та забезпечити стабільну врожайність навіть у роки з контрастними температурними та опадовими режимами. Strip-Till формує основу для інтенсивного, але екологічно виваженого землеробства, яке відповідає сучасним вимогам сталого розвитку агросистем Західної України.

Висновки. Застосування технології Strip-Till у вирощуванні кукурудзи в умовах Західної України є науково обґрунтованим і практично доцільним рішенням, яке поєднує високий агротехнічний ефект з екологічними та економічними перевагами. Технологія дозволяє формувати оптимальні стартові умови для розвитку рослин у регіоні, де весняний період часто супроводжується надмірною вологістю та повільним прогріванням ґрунту. Локальний обробіток у поєднанні зі збереженням мульчі забезпечує раціональне накопичення та утримання вологи, що є критичним фактором у критичні фази росту кукурудзи. Точне внесення добрив сприяє підвищенню їх ефективності та зниженню витрат виробництва, тоді як стабілізація ґрунтової структури та зменшення ерозійних процесів формують довгострокові передумови для збереження родючості.

Список використаних джерел

1. Strip-Till Farming: Combining Controlled-Release Blended Fertilizer to Enhance Rainfed Maize Yield While Reducing Greenhouse Gas Emissions. *Agronomy*. 2024. Vol. 14(1). P. 136. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010136>
2. Cultivation of Crops in Strip-Till Technology and Microgranulated Fertilisers Containing a Gelling Agent as a Farming Response to Climate Change. *Agriculture*. 2023. Vol. 13(10). P. 1981. <https://doi.org/10.3390/agriculture13101981>
3. Sugin T. Effect of Strip-Till Systems on Soil Structure and Crop Yield. *Journal of Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 49(3). P.133–142.

УДК 631.333

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ
ТОЧНОГО ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ**Olt Jüri ¹, проф.,Ігнат'єв Євген², к.т.н.,Снитко М. В.²¹*Estonian University of Life Sciences*²*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного*

Постановка проблеми. У сучасному точному землеробстві більшість машин для внесення мінеральних добрив використовують дискові відцентрові розкидачі для суцільного розподілу по площі поля або стрічкове внесення за допомогою трубок, закріплених на ґрунтообробних робочих органах [1]. Такі технології добре підходять для великотоннажного внесення, але не забезпечують диференційованих доз добрив для кожної окремої рослини, що є ключовою вимогою точного удобрення багаторічних насаджень. Добрива часто потрапляють у міжряддя, що зумовлює перевитрату, втрати поживних речовин і зниження енергоефективності технології [2, 3].

У межах пошуку нових енергоефективних робочих органів сільськогосподарських машин розглянуто пневматичний робочий орган для точного внесення гранульованих мінеральних добрив, інтегрований у модульний пристрій на базі колісного агроробота. Пристрій призначений для подачі дискретних доз добрив безпосередньо в прикореневу зону кожної рослини за умови безперервного руху робота вздовж рядка. Основою роботи є накопичення разової дози добрив у камері та її швидке викидання стисненим повітрям через нахилену аплікаційну трубку, орієнтовану на конкретну рослину.

Конструктивно робочий орган включає бункер із дозувальним механізмом, накопичувальну камеру, джерело стисненого повітря з ресивером, швидкодіючий електромагнітний клапан та аплікаційну трубку, що може повертатися в горизонтальній площині. Під час руху агроробота дозатор періодично подає гранули в накопичувальну камеру, де формується порція заданої маси. У момент, коли чергова рослина опиняється в межах міжколісного простору, керуюча система повертає вихідний кінець трубки до кореневої зони, відкриває повітряний клапан на розрахований проміжок часу, і повітряний потік переносить дозу добрив до ґрунту під кроною рослини [4]. Після завершення циклу клапан накопичувальної камери знову закривається пружиною, і процес повторюється.

Для теоретичного обґрунтування параметрів робочого органу

розроблено математичну модель руху порції добрив у нахиленій аплікаційній трубці з урахуванням її повороту. Порцію розглянуто як узагальнену масу, на яку діють сила ваги, сила тертя об стінки трубки, відцентрова та коріолісова сили інерції в процесі обертання, а також рушійна сила повітряного потоку. Це дозволило отримати нелінійне диференціальне рівняння другого порядку відносного руху порції вздовж осі трубки, розв'язання якого чисельними методами дає залежності переміщення та швидкості виходу порції від часу для заданих конструктивних і режимних параметрів.

Окремо розроблено алгоритми узгодження часу проходження порцією добрив усієї довжини трубки з часом повороту аплікаційної трубки на потрібний кут до рослини. Враховуючи, що агроробот витрачає на переміщення між сусідніми рослинами орієнтовно 1,5–2,5 с, забезпечення точності внесення можливе лише за умови, що час розгону порції в трубці, час її виходу та час повороту трубки синхронізовані. Побудовані розрахункові залежності дають змогу підібрати кутову швидкість привода повороту трубки і величину зусилля повітряного потоку для заданої довжини трубки та маси порції.

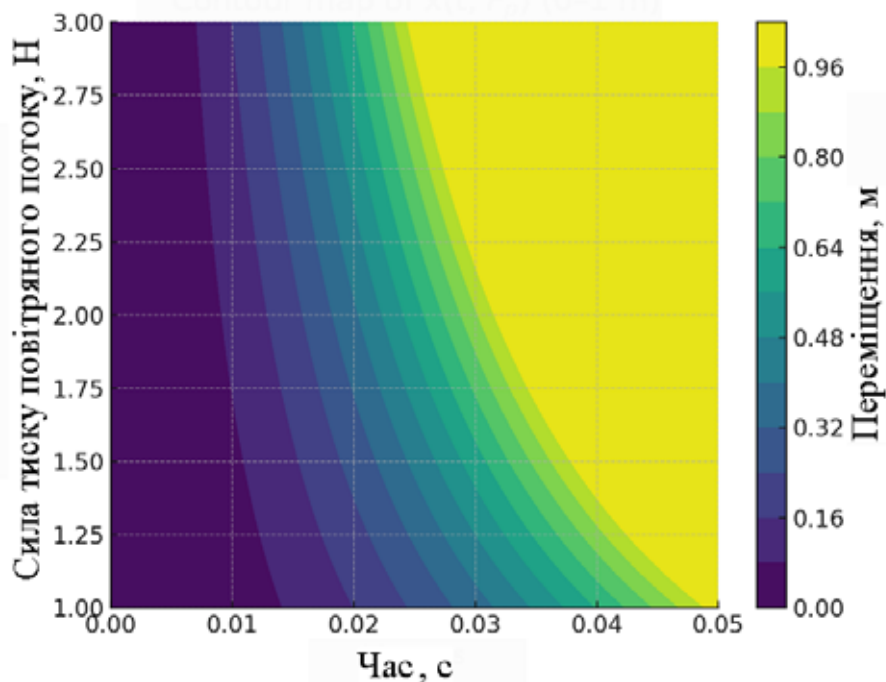


Рис. 1. Залежність переміщення порції добрив уздовж аплікаційної трубки від часу за різних значень зусилля повітряного потоку

Результати чисельних досліджень показали, що основними параметрами, які визначають тривалість переміщення порції вздовж трубки, є маса дози та зусилля повітряного потоку. Зі збільшенням зусилля повітряного потоку від 1 до 3 Н час досягнення вихідного зрізу трубки суттєво зменшується, а характер руху має прискорений характер. Натомість збільшення маси дози з 0,01 до 0,04 кг призводить до помітного збільшення часу розгону через інерційні властивості

матеріалу. На основі цих залежностей визначено діапазони конструктивних і кінематичних параметрів, за яких забезпечується своєчасне надходження порції до виходу трубки при заданій швидкості руху робота.

Адекватність математичної моделі перевіряли за результатами експериментальних досліджень на стенді з трубкою діаметром 0,019 м і довжиною 1 м, встановленою під кутом 45° до горизонту. Вимірювали час проходження порцій масою 0,01 та 0,04 кг через відрізки 0,33; 0,66 та 1,0 м з п'ятикратною повторністю. Порівняння розрахункових і експериментальних даних показало середню відносну похибку близько 3 % для дози 0,01 кг і близько 9,5 % для 0,04 кг, при цьому коефіцієнти кореляції перевищували 0,95. Це підтверджує придатність моделі для інженерних розрахунків і подальшої оптимізації робочого органу.

Отримані результати свідчать, що запропонований пневматичний робочий орган забезпечує можливість циклічної, порційної подачі добрив до кореневої зони кожної рослини без зупинки агроробота, а також створює передумови для зниження енерговитрат завдяки короткочасним імпульсам повітря замість постійного повітряного потоку. Локалізація добрив у зоні розміщення коренів дає змогу зменшити їх загальну витрату та втрати в міжрядді, що підвищує як енергоефективність робочого органу, так і екологічну ефективність технології точного землеробства.

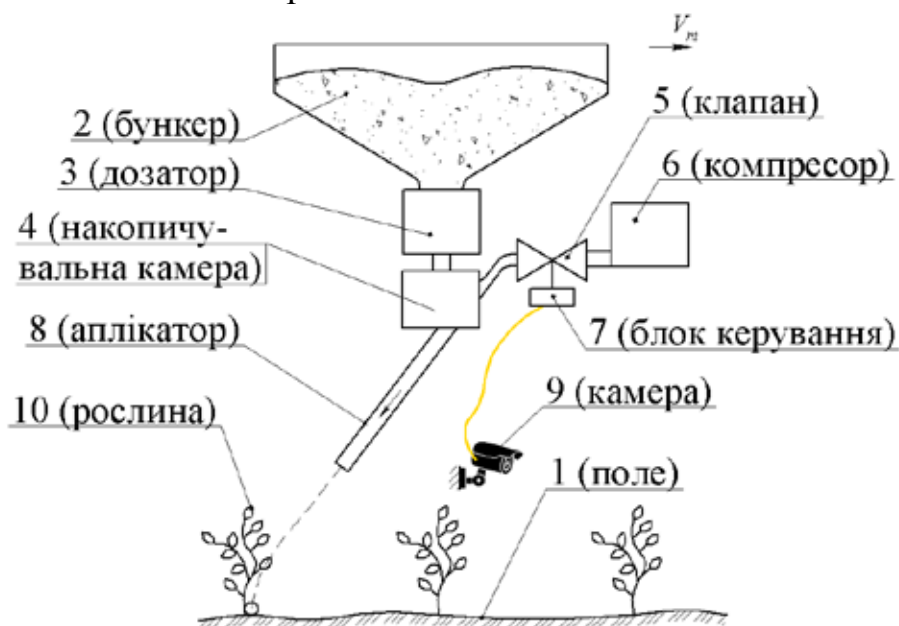


Рис. 2. Схема пневматичного робочого органу для точного внесення мінеральних добрив

Висновки.

1. Розроблено та теоретично обґрунтовано конструкцію пневматичного робочого органу для точкового внесення гранульованих мінеральних добрив агророботом, що забезпечує дискретне дозування за схемою «кг на рослину».

2. Показано, що час руху порції добрив у нахиленій аплікаційній

трубці визначається, головним чином, масою порції та зусиллям повітряного потоку; встановлені діапазони параметрів, за яких можливе синхронне поєднання руху порції, повороту трубки та поступального руху робота.

3. Експериментальна перевірка моделі показала відносно похибку прогнозованого часу переміщення порції в межах 3,0–9,5 %, що є достатнім для практичного застосування під час проектування та налаштування робочого органу.

4. Локалізоване внесення добрив розробленим робочим органом зменшує їх перевитрату в міжряддях і створює передумови для зниження сумарних енерговитрат у системах точного землеробства.

Список використаних джерел

1. Adamchuk V., Bulgakov V., Beloev H., Korenko M. Mineral Fertilization Theory and Working Tools of Fertilizer Spreading Machines. Sofia, 2017.
2. Virro I., Arak M., Maksarov V., Olt J. Precision fertilisation technologies for berry plantation. *Agron. Res.* 2020. Vol. 18. P. 2797–2810.
3. Valero C., Krus A., Cruz Ulloa C. [et al.]. Single Plant Fertilization Using a Robotic Platform in an Organic Cropping Environment. *Agronomy.* 2022. Vol. 12. P. 1339.
4. Lillerand T., Liivapuu O., Ihnatiev Y., Olt J. Theoretical Study of a Pneumatic Device for Precise Application of Mineral Fertilizers by an Agro-Robot. *AgriEngineering.* 2025. Vol. 7(10). P. 320.

УДК 631.432.2:631.51

ДИНАМІКА ВЕСНЯНИХ ЗАПАСІВ ПРОДУКТИВНОЇ ВОЛОГИ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ЧОРНОЗЕМУ

Pascuzzi Simone¹, проф.,

Ігнат'єв Є. І.², к.т.н.,

Іванов С. В.²

¹*University of Bari Aldo Moro*

²*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Постановка проблеми. Весняні запаси продуктивної вологи (ПВ) в орному горизонті це ключовий стартовий ресурс для культур. За умов кліматичного потепління постає завдання кількісно оцінити довгострокові (1977–2024) тенденції формування ПВ у метровому шарі типового чорнозему та роль способу основного обробітку (плужний,

глибокий чизельний 22–25 см, мілкий чизельний 8–12 см).

Мета досліджень. Встановити особливості багаторічної динаміки весняних запасів ПВ (0–100 см) за різних способів обробітку та визначити статистичні зв'язки з опадами і температурою холодного періоду (листопад–лютий/березень).

Матеріали та методи. Стаціонарний багатофакторний дослід (Черкаська ДСДС ІЗ НААН, 1976–2024). Облік ПВ у шарах 0–50; 50–100; 0–100 см, нормування за показником η (відношення до 85 % НВ). Статистика: ANOVA, кореляційний, факторний і кластерний аналіз (STATISTICA-10). Агрокліматичні ряди представляють собою метеодані м. Драбів.

Основні результати. Довготривалий (1977–2024 рр.) аналіз агрокліматичного фону показав системне «потепління холодного сезону» та збільшення опадів, що прямо вплинуло на формування весняних запасів продуктивної вологи (ПВ) у метровому шарі типового чорнозему. Сумарні опади за листопад–лютий зросли на +71 мм, за листопад–березень на +64 мм, причому у 2020–2024 рр. середньомісячні температури листопад–лютий були вище 0 °С проти довгострокових –1,3 °С. Між опадами й температурою встановлено прямий зв'язок: для листопад–лютий $R = 0,73...0,75$, для листопад–березень $R = 0,63...0,70$, що свідчить про погодне «зм'якшення» зими та кращі умови для інфільтрації/накопичення вологи у профілі.

Попри сприятливі зрушення клімату, тренд весняних запасів ПВ у 0–100 см за 46 років загалом спадаючий для всіх способів обробітку. Разом із тим чітко окреслилась відмінність між системами: швидкість виснаження вологи під оранкою у 2,1 раза вища, ніж під глибоким чизелюванням. У підсумку в 2020–2024 рр. середні величини ПВ склали 157 мм (оранка), 165 мм (глибоке чизелювання), 150 мм (мілке чизелювання); тобто чизельний обробіток дав +8...+10 мм до запасів відносно оранки, тоді як мілке чизелювання –16 мм до глибокого. Ці відмінності відображають різну здатність профілю утримувати воду за умов теплої зими й частих відлиг.

Вертикальна структура запасів підкреслює роль глибини розпушення. У 0–50 см спостерігається тенденція до зниження і стабілізації ПВ, тоді як у 50–100 см під глибоким чизелюванням формується висхідний тренд: приріст до мінімумів 1985–1990 рр. сягає близько 20 мм. Це означає, що саме глибоке розпушення ефективніше «перенаправляє» вологу у нижню половину орного шару, де вона менше втрачається на випаровування і довше доступна культурам у стартові фази вегетації. Навпаки, мілке чизелювання не забезпечує стійкого поповнення глибинної вологи, що обмежує ресурс ПВ у посушливі весни.

Кореляційний аналіз показав, що зв'язок між ПВ верхнього шару (0–50 см) і температурою повітря у холодний сезон найтісніший під оранкою ($R = 0,74...0,76$; $R^2 = 0,54...0,58$), дещо слабший при

глибокому чизелюванні ($R = 0,70 \dots 0,71$; $R^2 = 0,49 \dots 0,50$) і значно слабший під мілким обробітком ($R = 0,49 \dots 0,52$; $R^2 = 0,24 \dots 0,27$). Зростання температури взимку прискорює трансформацію вологи у верхньому шарі (танення/випаровування), і там, де профіль «підтриманий» глибоким розпушенням, частина цієї вологи перерозподіляється до 50–100 см і краще зберігається до весни. Зв'язок «опаді → ПВ (0–100 см)» для всіх систем помірний, прямий, що логічно вказує на мультифакторність процесу (роль структури ґрунту, макропористості, залишків, мікрорельєфу).

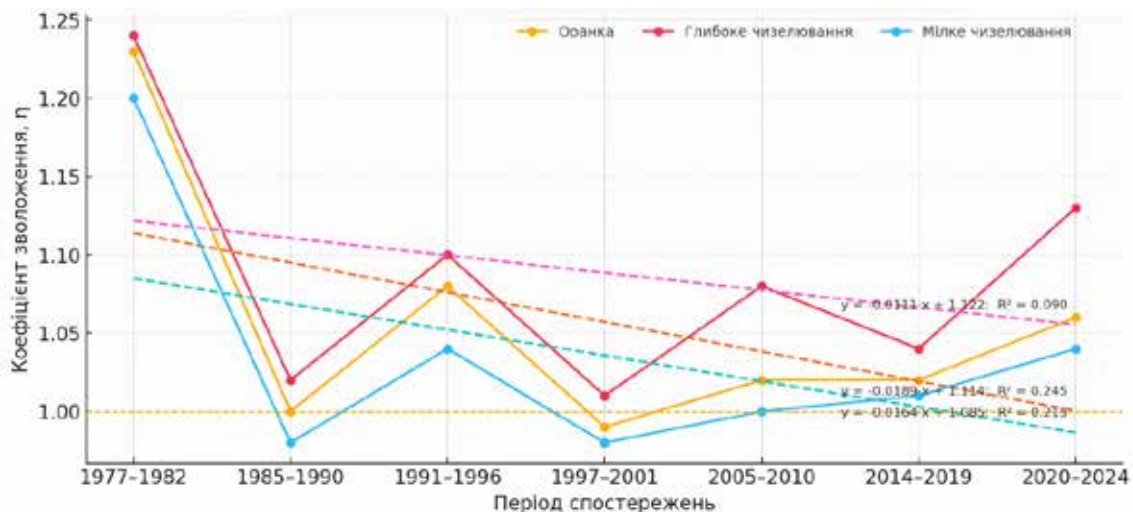


Рис. 1. Динаміка коефіцієнта зволоження η

Коефіцієнт η (відношення запасів до 85 % НВ) у більшості періодів відповідав оптимальним умовам зволоження ($\eta = 1,1 \dots 0,9$); у 1977–1982 рр. фіксувались вологі умови ($\eta = 1,3 \dots 1,1$), а в 2020–2024 рр. під глибоким чизелюванням η знову піднявся, що узгоджується з більшими запасами ПВ у шарі 50–100 см. Отже, глибоке розпушення не лише «додає міліметри вологи», а й переводить систему у більш стійкий зволожений режим на початок весняних робіт.

Узагальнюючи, глибоке чизелювання (22–25 см) сповільнює багаторічне виснаження ПВ, переміщує «центр ваги» запасів у глибший підшар (50–100 см) і дає +8...10 мм до метрових запасів порівняно з оранкою за сучасних «тепліших» зим. Мілке чизелювання (8–12 см) формує менші та менш стабільні запаси і потребує компенсаторних технологій (мульча, утримання рослинних решток, мікрорельєф), тоді як оранка демонструє найбільший темп виснаження і найсильнішу залежність верхнього шару від температури зими. Таким чином, для Лівобережного Лісостепу за поточних кліматичних трендів пріоритетним є глибокий чизельний обробіток як інструмент збереження вологи та підвищення стабільності водозабезпечення культур на старті вегетації.

Висновки. 1. За 1977–2024 рр. зафіксовано підвищення температур у холодний період і приріст опадів; між ними прямий

зв'язок. Весняні запаси ПВ у 0–100 см зменшуються за всіх способів; найменша швидкість виснаження за глибокого чизелювання (перевага +8...10 мм над оранкою). У верхньому шарі (0–50 см) ПВ сильніше корелює з температурою; поверхневий обробіток є найваріабельнішим і формує менші запаси (–16 мм у порівнянні з глибоким). Отримані залежності обґрунтовують пріоритет глибокого чизелювання для збереження вологи у типовому чорноземі за сучасних кліматичних умов.

Список використаних джерел

1. Blanco-Canqui H., Ruis S.J. No-tillage and soil physical environment. *Geoderma*. 2018. Vol. 326. P. 164–200.
2. Lampurlanés J., Plaza-Bonilla D., Álvaro-Fuentes J., Cantero-Martínez C. Long-term analysis of soil water conservation and crop yield under different tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Field Crops Research*. 2016. Vol. 189. P. 59–67.
3. Copec K., Filipović D., Husnjak S. Effects of tillage systems on soil water content and yield in maize and winter wheat production. *Plant, Soil and Environment*. 2015. Vol. 61. P. 213–219.

УДК 631.362:631.372

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ КРУГЛИХ КОРЕНЕПЛОДІВ СТОЛОВОГО БУРЯКА У СПІРАЛЬНОМУ ВІБРАЦІЙНОМУ ОЧИСНИКУ

Adolfs Rucins¹, д.т.н.,
Ігнат'єв Євген², к.т.н.,
Снитко М. В.²

¹*Latvia University of Life Sciences and Technologies*

²*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного*

Постановка проблеми. Однією з найактуальніших задач технологічного процесу виробництва столового буряка є очищення коренеплодів від прилиплої ґрунту, домішок і рослинних решток після збирання. У роботі подано результати теоретичного дослідження руху круглих коренеплодів буряка в каналі нового спірального вібраційного очисника. Розроблено математичну модель руху коренеплоду уздовж робочої поверхні спіралі, складено систему диференціальних рівнянь, що описує взаємодію коренеплоду зі спіральними витками під час транспортування і очищення.

Встановлено закономірності впливу конструктивних і кінематичних параметрів очисника на швидкість переміщення та час перебування коренеплоду у робочому каналі, що дозволяє розрахунково визначати раціональні режими роботи та підвищувати якість очищення. Столовий буряк є важливою харчовою культурою, що характеризується високим вмістом поживних речовин і здатністю тривалого зберігання. При механізованому збиранні основною проблемою залишається ефективне очищення коренеплодів від грудок ґрунту та рослинних залишків. Традиційні очисники не завжди забезпечують належну якість очищення при збереженні цілісності поверхні буряка, особливо при круглій формі коренеплодів.

У зв'язку з цим авторами розроблено новий спіральний вібраційний очисник, що використовує обертові консольні пружини у вигляді спіралей, здатних одночасно транспортувати й очищувати буряк за рахунок вібрацій і взаємодії з двома точками контакту на поверхні коренеплоду.

Матеріали та методи. Під час моделювання процесу руху коренеплоду в робочому каналі враховувались геометричні параметри спіралей, кут нахилу, крок навивки, частота обертання та амплітуда коливань. Розроблена еквівалентна схема взаємодії круглих коренеплодів зі спіральними витками дозволила записати систему рівнянь руху у векторній формі з урахуванням нормальних реакцій, сил тертя та вібраційних зусиль.

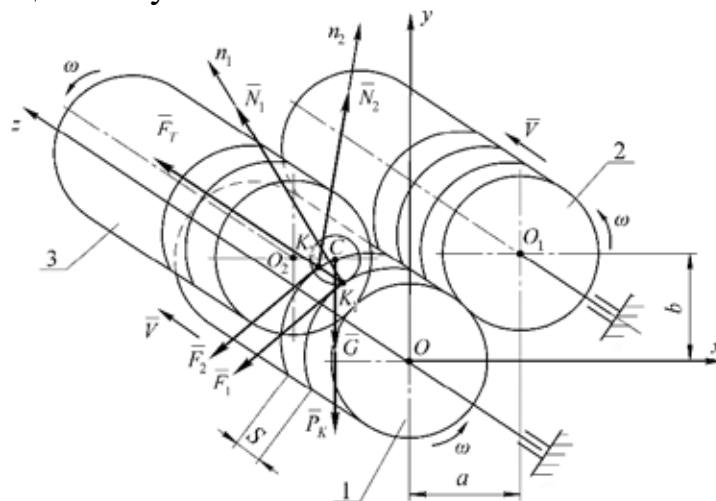


Рис. 1. Еквівалентна схема взаємодії буряка зі спіралями

Для опису траєкторії руху використано параметричні рівняння гвинтової лінії. Після підстановки отриманих напрямних косинусів у систему рівнянь було отримано узагальнену систему диференціальних рівнянь у параметричній формі, що описує рух коренеплоду під дією сил спіралі. Чисельне інтегрування цієї системи виконано на ПК із використанням програмного пакета для інженерних розрахунків, що дозволило отримати залежності переміщення та швидкості руху буряка від часу.

Результати досліджень. У результаті розв'язання системи диференціальних рівнянь побудовано графіки зміни координат і швидкості руху коренеплоду за часом при різних кутових швидкостях обертання спіралей (15–45 рад/с).

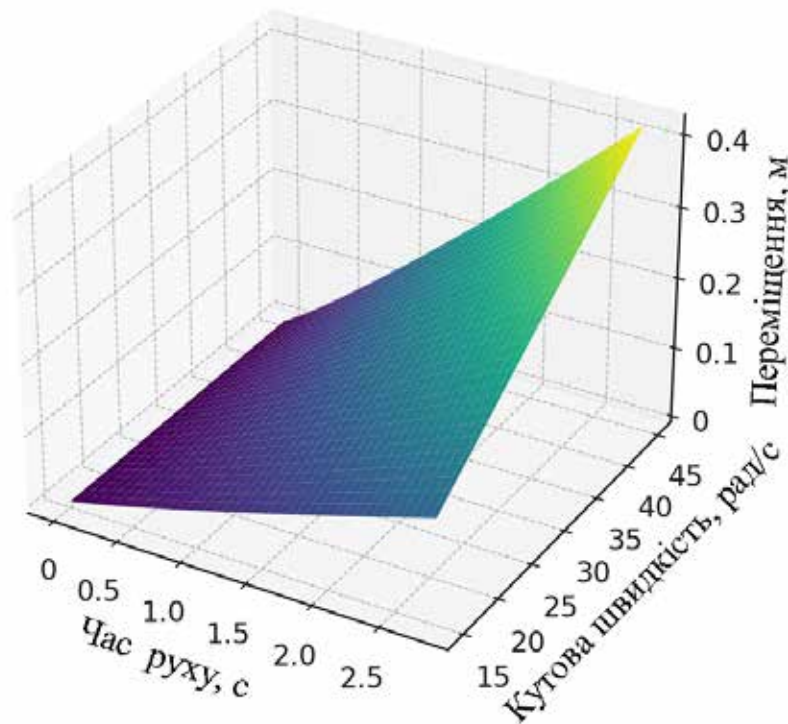


Рис. 2. Графік переміщення коренеплоду вздовж спіралі за часом

Встановлено, що зі збільшенням частоти обертання витків спіралі від 15 до 45 рад/с час перебування круглих коренеплодів на робочій довжині 0,5 м зменшується від 2,6 до 0,88 с, а швидкість їх переміщення збільшується від 0,19 до 0,57 м/с. Для порівняння проведено розрахунки руху овально-циліндричних коренеплодів, які контактують із витками у чотирьох точках, їх швидкість на 15–20 % більша за рахунок впливу двох спіралей одночасно.

Таким чином, круглі коренеплоди мають більш плавний характер руху, що зменшує ймовірність ударних навантажень і пошкодження поверхні, але вимагає підвищення частоти коливань для досягнення аналогічної продуктивності очищення.

Висновки. Розроблено математичну модель руху круглих коренеплодів столового буряка у спіральному вібраційному очиснику, що описує взаємодію з двома точками контакту на витках спіралі. Отримана система диференціальних рівнянь дозволяє розрахунковим шляхом визначати раціональні конструктивні параметри та кінематичні режими роботи очисника. Визначено, що підвищення частоти обертання спіралей зменшує час перебування буряка на робочій поверхні та підвищує швидкість транспортування, що сприяє інтенсифікації процесу очищення. Запропонована модель може бути

використана для подальшого вдосконалення конструкцій очисників коренеплодів і прогнозування їх ефективності.

Список використаних джерел

1. Bulgakov, V., Holovach, I., Martyniuk, V., Trokhaniak, O., Aboltins, A., Rucins, A., Olt, J., Ihnatiev, Ye. 2025. Theoretical investigation of movement of round-shape table beet roots inside spiral vibration type cleaner. *Rural Development*, Jelgava, 2025, Vol. 24, pp. 791–799.
2. Bulgakov V., Holovach I., Martyniuk V., Trokhaniak O., Aboltins A., Rucins A., Ihnatiev Y. Mathematical model of movement and cleaning beetroots from soil lumps with spiral separator. *Engineering for Rural Development*, Jelgava, 2024, Vol. 23, pp. 683–695.
3. Bulgakov V., Nikolaenko S., Adamchuk V., Olt J. Mathematical model of cleaning potatoes on surface of spiral separator. *Agronomy Research*, 2018, Vol. 16(4), pp. 1590–1606.
4. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Adamchuk, V. & Ihnatiev, Y. Investigation of the parameters of the experimental spiral potato heap separator on the quality of work. *Agronomy Research*. 2017. Vol. 15(1), pp. 44–54.

УДК 631.17

СУЧАСНІ МЕТОДИ, ТЕНДЕНЦІ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ КОНТРОЛЮ НАВАНТАЖЕНЬ МАШИН І АГРЕГАТІВ

Артёмов М. П., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.

Постановка проблеми. Серед завдань сучасного виробництва сільськогосподарської продукції є освоєння сучасних інтенсивних технологій вирощування, які запровадженні в передових країнах світу та забезпечення ефективного використання техніки.

Основні матеріали дослідження При впровадженні інтенсивних технологій важливо розробити комплекс організаційно-економічних заходів, які направлені на раціональне використання запропонованих технологій, ефективну експлуатацію машин, агрегатів та інших ресурсів. А для цього необхідно контролювати технічний стан машин і агрегатів та навантаження, яким вони піддаються.

При випробуваннях і визначенні технічного стану встановлюють кількісні та якісні значення параметрів. Ці параметри несуть в собі інформацію, яка дозволяє оцінювати не тільки технічний стан техніки

в момент контролю, а й можливість їх подальшого використання в перебігу певного часу[1].

Сучасні методи визначення енергетичних показників сільськогосподарських агрегатів дають можливість їх контролювати при виконанні ними технологічних операцій та контролю динамічних процесів, що відбуваються в механічній системі «трактор – сільськогосподарська машина».

Вимоги до методів випробувань сільськогосподарської техніки, у загальному виді, регламентуються ДСТУ 7324:2013, та СОУ 74.3.37.133:2004.[2, 3]. Указані нормативні документи регламентують два види методів випробувань: методи безпосереднього огляду і випробування та методи вимірювання і розрахунку.

При проведенні випробувань і оцінюванні їх точності не менш важливим є питання оцінювання адекватності результатів випробувань, тобто оцінювання співпадіння результатів досліджень, що отримані різними методами. Особливо ці питання є актуальними при розробці нових методів випробувань, коли випробувальна лабораторія володіє лише теоретичними основами проведення випробування.

В останні роки, з появою нової техніки, виникла необхідність створення та розвитку сучасних інноваційних методів випробувань рис.1.



Рис. 1. Схема факторів, що впливають на розвиток досліджень

Під час проведення динамічних випробувань мобільних машин фахівці стикаються з рядом труднощів, обумовлених недосконалістю існуючих методів проведення вказаних процесів. Зокрема, при проведенні випробувань сільськогосподарської техніки викликає труднощі вимірювання й реєстрація зміни в часі таких параметрів як тягове зусилля, швидкість руху, зусилля на гаку, потужність на гаку, потужність двигуна й тяговий ККД.

Для цього можливо переглянути існуючі розрахунково-експериментальні методи проведення тягових випробувань. Особливу увагу необхідно звернути на метод [4] який ґрунтується на використанні експериментально виміряних парціальних прискорень і є

еквівалентною заміною існуючих методів проведення динамічних випробувань мобільних машин, агрегатів та одиничних тракторів.

Запропонований метод парціальних прискорень, побудований на зворотному переході від векторної суми в просторі сил до векторної суми в просторі прискорень. В основі методу лежить принцип суперпозиції в механіці.

Для контролю динаміки навантажень мобільних машин використовують реєстраційно-вимірвальний комплекс на основі трикоординатних давачів прискорень і комп'ютера, що дозволяє з високою точністю реалізувати метод парціальних прискорень при динамічних випробуваннях мобільних машин.

Висновки. Проведений аналіз показує, що існуючі методи проведення наукових і експериментальних досліджень потребують удосконалення через появу нових стандартів, відсутність точної інформації щодо техніки, яка надходить до України та задоволення потреб споживачів нової техніки.

Список використаних джерел

1. Артёмов М. П., Лебедев А. Т., Кот О. В. Щодо залежності тягової динаміки мобільних сільськогосподарських агрегатів від технічного стану. *Інженерія природокористування*. 2014. № 2(2). С. 9 – 14.

2. ДСТУ 7324:2013 Трактори сільськогосподарські, причепи та напівпричепи тракторні. Експлуатаційні вимоги до технічного стану. [Чинний від 01.01.2014]. Київ, 2015. 14 с. (Національний стандарт України).

3. СОУ 74.3.37.133:2004. Випробування сільськогосподарської техніки. Машини і обладнання для тваринництва і кормовиробництва. Методи оцінки безпечності і ергономічності. [Чинний від 2006-08-01]. Київ, 2004. V. 80 с. (Стандарт Мінагрополітики).

4. Метод парціальних прискорень та його застосування в динаміці мобільних машин: монографія / За ред. М. А. Подригало та М. П. Артёмова. Харків: . Вид-во «Естет Прінт», 2025. 232с.

УДК [631.17:633.85](477)

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОЛІЙНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ

Ковальов О. О., к.т.н.,ст.викл.,

Паляничка Н. О. к.т.н., доц.,

Новіков С., здобувач СВО «Бакалавр»

Таврійський державний агротехнологічний університет імені

Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Олійна галузь України має значні перспективи зростання, зумовлені кількома ключовими факторами:

1. Збереження статусу провідного світового експортера:

Україна залишається одним із найбільших виробників та експортерів соняшникової олії, і цей статус, ймовірно, збережеться завдяки сприятливим агрокліматичним умовам та наявним виробничим потужностям. У 2024 році площа посівів соняшнику склала 4,947 млн га, що на 5,3% менше, ніж у 2023 році. Соняшник залишається найпопулярнішою культурою серед українських аграріїв.

2. Зростання попиту на біопаливо:

Збільшення світового попиту на біодизель може стати значним драйвером для виробництва ріпакової олії та іншої сировини для біопалива. : Площі під озимим ріпаком у 2024 році займали 1,229 млн га.

3. Інвестиції в переробку:

Подальше залучення інвестицій у модернізацію та розширення переробних потужностей дозволить Україні збільшити частку продукції з високою доданою вартістю (наприклад, рафінованої олії, шротів, макухи), зменшуючи експорт сировини. У 2023/2024 маркетинговому році Україна експортувала:

- Соняшнику: трохи більше 300 тис. т (при врожаї 14,2 млн т), що вказує на глибоку переробку соняшнику всередині країни (близько 13,5 млн т).

- Сої: майже 3 млн т на суму \$1,1 млрд (при врожаї 4,9 млн т).

- Ріпаку: 3,7 млн т на суму \$1,4 млрд (при виробництві 4,5 млн т).

У 2023/24 МР вперше перероблено 1,0 млн т насіння ріпаку (22,3% від врожаю), виробництво ріпакової олії досягло 430 тис. т, а експорт ріпакової олії – понад 424 тис. т (зростання на 404% проти 2022/23 МР).

4. Диверсифікація культур:

Розширення посівних площ під іншими олійними культурами, такими як соя та ріпак, може знизити залежність від соняшнику та забезпечити стабільність галузі. Прогнозована площа посіву сої у 2024 році становила близько 2,4 млн га, що дещо менше від фактично посіяного у 2024 році (2,655 млн га), проте у 2024 році відбулося значне зростання посівних площ під соєю – на 44,2% порівняно з 2023 роком.

Загалом, за оцінками, площі під олійними культурами (соняшник, ріпак, соя) у 2023 році відновилися до довоєнного рівня (2021 рік), сягнувши близько 8,7 млн гектарів.

5. Логістичні переваги:

Розвиток портової інфраструктури та залізничного сполучення, попри поточні виклики, має вирішальне значення для оптимізації експорту та зниження логістичних витрат. АПК продовжує відігравати ключову роль в експорті, забезпечуючи значну частку валютних

надходжень. У 2023 році 61% експортної виручки припало на аграрну продукцію. Отже, експортний потенціал України зазнав суттєвих змін через війну, але країна продовжує адаптуватися до нових умов та шукати можливості для розвитку зовнішньої торгівлі.

6. Впровадження нових технологій:

Застосування сучасних технологій у вирощуванні, зберіганні та переробці олійних культур підвищить ефективність виробництва та якість продукції.

7. Розширення ринків збуту:

Пошук нових ринків, особливо в Азії та Африці, допоможе диверсифікувати експортні потоки та знизити залежність від традиційних ринків. Незважаючи на значний потенціал, розвиток галузі залежить від стабілізації політичної та економічної ситуації в країні, а також ефективного впровадження державної підтримки та інвестиційних програм.

Для кращого розуміння ситуації з олійною галуззю в Україні можна побачити переглянувши числові дані за останні доступні періоди (2023/2024 маркетинговий рік та прогнози на 2024 рік): Україна є значним експортером олійних культур та продуктів їх переробки, що свідчить про значний надлишок продукції над внутрішнім споживанням. Точні дані щодо відсотка покриття внутрішнього ринку рідко публікуються у чистому вигляді, оскільки більшість виробленої олійної сировини та олії йде на експорт. Експорт олійних культур та продуктів переробки за 2023/2024 маркетинговий рік (станом на січень 2025):

- Загальний експорт зернових та олійних культур за 7 місяців 2024/25 маркетингового року (липень 2024 – січень 2025) досяг \$11 млрд, що на 13,4% більше, ніж за аналогічний період попереднього року.

- Українські аграрії та переробники зібрали \$9,2 млрд від олійного експорту у 2024 році.

- Експорт соняшникової олії приніс \$5,1 млрд.

- Ріпаку – \$1,85 млрд. - Сої – \$1,3 млрд.

8. Вплив соняшника на ґрунт: Соняшник є культурою, яка інтенсивно виснажує ґрунт, виносячи значну кількість поживних речовин та вологи.

Винос поживних речовин:

Соняшник має "ненажерливий" апетит, особливо щодо азоту. Це може призводити до азотного голодування озимих культур, посіяних після соняшнику.

Вологоспоживання:

Соняшник споживає велику кількість ґрунтової вологи, особливо з глибоких шарів. Після збирання соняшника осінні та ранньовесняні опади не завжди повністю заповнюють запаси вологи в ґрунті. Вважається, що відновлення запасів вологи до рівня, що передував

посіву соняшника, вимагає мінімум 3-4 років. Сумарне водоспоживання соняшнику коливається від 2306 м³/га до 3273 м³/га.

Ерозія ґрунту:

Соняшник, через особливості обробітку, може сприяти ерозії ґрунту (вітровій та водній), особливо при коротких періодах ротації у сівозміні.

Рекомендації щодо сівозміни для соняшника: Через вищезгадані негативні впливи, науковці та агрономи рекомендують дотримуватися певних правил сівозміни при вирощуванні соняшнику:

Повернення на те саме поле:

Соняшник можна повертати на те саме поле не раніше ніж через 6-8 років. У сучасних реаліях, через економічну привабливість, цей період часто скорочується до 3-4 років, що негативно впливає на ґрунт.

Кращі попередники:

Озима пшениця, кукурудза, ячмінь. Ці культури залишають достатню кількість поживних речовин та покращують структуру ґрунту.

Небажані попередники: Багаторічні трави, цукровий буряк, горох (через спільні хвороби та шкідників).

Олійна галузь України демонструє високі показники виробництва та експорту, але вимагає сталого підходу до використання земельних ресурсів. Збалансовані сівозміни та інвестиції у технології, що покращують стан ґрунту, є критично важливими для довгострокового розвитку та збереження родючості українських чорноземів.

Список використаних джерел

1. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв: підручник / К. О. Самойчук, В. С. Бойко, В. О. Олексієнко та ін.; ТДАТУ. Мелітополь: ММД, 2020. 428с.

2. Вступ до фаху: Конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / О. О. Ковальов, К. О. Самойчук, В. О. Олексієнко та ін.: ТДАТУ. Мелітополь, 2021. 180 с.

3. Інноваційні технології та обладнання галузі. Переробка продукції тваринництва: посібник-практикум / К. О. Самойчук, С. В. Кюрчев, Н. О. Паляничка, та ін.: ТДАТУ. Мелітополь: Forward press, 2020. 250 с.

4. Ковальов О. О., Самойчук К. О. Необхідні умови забезпечення конкурентоздатності України на світових ринках продуктів харчування. *Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії*: матер. VI міжнар. наук.-практ. конференції (3-4 листопада 2022 р). Черкаси: ФОП Гордієнко Є. І., 2022. С. 143-146.

5. E. S. Gruber, V. Stadlbauer, V. Pichler, K. Resch-Fauster, A. Todorovic, T. C. Meisel, S. Trawoeger, O. Hollóczki, S. D. Turner, W.

Wadsak, A. Dick Vethaak, L. Kennercorresponding. To Waste or Not to Waste: Questioning Potential Health Risks of Micro- and Nanoplastics with a Focus on Their Ingestion and Potential Carcinogenicity. Expo Health. 2022. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9971145/> (дата звернення 28.10.2025).

6. Palianychka N., Verkholyantseva V., Kovalyov A. Use of energy-efficient equipment in drinking milk technological line. *Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (24-25 листопада 2022 року)*. Харків: ДБТУ, 2022. С. 90–92.

СЕКЦІЯ 2. ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА ТА ТВАРИННИЦТВА

УДК 621.3

ДО СТРУКТУРИ СИСТЕМИ З ВИРОБНИЦТВА БОРОШНА

Гапоненко О. В., студент,

Барсукова Г. В., к.т.н., доц.

Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми,
Україна

Постановка проблеми. Виробництво борошна в умовах функціонування сільськогосподарських підприємств до часто є додатковою функціональною задачею установи. Різні виробники сільськогосподарської продукції влаштовують власне виробництво як один із додаткових видів заробітку. Перевагою такого виду виробництва є залучення персоналу в періоди, коли польові роботи уже не проводяться, переробка власної сільськогосподарської продукції, максимальне задіяння існуючих ресурсів та можливостей з метою отримання прибутку.

Основні матеріали дослідження. Якщо розглядати систему з виробництва борошна для порівняно малих фермерських господарств, то в даному випадку є можливість виокремити функціонально дві основні галузі – вирощування сільськогосподарських культур та їх переробка. Якщо розглядати першу функцію з указаних як головну, то варто підкреслити, що переробна галузь виступає як додаткова та доповнююча потенціал підприємства. Якщо розглядати навпаки, то підприємство, задіяне в виробництві борошна та таке, що має власне рослинництво значною мірою функціонує з основного доходу – переробної галузі.

Система з переробки зернової маси в борошно працює як одна ціла лінія з виробництва. Зокрема, така лінія включає в себе:

- машину для лушення зерна;
- мікромлин;
- просіювач;
- аспіратор.

Функціонування установки на сьогодні уже не є можливим без використання засобів механізації технологічного процесу. Зокрема, використання транспортерів, різного роду перевантажувачів значним чином полегшує виконання робіт, що проводяться у ході виробництва борошна на підприємстві.

Функціонально, привід усіх виробничих машин та механізмів відбувається від трифазної мережі змінного струму. Основними

споживачами електричної енергії є трифазні електричні двигуни, на валах яких змонтовано різного роду механізми для передачі обертового руху та приведення в дію виробничих машин. Такими механізмами є:

- шківи;
- зірочки;
- муфти;
- зубчасті колеса;
- інше.

Переважає більшість структурних елементів має свої щити керування, де змонтовано засоби автоматизації процесу, що відбувається за автоматизованого режиму роботи установки (різного роду датчики тиску, рівня, температури, вологості) та кнопки керування для ручного режиму роботи технологічних установок.



Рис. 1. Цикл виробництва борошна комплексом з переробки сировини

Висновки. Таким чином, комплекс є ефективним технологічним рішенням з метою реалізації завдань з виробництва порівняно малих об'ємів борошна, перевагою використання чого є:

- переробка власної продукції на підприємстві;
- залучення додаткових робочих місць;
- розвиток власної справи;
- екологічно чисте власне виробництво.

УДК 635.655:52-76

ОПТИМІЗАЦІЯ ЯКОСТІ ТА ПОЖИВНОЇ ЦІННОСТІ ЗЕРНА СОЇ ШЛЯХОМ ГЧ-МІКРОНІЗАЦІЇ

Коробко А. А., PhD, ст. викл.

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Постановка проблеми. Соя (*Glycine max L.*) є найважливішою білковою та олійною культурою у світі, що забезпечує значну частину потреб тваринництва та харчової промисловості. Її високий вміст білка (до 40%) та олії (до 20%) робить її незамінним кормовим та харчовим компонентом. Висока концентрація та біологічна цінність соєвого протеїну обумовлюють необхідність його максимального використання. Однак, необроблене зерно сої містить комплекс сполук, відомих як антипоживні речовини (АПР), які значно знижують її поживну цінність та біодоступність.

Для ефективного використання сої у раціонах тварин ці АПР мають бути інактивовані, а їхній рівень знижений до безпечних значень. Таким чином, постає науково-технічна проблема розробки інноваційного методу термічної обробки, який би забезпечив швидку та повну інактивацію АПР з мінімізацією енерговитрат та максимальним збереженням білкової якості сої.

Основні матеріали дослідження. Продуктивність сої є сумарним відображенням успішної реалізації генетичного потенціалу, залежного від послідовності агротехнологічних заходів. Інокуляція насіння є основою для ефективної роботи симбіотичного апарату, забезпечуючи рослини ключовим лімітуючим елементом – біологічно фіксованим азотом. Натомість, позакореневі комплексні підживлення оперативно постачають необхідні мікро- та макроелементи, посилюючи фізіологічні процеси (зокрема, фотосинтез та наливу зерна) та підвищуючи стійкість культури. Дослідження впливу цих двох чинників на кінцеву врожайність критично важливе для науково обґрунтованого моделювання технологій, спрямованих на максимізацію та стабілізацію врожаїв сої у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу правобережного.

За результатами досліджень у 2024 році щодо динаміки накопичення білка та жиру в насінні сої залежно від інокуляції та позакореневих підживлень (таблиця 1) з'ясовано, що інокуляція насіння біоінокулянтном Різолан-р і біопротектором Різосейв та дворазове комплексне підживлення рослин регулятором росту Азотофіт-р та біопрепаратом Органік баланс у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор забезпечувала найкращі показники за вмістом сирого протеїну та жиру у насінні сої у порівнянні з абсолютним контролем [1].

Таблиця 1.

Вміст сирого протеїну та жиру в насінні сої сортів Самородок і Амадеус залежно від інокуляції та позакоренових підживлень

Фактор В	Фактор С	Фактор А			
		Вміст сирого протеїну, %		Вміст жиру, %	
		Само-родок	Амадеус	Само-родок	Амадеус
Без інокуляції	Без підживлення	36,21	37,71	16,44	16,66
	Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	36,41	37,81	16,82	17,01
	Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	37,51	38,41	17,08	17,03
	Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	37,95	39,51	17,38	17,43
Різолайн+Різосейв	Без підживлення	37,51	38,81	17,23	17,16
	Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	38,01	39,81	17,42	17,39
	Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	38,41	40,11	17,70	17,54
	Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	40,11	40,31	17,74	17,75

Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1].

Найвищий показник сирого протеїну у сорту Самородок становив 40,11%, у сорту Амадеус – 40,31% та жиру у сорту Самородок – 17,74% і у сорту Амадеус на рівні 17,75% за інокуляції насіння та комплексного підживлення Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор. Сорт Амадеус загалом має вищі значення вмісту протеїну порівняно з Самородком [1].

Для підвищення ефективності використання сої в раціоні необхідно знизити активність антипоживних речовин до фізіологічно безпечного рівня за допомогою термічної обробки.

Ключовими антипоживними речовинами у сої, що вимагають обов'язкової інактивації, є інгібітори трипсину та лектини (гемаглютиніни). Інгібітори трипсину – це термолабільні білки, які специфічно пригнічують активність основних протеолітичних ферментів у шлунково-кишковому тракті тварин. Це призводить до порушення гідролізу та засвоєння білка корму, зниження коефіцієнта перетравності, погіршення показників продуктивності та може

викликати небажану компенсаторну гіпертрофію підшлункової залози. А лектини мають здатність зв'язуватися з рецепторами на слизовій оболонці кишечника, спричиняючи пошкодження епітелію та порушуючи процес всмоктування поживних речовин.

Для забезпечення високої ефективності використання сої у раціоні, необхідно знизити активність цих АПР до фізіологічно безпечного рівня шляхом термічної обробки. Традиційні підходи до термообробки сої, такі як автоклавування та екструдкування (волого-теплові методи), є загальноприйнятими, але мають серйозні техніко-економічні та якісні недоліки, що зумовлюють необхідність розробки нових рішень.

Тому в рамках наших досліджень розробляється принципова схема енергоефективного обладнання для інактивації антипоживних речовин зернобобових культур методами інфрачервої мікронізації. Дані дослідження є складовою частиною науково-дослідної роботи під назвою: «Розробка науково-технологічного забезпечення підвищення родючості ґрунтів та раціонального використання потенціалу біоресурсів» (державний реєстраційний номер: 0124U000444) за рахунок видатків фонду державного бюджету [2].

Використання інфрачервої мікронізації для обробки насіння (зерна) сої є інноваційним та енергоефективним методом, спрямованим на покращення його поживної якості для використання у кормах. На відміну від конвективного нагріву (коли тепло передається від гарячого повітря до поверхні), ІЧ-випромінювання проникає безпосередньо у внутрішні шари зерна. Волога та органічні речовини всередині зерна поглинають цю енергію, що призводить до швидкого та об'ємного підвищення температури (ефект, схожий на мікрохвильову піч, але з використанням ІЧ-спектра), що спричиняє миттєве випаровування вологи всередині зерна. Це створює внутрішній тиск, який призводить до спучування та руйнування клітинної структури зерна. Цей ефект підвищує доступність поживних речовин для травних ферментів.

Результатом застосування ІЧ-мікронізації зерна є досягнення двох ключових показників якості: інактивації антипоживних речовин та підвищення засвоюваності білка. Головна перевага цього методу над традиційними це мінімізація ризику перегріву. Завдяки короткочасності та рівномірності прогріву, мінімізується ризик руйнування цінних незамінних амінокислот, особливо лізину та метіоніну, які чутливі до тривалого впливу високих температур.

Висновки. Проведені дослідження охоплюють дві ключові ланки в ланцюгу забезпечення якості сої: агрономічну (формування хімічного складу зерна) та технологічну (підвищення біодоступності).

Встановлено, що якісний склад насіння сої є функцією інтенсифікації живлення. Збільшення вмісту протеїну та жиру досягається при комбінованому застосуванні інокуляції (Різолайн-р + Різосейв) та комплексного дворазового позакореневого підживлення

(Азотофіт-р, Органік баланс, Хелпрост соя/бор). Найвищі показники протеїну (до 40,31%) та жиру (до 17,75%) зафіксовано у сорту Амадеус [1].

Незважаючи на високий вміст білка, його ефективне використання стримується наявністю антипоживних речовин, зокрема інгібіторів трипсину та лектинів. Виявлено, що традиційні волого-теплові методи (автоклавування, екструдкування) мають техніко-економічні недоліки та ризик перегріву білка. Для вирішення цієї проблеми інфрачервона мікронізація визначена як інноваційний та енергоефективний метод. Його перевага полягає у швидкому, об'ємному прогріві зерна, що забезпечує ефективну та повну інактивацію АПРта мінімізацію ризику руйнування цінних незамінних амінокислот завдяки короткочасності впливу.

Таким чином, кінцевим висновком є необхідність розробки енергоефективного обладнання для інактивації антипоживних речовин зернобобових культур методами інфрачервої мікронізації.

Список використаних джерел

1. Коробко А.А. Вдосконалення елементів технології вирощування адаптивних сортів сої в умовах Лісостепу правобережного : дис. доктор філософії : 201 Агрономія. Вінниця, 2025. 261 с.

2. Didur I.M., Pantsyreva H.V., Holovanuk A.B., Kovalchuk V.M. Study of varietal technology of soybean growing in the conditions of climate change. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2024. № 9. P. 150-158. DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.15>.

УДК 621.3

ПРИНЦИП РОБОТИ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ КЕРУВАННЯ ЗЕРНООЧИСНОЮ УСТАНОВКОЮ

Гапоненко О. В., студент,

Барсукова Г. В., к.т.н., доц.

*Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми
Україна*

Постановка проблеми. Зерноочисна машина ОВС-25, як один із прикладів установок для очищення зерна, використовується з метою автоматизованого очищення зерна від різних видів домішок та додаткових наявних елементів. Електропривод такої установки, головним чином, складається з 4 приводних електричних двигунів:

- електродвигун приводу відвантаження;
- електродвигун приводу транспортеру завантаження;
- електродвигун приводу машини;
- електродвигун приводу транспортного механізму.

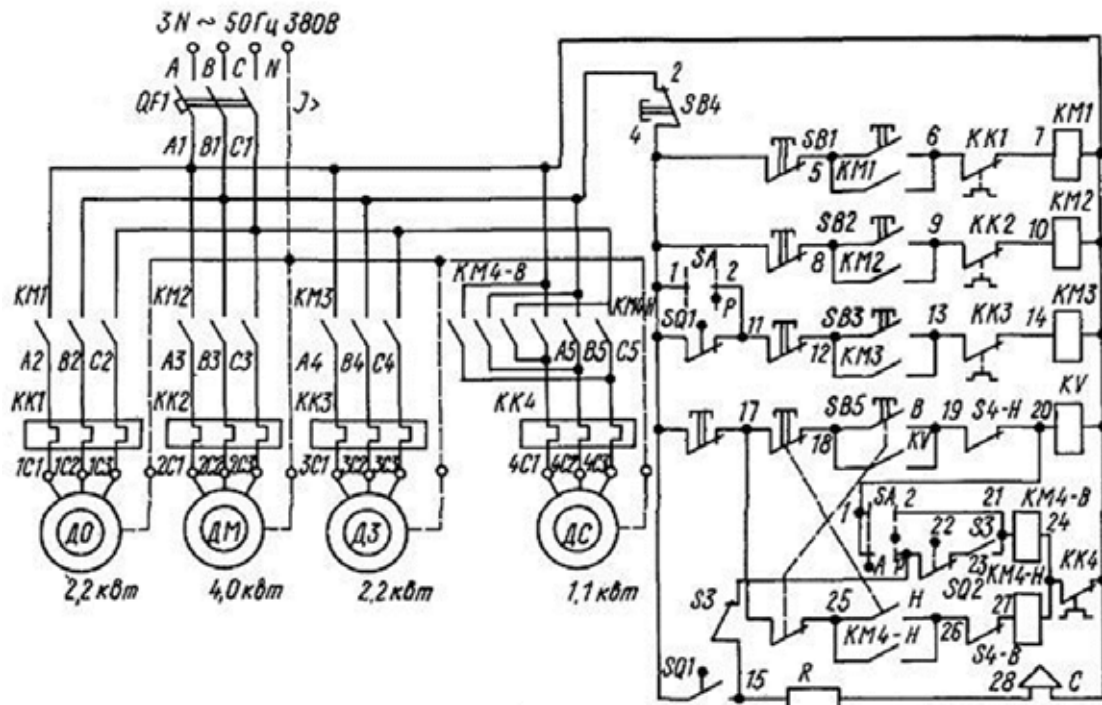


Рис. 1. Схема електрична принципова керування зерноочисною машиною ОВС-25. Контакти 20 – 22 – автоматичний режим роботи установки; 4 – 11; 20 – 21 – ручний режим роботи установки

Основні матеріали дослідження. Схема електрична принципова керування такою установкою полягає в роботі трифазного електричного зі змінним струмом. Як було вказано вище, серед приводних електричних двигунів наявними є 4 двигуни. Три з них працюють на прямий режим роботи, а четвертий як на пряму, так і на реверс.

Схема електрична принципова зерноочисної машини включає в себе:

- автоматичний вимикач;
- 5 електромагнітних пускачів (3 – для керування трьома електричними двигунами, запущеними напрями, та 2 – для керування електричним двигуном, що працює на пряму та на реверс);
- 4 теплові реле;
- кнопка загального стопу;
- пускові та стопові кнопки для вмикання кожного електричного двигуна окремо;
- засоби автоматизації;

- пакетний перемикач.

Необхідно підкреслити перевагу використання в схемі електричній принциповій і, як наслідок, на практиці, - реверсивних електромагнітних пускачів. Такі пускачі виконані з механічним блокуванням вмикання котушки протилежного електромагнітного пускача. Цим досягається порівняно менша зайнятість внутрішнього об'єму щита керування та, відповідно, - простота зібраної схеми.

Використання перемикача SA дає можливість вибору одного режиму роботи установки з наявних двох:

- ручного;
- автоматизованого.

За ручного режиму роботи вмикання та вимикання електричних двигунів відбувається при натисканні на пускові та стопові кнопки персоналом, задіяним у виконанні робіт.

За автоматизованого режиму роботи установки вмикання електричних двигунів відбувається шляхом подачі сигналів через датчики автоматизації на котушки електромагнітних пускачів. Після цього, одночасно із втягуванням котушки електромагнітного пускача відбувається подача напруги на силові контакти теплового реле і, як наслідок, – до клем електричного двигуна.

Висновки. Таким чином, робота установки дозволяє здійснювати керування нею в двох режимах роботи, що порівняно ефективно може бути реалізованим на виробництві.

УДК 631.333:631.172

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО МЕХАНІЗОВАНОГО ПРИГОТУВАННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У МАЛИХ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ

Кувачов В. П., д.т.н.,

Петров Г. А., к.т.н.,

Інува С. А., аспірант.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Постановка проблеми. Сучасне сільськогосподарське виробництво, орієнтоване на сталий розвиток, вимагає ефективного використання органічних відходів для відновлення родючості ґрунтів і зменшення залежності від мінеральних добрив. Біомаса тваринного й рослинного походження (гній, солома, сидерати, рослинні рештки) є доступною сировиною для отримання органо-мінеральних компостів.

Проте в умовах малих фермерських господарств спостерігається дефіцит технічних засобів, здатних забезпечити механізоване приготування, подрібнення, змішування й завантаження біомаси в єдиному технологічному циклі [1-4]. Існуючі серійні машини для приготування кормових сумішей або компостів мають велику енергоємність [2]. Їх використання на малих фермах із тракторним парком до 80 к.с. економічно невиправдане. Крім того, більшість таких машин не пристосовані до роботи з неоднорідними або волого-злипкими матеріалами, що характерно для біомаси органічного походження. Для невеликих господарств актуальним є створення компактної, мобільної та універсальної машини, здатної поєднати функції підбирання, подрібнення та змішування біомаси з подальшим вивантаженням готової суміші. Особливу увагу необхідно приділити: зменшенню енергоспоживання процесу; забезпеченню рівномірності змішування компонентів; підвищенню надійності роботи при змінних властивостях сировини; можливості агрегування з малогабаритними тракторами. Таким чином, постає науково-технічна проблема обґрунтування параметрів і розроблення конструкції підбирача-змішувача біомаси, який би забезпечував технологічно ефективно та енергозберігаюче приготування органічних добрив в умовах малих фермерських господарств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній науковій літературі значна увага приділяється розробці технологій ефективного використання органічних відходів у фермерських господарствах [1-4]. Дослідження показують, що органо-мінеральні компости не лише покращують структуру ґрунту та його родючість, а й сприяють зменшенню викидів парникових газів, підвищуючи стійкість агроєкосистем [1-4].

Серійні машини для приготування кормових сумішей і компостів (TMR-змішувачі, роторні компостери, дискові розкидачі) добре зарекомендували себе на великих фермах із тракторним парком високої потужності. У зарубіжних дослідженнях, наприклад, у Німеччині та Нідерландах, розробляються компактні та мобільні пристрої для переробки органічних відходів, які поєднують функції подрібнення та змішування [1].

В Україні одним із прикладів успішного виробництва сучасного обладнання для роботи з органічними добривами є завод «СПД ПЕТРОВ™». Підприємство, засноване у 2007 році, займається розробкою і виробництвом транспортерів для збору гною, скреперних систем, вакуумних цистерн та розкидувачів різної місткості. Завод постійно розширює асортимент, останніми роками запроваджено розкидувачі ПТРВ.10 «СМЕРЧ», ПТРВ.14 «СМЕРЧ» та обладнання з вертикальними битерами «ВІХРЬ». Особливістю підприємства є повний цикл розробки та виробництва на власних потужностях і прями поставки продукції фермерам, що сприяє адаптації техніки до умов

малих і середніх господарств.

Водночас наукові дослідження українських університетів підкреслюють важливість створення універсальних, енергозберігаючих і мобільних машин для малих фермерських господарств, здатних працювати із різною біомасою та легко агрегатуватися з тракторами потужністю до 80 к.с. [5, 6].

Таким чином, аналіз літератури та практичний досвід українських виробників свідчать про наявність двох основних напрямів розвитку: підвищення енергоефективності та компактності технічних засобів для приготування компостів і кормових сумішей; розроблення універсальних і мобільних машин, адаптованих до різних властивостей біомаси та умов малих фермерських господарств.

Ці висновки підтверджують необхідність розробки підбирача-змішувача біомаси, який поєднує функції подрібнення, змішування та вивантаження, із оптимізованими технологічними параметрами та низьким енергоспоживанням, спираючись на наукові дані та практичний досвід вітчизняних виробників.

Мета дослідження полягає у зменшенні питомих витрат на змішування та навантаження органічних добрив, шляхом розробки технологічної схеми та обґрунтуванні параметрів компактного, мобільного та універсального підбирача-змішувача біомаси, здатного ефективно і енергозберігаюче готувати органо-мінеральні добрива в умовах малих фермерських господарств.

Основні матеріали. Для формування органо-мінерального компосту запропоновано концептуальний підхід, який інтегрує послідовні процеси підбирання, обробки та об'єднання різнорідних компонентів біомаси в єдиний технологічний цикл.

По-перше, підготовка починається з формування базової подушки з торфу та лігніну, яка забезпечує стабільну основу для подальшого укладання органічних матеріалів і сприяє рівномірній аерації суміші. На утворену в такий спосіб основу пошарово насипаються послід, солома та інші рослинні рештки, що дозволяє створити структуру компостної маси з оптимальним співвідношенням компонентів.

По-друге, передбачено механізоване перемішування біомаси та дозоване введення мінеральних добавок. Цей процес організовується через комплекс рухомих елементів, які забезпечують синхронну взаємодію компонентів, точне дозування і рівномірне її перемішування. Така організація матеріалів у просторі і часі дозволяє підтримувати однорідність органо-мінеральної суміші навіть при різних фізико-механічних властивостях біомаси, підвищуючи технологічну ефективність процесу.

По-третє, інтеграція підбирання, подрібнення, змішування та внесення добавок у єдиний цикл дозволяє зменшити енергетичні витрати, оптимізувати тривалість операцій і забезпечити високу стабільність кінцевого продукту. Такий підхід особливо важливий для малих і середніх

фермерських господарств, де обмежені ресурси і необхідно поєднати доступність обладнання із технологічною надійністю.

Таким чином, запропонована концепція забезпечує структуровану організацію компонентів компосту, а також дозволяє рівномірно інтегрувати мінеральні добавки і оптимізує весь технологічний процес, роблячи його ефективним та адаптованим до умов фермерських господарств.

Процес змішування та навантаження органо-мінерального компосту реалізується як цілісний технологічний цикл, що поєднує переміщення матеріалу, дозоване внесення мінеральних добавок і інтенсивне перемішування компонентів. Під час руху агрегату стрічковий гвинт живильника взаємодіє із пошарово укладеною компостною масою, відокремлюючи частини суміші від бурту та направляючи їх до вивантажувального транспортера. Така організація руху матеріалу забезпечує безперервний потік маси та створює умови для її рівномірного оброблення.

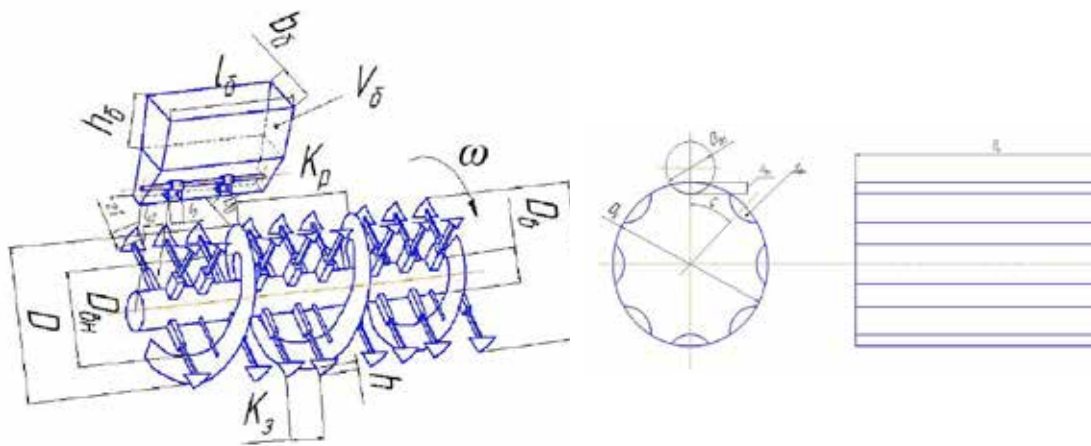
Синхронна робота приводного гвинта та дозуючого валу підбирача-змішувача дозволяє координовано подавати мінеральні компоненти, що надходять у зону активного перемішування. Взаємодія компостної маси та добавок у процесі переміщення такої суміші гвинтом забезпечує інтенсивне її перемішування, підтримує її однорідність і підвищує стабільність технологічного циклу.

Ефективність роботи підбирача-змішувача визначається режимними та швидкісними параметрами: кутовими та лінійними швидкостями обертання гвинта і дозуючого валу, поступальною швидкістю руху навантажувача та швидкістю подачі мінеральних компонентів. Визначення і оптимізація цих показників дозволяють забезпечити точність дозування і високу однорідність компостної маси.

Конструктивні параметри робочих органів для дозуючих і подаючих елементів визначаються геометричними характеристиками бункера (ширина, висота, довжина), його місткість, параметри вивантажувальних отворів (кількість, довжина, ширина), а також параметри котушок дозуючого валу і робочих поверхонь, які регулюють обсяг та інтенсивність подачі матеріалу. Оптимізація цих характеристик забезпечує точне дозування мінеральних компонентів і ефективне переміщення компостної маси протягом всього технологічного процесу.

Завдяки інтеграції механізованого переміщення, синхронного дозування та інтенсивного змішування органо-мінеральної суміші підвищує ефективність технологічного циклу і робить виробництво компосту доступним та надійним для малих фермерських господарств.

На рис. 1 зображена схема запропонованого навантажувача-змішувача органо-мінеральної суміші.



а) навантажувач-змішувач

б) котушка

Рис. 1. Схема навантажувача-змішувача

За рис. 1 до складу навантажувача-змішувача входять: дозуючі і подають робочі органи, що включають бункер-дозатор з вивантажувальними отворами і дозуючий вал з котушками; фрезерний і змішувальний робочий орган, який представляє собою стрічкового шнек, оснащений зубами; вивантажувальний транспортер. Захват компостної маси гвинтовим робочим органом відбувається завдяки його обертальному руху, тоді як занурення у масив забезпечується поступальним переміщенням разом із навантажувачем. У цьому контексті робочий орган розглядається як рухома механічна система, поведінка якої може бути описана за допомогою параметричних рівнянь. Моделювання руху кожної точки робочого органу машини у двовимірній системі координат дозволяє математично описати траєкторії переміщення матеріалу та взаємодію його компонентів під час процесу змішування й навантаження біомаси.

Продуктивність відділення часток органічних добрив від бурту Q_v за допомогою зубів робочого органу та їх подачі до гвинтової поверхні, що здійснює обертальний рух і переміщує масу до транспортера, повинна перевищувати продуктивність подачі компосту Q_n :

$$Q_n \leq Q_v. \quad (1)$$

У розгорнутому вигляді залежність (1) може бути представлена виразом:

$$A_k v_{п.с.} \leq \frac{z_k \omega B_3}{\pi} \left(\frac{D_p^2 \omega t}{4} - \frac{D_p^2 \sin(2\omega t)}{16} + \frac{v_{п.с.} D_p \cos(\omega t)}{2\omega} \right), \quad (2)$$

де A_k - площа бічної проекції западини котушки, м²;

$v_{п.с.}$ - поступальна швидкість навантажувача-змішувача, м/с.

ω - кутова швидкість обертання робочого органу, рад/с;

z_k - число впадин на котушці, шт.;

B_3 - ширина зуба гвинтового робочого органу, м;

D_p - діаметр по ріжучим зубам гвинтового робочого органу, м.

Вираз (2) об'єднує параметри робочого органу, що дає змогу обґрунтувати вибір параметрів підбирача-змішувача.

Рішення рівняння (2) відносно поступальної швидкості у функції від кутової швидкості обертання робочого органу представлено на рис. 2.

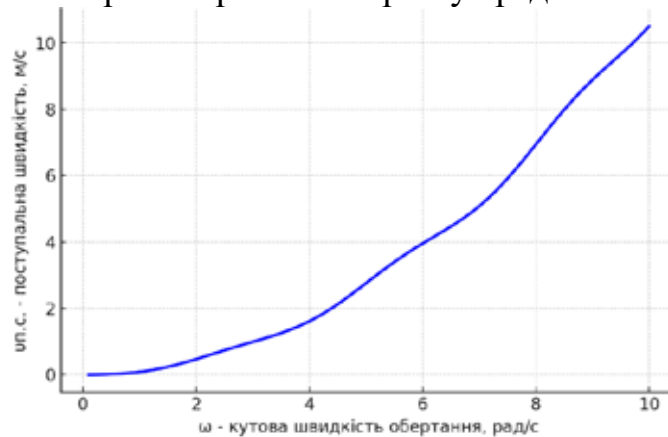


Рис. 2. Залежність граничної швидкості руху підбирача-змішувача від кутової швидкості фрезерно-зубового робочого органу

Аналіз рис. 2 показує зростаючий характер залежності поступальної швидкості навантажувача-змішувача від кутової швидкості обертання робочого органу. При збільшенні частоти обертання гвинтового органу інтенсивність захоплення й переміщення компостної маси зростає, що призводить до підвищення загальної продуктивності процесу. На початковій ділянці крива має помірний нахил, що свідчить про інерційність системи – робочий орган потребує певного часу для стабілізації потоку матеріалу. Далі спостерігається більш різке зростання швидкості, що пояснюється ефективнішим транспортуванням і змішуванням маси внаслідок посилення гвинтового руху.

Однак при надмірному збільшенні кутової швидкості ефективність процесу може почати знижуватися через розпушення та неорганізований розкид частинок, підвищене енергоспоживання й вібраційні навантаження. Тому для стабільної та економічно доцільної роботи важливо визначити оптимальний діапазон кутових швидкостей, у якому досягається узгодженість між обертальним і поступальним рухом. У цьому діапазоні забезпечується рівномірне захоплення матеріалу, мінімальні втрати та плавна подача до транспортера, що є запорукою ефективного функціонування всього навантажувально-змішувального механізму.

Висновки. Запропонована концепція формування органо-мінерального компосту передбачає інтеграцію процесів підбирання, подрібнення, змішування та дозованого введення мінеральних добавок у єдиний технологічний цикл. Пошарове укладання торфу, лігніну та органічних компонентів створює структуровану основу для рівномірної аерації і забезпечує оптимальні умови для змішування різнорідної біомаси.

Використання навантажувача-змішувача з дозатором мінеральних

добрив дозволяє координовано подавати компоненти, підтримуючи однорідність суміші і стабільність технологічного циклу. Синхронізація кутової швидкості обертання гвинтового робочого органу та поступальної швидкості руху агрегату забезпечує ефективне захоплення, переміщення і змішування компостної маси без її розсіювання та надмірного енергоспоживання.

Математичне моделювання взаємодії робочого органу з матеріалом дозволяє оптимізувати режимні параметри, визначати продуктивність і забезпечувати однорідність кінцевого продукту. Запропонована конструкція та організація процесу гарантують технологічну ефективність, раціональне використання енергії та адаптованість до умов малих і середніх фермерських господарств.

Таким чином, запропонована технологія і конструктивні рішення підбирача-змішувача забезпечують комплексну оптимізацію процесу приготування органо-мінерального компосту, підвищують його якість і роблять виробництво доступним і ефективним у фермерських умовах.

Список використаних джерел

1. Писаренко В. М., Писаренко П. В. Органічні добрива на захисті родючості ґрунту: монографія. Полтава, 2022. 156 с.
2. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Головач І. В., Гриник І. В. Малогабаритні сільськогосподарські машини. *Конструкція, теорія і розрахунок*: монографія. Київ: Аграрна наука, 2017. 292 с.
3. Sayed D. F., Morad M. M., Ali M. M. & El-Maghawry H. A. Study On Some Different Operating Parameters Affecting e Performance Of Compost Turning Machines. *Zagazig Journal of Agricultural Research*. 2021. Vol. 48(2). P. 419–432.
4. Joshua T. Velasco, Gilbert L. Bandisa, Erickson N. Dominguez and Jamesly T. Andres. Design, Fabrication, and Performance Evaluation of a Small-scale Compost-Turning Machine. *Mountain Journal of Science and Interdisciplinary Research*. 2024. Vol. 84(1).
5. Кувачов В. П., Дружич В. М., Шевченко С. О., Зеленов К. О. Дослідження стійкості руху самохідної машини з робочими органами реактивного типу. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2024. Вип. 14(2). 15 с. <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-2-3>
6. Кувачов В. П., Дружич В. М., Шевченко С. О., Зеленов К. О. Теоретичні основи руху самохідної машини з робочими органами реактивного типу в системі точного землеробства. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2024. Вип. 14(1). 12 с. <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-4>

УДК 631.363.2

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНОЇ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ

Біловод О. І.¹, здоб. СВО «Магістр»,

Попов С. В.², к.т.н., доц.,

Скоряк Ю. Б.², ст. викл.,

¹Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

²Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Постановка проблеми. Вдосконалення процесів переробки зернових матеріалів є одним із головних напрямів розвитку агропромислового комплексу України. Одним із найенергоємніших процесів у комбикормовому виробництві є подрібнення сировини. Воно значною мірою визначає ефективність усього технологічного циклу [1, 2].

Наявні конструкції подрібнювальних машин, як правило, характеризуються високими енергетичними витратами та недостатньою адаптивністю до різних типів зернових матеріалів. Це призводить до підвищення собівартості продукції та зниження конкурентоспроможності підприємств.

Таким чином, проблема полягає у розробці енергоощадних подрібнювальних машин, здатних забезпечити необхідний ступінь подрібнення при мінімальних енергетичних витратах. Розв'язання цієї проблеми має важливе економічне та науково-технічне значення [3-5].

Основні матеріали дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності технологічного процесу подрібнення зернових матеріалів за рахунок розробки конструкції молоткової дробарки та оптимізації режимів її роботи. Для досягнення поставленої мети проведено: аналіз сучасних конструкцій дробарок та їх енергетичних характеристик; досліджено фізико-механічні властивості зернових культур (пшениця, кукурудза, ячмінь) та їх вплив на подрібнення; розробку лабораторної моделі молоткової дробарки; експериментальне визначення питомих енергетичних витрат і фракційного складу продукту подрібнення.

Нова конструкція дробарки ДМ-360 характеризується горизонтальним розташуванням ротора, шістьма молотками, а також змінними робочими елементами (табл. 1). Корпус виконано герметичним. Це зменшує запиленість, а також втрати матеріалу. За результатами експериментальних досліджень, що були проведені, встановлено значення питомих енергетичних витрат: кукурудза – 15,1 Вт·год/кг; пшениця – 34,4 Вт·год/кг; ячмінь – 40,3 Вт·год/кг.

Кукурудзяне зерно має пористу, пухку структуру ендосперму, а також високу крихкість, особливо після висушування. Його оболонка відносно тонка, а внутрішня частина містить менше білків та більше

крохмалю, який легко руйнується під час удару. Саме тому, низька міцність, висока крихкість та однорідність структури зумовлюють мінімальні питомі енергетичні витрати.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики дробарки

№ з.п.	Найменування характеристики	Одиниці виміру	ДМ-360
1	Продуктивність	кг/год	140...365
2	Частота обертання головної осі	об/хв	3000
3	Робочий діаметр ротора	мм	360
4	Кількість молотків	шт.	6
5	Потужність	кВт	5,5
6	Габаритні розміри	м	550×400×860
7	Маса	кг	60

Пшениця має щільну, тверду зернівку без зовнішньої оболонки, але із доволі міцною алейроною оболонкою та щільним ендоспермом. Під час удару вона роздрібнюється поступово: спочатку виникають тріщини, потім зерно розпадається на частинки середнього розміру. У порівнянні із кукурудзою пшениця поглинає більше енергії під час деформації, оскільки має вищий модуль пружності. Однак відсутність волокнистої оболонки спрощує подрібнення. Тому енергетичні витрати залишаються на середньому рівні. Також пшениця рівномірно дробиться. Це забезпечує стабільний гранулометричний склад і менше енергії, витраченої на вторинне подрібнення.

Ячмінь має плівчасту оболонку та волокнисту структуру, що значно ускладнює процес руйнування зернівки. Зерно не розколюється відразу. Оболонка гасить частину енергії удару, а волокнисті компоненти пружно деформуються, не допускаючи миттєвого руйнування. Внаслідок цього частина енергії молотка втрачається не на руйнування, а на деформацію, подолання зв'язків між оболонкою та ендоспермом. Окрім того, волокниста структура зумовлює нерівномірне дроблення. Утворюються як дрібні, так і великі частинки, що потребує повторних ударів. Це збільшує час подрібнення і, відповідно, загальні енергетичні витрати.

Також було проведено розрахунок техніко-економічної ефективності використання запропонованого технічного рішення. За базовий варіант прийнято молотковий млин AMS-360 виробництва КНР (табл. 2). Термін окупності склав 5,3 місяця.

Висновки. Розроблена конструкція молоткової дробарки, що забезпечує підвищення ефективності процесу подрібнення зернових матеріалів внаслідок оптимізації конструктивних параметрів та режимів роботи. Експериментальні дослідження підтвердили зниження

Таблиця 2

Калькуляція річних поточних витрат

Назва витрат	Величина витрат, грн.	
	ДМ-360	AMS-360
1 Зарплата з нарахуваннями	227697,7	
2 Амортизаційні відрахування	14292	19055
3 Експлуатаційні витрати	71292,8	74588,8
3.1 Витрати на капітальний ремонт	2743	3657
3.2 Витрати на ТО і ПР	7146	9528
3.3 Витрати на електроенергію	60657,3	
3.4 Витрати на мастильні матеріали	746,5	
Загальні витрати	313282,5	321341,5

питомих енергетичних витрат порівняно з чинними аналогами. Запропоноване технічне рішення має економічну доцільність та може бути впроваджено у виробництво комбінованих кормів для підвищення енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навч. посібник. Суми: Університетська книга, 2008. 543 с.

2. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машини сільськогосподарського виробництва: навч. посібник. Тернопіль, 2002. 251 с.

3. Олексієнко В. О., Ялпачик Ф. Ю., Кравець О. В. Економічна оцінка ефективності модернізації молоткової кормодробарки для сучасних форм організації виробництва продукції тваринництва. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2004. Вип. 3. С. 229–236.

4. Ялпачик Ф. Ю., Олексієнко В. О., Волков О. П. Обґрунтування оптимального співвідношення конструктивних параметрів молоткової дробарки. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. 2001. Вип. 1, т. 23. С. 13–18.

5. Гнітько С. М., Бучинський М. Я., Попов С. В., Чернявський Ю. А. Технологічні машини: підручник. Київ: Видавництво Ліра-К, 2020. 258 с.

УДК 66.01: 66.011

ТРИБОЕЛЕКТРОФІЛЬТР ДЛЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ПИЛООЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ

Кузнецов С. І., к.т.н.

Салєба Л. В., к.т.н.

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

Постановка проблеми. Велика кількість виробничих процесів в промисловості пов'язано з утворенням пилу. Частинки пилу, які знаходяться у зваженому стані у повітрі розмірами 8 - 10 мкм при диханні в легені людини не потрапляють завдяки природному самозахисту дихальних органів. Основну небезпеку для організму представляють тверді частинки, які не затримуються у верхніх дихальних шляхах і безперешкодно проникають в легені [1]. Тому проблемі уловлювання дрібного пилу приділяється особлива увага. Для високоефективного очищення повітря розроблено конструкцію трибоелектростатичного фільтра, здатного вловлювати дрібнодисперсний (аерозольний) пил будь-якого походження.

Очищення газів від зважених твердих частинок перед надходженням в атмосферу запобігає забрудненню атмосферного повітря, дозволяє повернути у виробництво корисні речовини та утилізувати без шкоди для навколишнього середовища шкідливий і небезпечний пил [2].

Розроблене обладнання може бути використане в агропромисловому комплексі та інших галузях промисловості, що викидають у повітряний басейн газу, що містять дрібний пил. Визначено математичні залежності для оптимальних геометричних розмірів і співвідношень апарату.

Основні матеріали дослідження. Існуючі конструкції електрофільтрів для уловлювання твердих або рідких частинок досить складні. Вони складаються з ряду коронуючих та осаджувальних електродів, розташованих в ізольованому корпусі. Для живлення електрофільтра використовується високовольтне джерело постійного струму. ККД електрофільтрів становить 92-96%.

До недоліків електрофільтрів слід віднести їхню високу вартість, громіздкість, складність виготовлення, а також необхідність періодичного відновлення їх фільтруючих елементів. Крім того в електрофільтрах неможливо уловлювати частинки легкозаймистих матеріалів, через небезпеку їх займання або вибуху. Є конструкції електростатичних фільтрів, принцип роботи, яких заснований на уловлюванні твердих частинок поверхнею електродів, які мають електростатичний заряд. Недоліком цих електростатичних фільтрів є необхідність встановлення джерела живлення високої напруги,

складність виготовлення.

Метою досліджень була розробка конструкції трибоелектростатичного фільтра, здатного ефективно вловлювати дрібнодисперсний (аерозольний) пи́л будь-якого походження.

Розроблена конструкція багатодискового трибоелектростатичного пиловловлювача [3], (рис 1), має велику продуктивність, високий ККД і низьку собівартість. Для створення електричного поля у фільтрі використовується трибоефект, що виникає внаслідок тертя діелектриків, при цьому зникає необхідність використання високовольтного джерела живлення.

Пропонована конструкція трибоелектростатичного фільтра складається з ряду паралельних дисків - електродів 2, закріплених на загальному валу 3. Вал із закріпленими на ньому дисками приводиться в обертання від електродвигуна 7 через редуктор 6. Диски знаходяться в контакті з нерухомими щітками 4. Система обертових дисків зі щітками газ подається в електростатичний фільтр примусово. У будь-якому випадку в нижній частині фільтра встановлюється бункер 5 для збору частинок, що уловлюються.

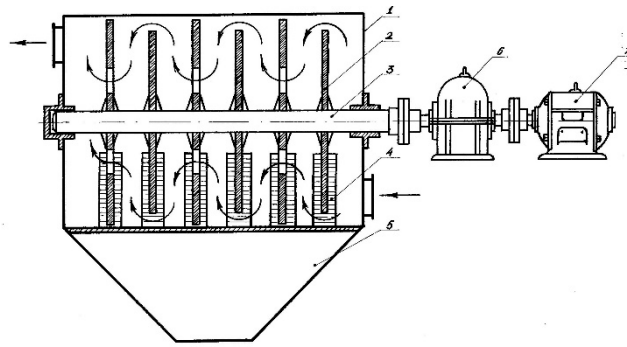
Матеріалом виготовлення дисків можуть бути будь-які діелектрики. Найбільш придатними для цієї мети є полістирол, органічне скло, полівінілхлорид, склопластики, фтор-пласт та інші матеріали, що володіють високою здатністю наелектризовуватися від тертя. Щітки можуть бути виготовлені з повсті, капронової пряжі, скловолокна, щетини, сукна, хутра та інших матеріалів.

При обертанні дисків і терті їх про нерухомі щітки на поверхні дисків виникає статична електрика, а між дисками - електростатичне поле. Примусово направляються або вільно надходять в апарат частинки пилу потрапляють в електричне поле, внаслідок ефекту поляризації та наведення зарядів, притягуються поверхнею протилежно заряджених дисків, осаджуються на них і за допомогою щіток 4 зчищаються в пи́лозбірний бункер 5.

Електростатичне поле створюється нерухомими у просторі та незмінними у часі електричними зарядами, причому електричний струм відсутня. Воно є особливий вид матерії, що передає дії зарядів один на одного [4].

Електростатичний розряд відбувається при дуже високій напрузі та дуже низькому струмі. Напруга в десятки тисяч вольт і струм, що вимірюється тисячними частками ампера, настільки малий, що його неможливо відчутти. Саме низькі значення струму не дають статичному заряду завдати людині шкоди, що є великою перевагою тибоелектрофільтра.

Для запобігання стіканню наведених зарядів з поверхні дисків вал повинен бути виконаний з діелектрика або мати ізолюючі пристрої.



1 - корпус, 2 - диски-електроди, 3 - вал, 4 - щітки, 5 - бункер для пилу, 6 - редуктор, 7- електродвигун.

Рис. 1. Багатодисковий трибоелектрофільтр

Апарат може бути приєднаний до газоходу двома способами. Потік запиленого газу може проходити: I – перпендикулярно та II – вздовж осі обертання дисків. У другому випадку подача запиленого газу здійснюється через бічний штуцер. Газ проходить через радіальний зазор між першим (по ходу газу) диском та кожухом, потім рухається від периферії до центру між першим та другим диском. Далі газ проходить через центральні отвори у другому диску і прямує від центру до периферії між другим та третім диском. Таким способом газ проходить послідовно зазори між усіма дисками і через бічний штуцер виводиться з протилежного кінця фільтра. Для забезпечення руху газу через пиловловлювач у всіх парних дисках, в центральній частині їх робляться отвори для проходу газу, а зазор між цими дисками і кожухом фільтра повинен бути мінімальним. Непарні диски виконуються суцільними, а проміжок між диском і кожухом повинен забезпечити безперешкодний прохід газу.

При зняттю кожусі (рис. 2) пиловловлювач може бути встановлений у відкритому запиленому приміщенні або біля джерела виділення пилу. У цьому випадку частки притягуються до дисків з відстані до 3-5 м.

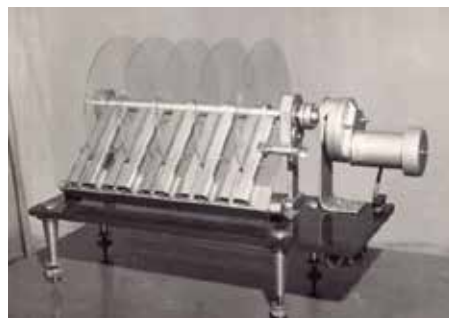


Рис. 2. Лабораторний трибоелектрофільтр відкритого типу.

Випробування показали, що апарат описаної конструкції інтенсивно вловлює пил різних речовин органічного та неорганічного походження: вугільний пил, золу, цемент, сажу, хлористий натрій, хлористий калій, сульфат натрію, кварц, фосфорити, суперфосфат, гіпс, борошно, сульфат амонію, вапняк, та багато інших

речовин. З органічних речовин добре вловлюються бавовняний, прядив'яний і джутовий пил, частинки інших текстильних волокнистих матеріалів, борошна, цукру, щавлевої кислоти, сечовини, сульфосолі та ін.

Математичні залежності для визначення оптимальних геометричних розмірів та співвідношень пиловловлювача.

1. Діаметр дисків залежить від продуктивності пиловловлювача і може бути визначений за емпіричною формулою:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{3600 \times V}} \text{ м,}$$

де: Q - кількість повітря, що очищається, м³/год;

V - швидкість повітря при проходженні через робочі органи апарату,

м/с; V = 0,5 - 2,0 м/с.

2. Відстань між дисками складає:

$$l = 0,2 \cdot D$$

3. Кількість дисків розраховується за формулою:

$$K = \frac{D}{l} \text{ шт,}$$

4. Швидкість обертання дисків визначають за формулою:

$$n = \frac{60 \times W}{\rho \times D}, \text{ мин}^{-1}$$

де: W – окружна швидкість диска (по опитним даним) w = 1-5 м/с.

При установці пиловловлювача у відкритих приміщеннях кількість дисків не обмежується.

З виведених формул, знайдено оптимальні геометричні розміри апарату. Для очищення 100 м³/год газу, що містить різні домішки, сконструйований лабораторний прототип, який має наступні розміри:

Діаметр дисків:

$$D = \sqrt{\frac{100}{3600 \times 0,5}} = 0,246 \text{ м}$$

D = 0,25 м.

Відстань між дисками:

$$l = 0,2 \cdot 0,25 = 0,05 \text{ м.}$$

Кількість дисків:

$$K = \frac{0,25}{0,05} = 5$$

Швидкість обертання дисків:

$$n = \frac{60 \times 1}{3,14 \times 0,25} = 77 \text{ мин}^{-1}.$$

Електростатичний фільтр складається з 5 дисків, виготовлених з органічного скла товщиною 5 мм та діаметром 250 мм. Відстань між дисками на валу 50 мм. Швидкість обертання дисків 77 хв^{-1} . Матеріал щіток - повсть. Для обертання ротора встановлено двигун 30 Вт. Результати випробувань фільтра для очищення 100 м^3 повітря наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати випробувань трибоелектрофільтра.

	Найменування пилу	Запиленість повітря, $\text{г}/\text{м}^3$		Ступінь очищення повітря
		вхід	вихід	
1	Цемент	1,5	0,013	99,8
2	Поварена сіль	2,3	0,01	99,6
3	Сечовина	3,2	0,01	99,8
4	Бавовняний пил	0,8	0,00	100,0
5	Суперфосфат	1,4	0,006	99,6
6	Амонійна селітра	2,8	0,006	96,8

Висновки. Випробування з'ясували, що трибоелектрофільтр здатний ефективно очищати гази від надзвичайно легких і дрібних частинок, розмір яких може бути менше $0,01 \text{ мкм}$, безпечно вловлювати легкозаймистий, вибухонебезпечний, струмопровідний пил при низькому тиску газу.

Робочі частини трибоелектрофільтра не схильні до впливу кислот, лугів та інших агресивних середовищ, так як виготовлені з матеріалів, стійких до корозії, в ньому не виникають небезпечні для здоров'я людини електромагнітні поля.

Собівартість та експлуатація трибоелектрофільтра нижче, ніж у електрофільтра, конструкція апарату проста у виготовленні, довговічна, надійна, безпечна в роботі, не вимагає встановлення високовольтного джерела живлення, застосування дефіцитних матеріалів, легко піддається ремонту, обслуговуванню та автоматизації.

Список використаних джерел

1. Павлов С.Б. Екологічний ризик для здоров'я населення // Медичні дослідження. 2001. Т. 1, вип. 1. С. 16–19.
2. Законодавство України про екологію / О. М. Роїна. 2-е вид. К.: КНТ, 2005. 488 с.
3. Патент на корисну модель №120641 Україна, МПК А47L 9/10, (2006.01), В04С 3/04 (2006.01). Трибоелектростатичний пиловловлювач / Кузнецов С.І. (Україна); Заявл.22.04.11; Опубл. 11.11.17, Бюл. №21, 2017.
4. М. Т. Бакка, В.В. Дорощенко. Очисні споруди і пристрої: Навчальний посібник - Житомир: ЖДТУ, 2005. 178 с.

УДК [631.147+631.8+631.42+631.81+504.06]

КОЛІЙНА СИСТЕМА ЗЕМЛЕРОБСТВА ЯК ТЕХНОЛОГІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АГРОВИРОБНИЦТВА

Кувачов В. П., д.т.н.,

Дружич В. М., аспірант,

Шевченко С. О., аспірант,

Зеленов К. О., аспірант

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Постановка проблеми. Сучасні виклики сталому розвитку агровиробництва – це сукупність проблем і тенденцій, які загрожують або ускладнюють досягнення економічної ефективності, екологічної рівноваги та соціальної відповідальності у сільському господарстві. До них можна віднести:

- Економічні виклики – нестабільність ринків і цін на сільськогосподарську продукцію; висока залежність від імпорتنих ресурсів – добрив, палива, техніки, запчастин; недостатнє фінансування інновацій і низький рівень інвестицій у технічне переоснащення фермерських господарств; конкуренція на світових ринках, яка змушує виробників знижувати собівартість, часто за рахунок сталості.

- Екологічні виклики – деградація ґрунтів через надмірне ущільнення, ерозію, неправильні технології обробітку; зміна клімату, що впливає на урожайність, зсуває агрокліматичні зони, збільшує ризики посух і паводків; забруднення води, повітря і ґрунтів агрохімікатами; втрати біорізноманіття через монокультури і розорювання природних територій.

- Технологічні виклики – необхідність цифровізації агросектору – впровадження точного землеробства, штучного інтелекту, систем моніторингу; складність інтеграції нових технологій у малі та середні господарства через брак коштів або фахівців; потреба в адаптації техніки до умов сталого землеробства – енергоефективність, мінімальне ущільнення, контроль викидів.

- Соціальні виклики – відтік молоді з села, старіння робочої сили; низький рівень освіти й підготовки кадрів у сфері сучасних агротехнологій; потреба у новій культурі ведення господарства, орієнтованій не лише на прибуток, а й на відповідальність перед природою і суспільством.

- Управлінські та політичні виклики – недосконалість державної аграрної політики у частині стимулювання сталих практик; відсутність чітких механізмів підтримки фермерів, які запроваджують екологічно дружні технології; неузгодженість наукових, освітніх і виробничих

програм, що ускладнює реалізацію принципів сталості.

Під впливом вказаних викликів перебуває сучасна землеробська галузь. Зокрема, глобальна деградація земельних ресурсів досягла критичного рівня: 30% світових ґрунтів уже деградовані, 52% орних земель перебувають під загрозою втрати родючості, а до 2050 року прогнозується зниження продуктивності ріллі на 10%. В Україні спостерігаються локальні прояви цих процесів – деградація та виснаження ґрунтів, втрата частини земельного фонду, а близько 5% сільськогосподарських угідь нині заміновано.

Енергетичні виклики визначаються залежністю аграрного виробництва від імпортних енергоресурсів і потенційними порушеннями енергопостачання. Перехід на відновлювані джерела енергії супроводжується технологічними й економічними труднощами, що потребують нових рішень у сфері механізації, логістики та енергоефективності.

Кліматичні зміни проявляються через зростання частоти екстремальних погодних явищ, зміну температурно-вологісного режиму, підвищення рівня морів і трансформацію агрокліматичних зон. Це спричиняє втрати агробіорізноманіття, поширення інвазійних видів, забруднення водних і земельних ресурсів, лісові пожежі та інші екологічні стресори, що знижують стабільність агровиробництва.

Технологічні та ресурсні обмеження традиційних систем механізації посилюють екологічний дисбаланс. Висока енерго- та металоємність машин спричиняє перевитрату ресурсів, підвищене ущільнення ґрунтів, зниження енергетичної ефективності, обмежену автоматизацію процесів і низьку інтегрованість у технології точного землеробства.

Соціально-економічні аспекти також залишаються гострими. Ускладнення кадрового забезпечення агровиробництва пов'язане з низьким престижем праці механізаторів і дефіцитом технічних фахівців. Водночас у світлі відновлення економіки України очікується масштабне інвестування в агропромисловий сектор обсягом до 85 млрд доларів США, що створює унікальне вікно можливостей для переосмислення технічної політики, впровадження сучасних сталих технологій і формування інноваційної моделі агровиробництва.

Таким чином, актуальним завданням є пошук технологічних рішень, що одночасно підвищують ефективність, зменшують техногенне навантаження і забезпечують екологічну стійкість. Одним із таких перспективних напрямів є колійна система землеробства (Controlled Traffic Farming, CTF) – технологія, яка базується на розмежуванні зон руху техніки та вирощування культур, що дозволяє зберігати структуру ґрунту, підвищувати енергоефективність і забезпечувати сталий розвиток агровиробництва.

Основні матеріали. Сучасні концептуальні підходи до мінімізації ризиків у землеробській механіці передбачають комплекс заходів,

спрямованих на оцінку екологічних аспектів машин та поширення сучасної техніки, розробленої відповідно до нових критеріїв екологічності та контролю. Ці пропозиції відображають прагнення запобігти глобальним екологічним катастрофам через перехід від ідеології споживання до ощадно-природного користування природними ресурсами.

Зокрема, наголос робиться на використанні найсучасніших технологій вирощування та переробки сільськогосподарської продукції, які поєднують підвищення ефективності виробництва із збереженням довкілля. Впровадження технологій гарантовано адаптивного управління у системі диференційованого (точного), кліматично-розумного землеробства дозволяє оптимізувати використання ресурсів, мінімізувати негативний вплив на ґрунти та екосистеми й підвищувати стійкість агровиробництва.

На основі аналізу сучасних джерел, зокрема FAO, Global Soil Partnership та Рекомендацій Всесвітньої цільової групи зі стратегії розвитку механізації сільського господарства (Болонський клуб), можна визначити чіткий тренд у сталому розвитку землеробської механіки: інтеграція екологічно безпечних машин і технологій, цифровізації, точного землеробства та кліматично-адаптивного управління, що забезпечує збалансований розвиток агросектору та охорону природних ресурсів.

За нашими прогнозами, колійна система землеробства є ключовою технологією сталого розвитку агровиробництва. Землеробство з використанням постійних технологічних колій – Controlled Traffic Farming (CTF) – передбачає чітке розділення площі поля на зони руху техніки (технологічні зони) та зони вирощування рослин (агротехнічні зони) (рис. 1, 2). Така організація площі поля дозволяє знижувати антропогенне навантаження на ґрунт, оптимізувати технологічні процеси та забезпечувати раціональне використання ресурсів.



Рис. 1. Колійна система землеробства з використанням традиційних машинно-тракторних агрегатів



Рис. 2. Колійна система землеробства з використанням ширококолієних (мостових) тракторів

CTF є не просто системою руху техніки, а цілісною технологічною концепцією, яка поєднує технічні, організаційні та екологічні рішення.

Вона визначається як ключовий напрям сталого розвитку агровиробництва, оскільки охоплює енергоефективність, збереження структури та родючості ґрунтів, зниження витрат на виробництво, мінімізацію негативного впливу на довкілля.

Таким чином, колійна система землеробства є стратегічним напрямом сучасної науки та практики, що інтегрує технологічні інновації з принципами сталого та екологічно безпечного агровиробництва.

Подальші дослідження у сфері Controlled Traffic Farming (CTF) спрямовані на комплексне вивчення та вдосконалення технології з урахуванням українських умов та міжнародних стандартів сталого розвитку. Основні напрями включають [1-18]:

1. Адаптацію технології CTF до умов України – врахування кліматичних, ґрунтових та агрономічних особливостей українських агропідприємств.

2. Технічне забезпечення CTF – розробка та вдосконалення машин, обладнання та технічних рішень для ефективної реалізації технології.

3. Дослідження впливу CTF на фізичні властивості ґрунтів – оцінка змін щільності, структури та родючості ґрунтів під впливом постійних технологічних колій.

4. Цифровізація та інтеграція з технологіями точного землеробства – впровадження сенсорів, GPS, дронів та систем адаптивного управління для підвищення точності й ефективності.

5. Економічна ефективність CTF та ресурсощадження – аналіз витрат, енергозбереження та оптимізація використання ресурсів.

6. Освітні та управлінські аспекти впровадження CTF – підготовка фахівців, навчальні програми та управлінські моделі для успішної інтеграції технології.

7. Оцінка внеску CTF у досягнення цілей сталого розвитку ООН – вимірювання екологічного, соціального та економічного ефекту від впровадження технології на національному та глобальному рівнях.

Ці напрями визначають комплексну наукову та практичну програму для впровадження CTF як технології сталого розвитку агровиробництва, що поєднує інновації, ефективність та екологічну безпеку.

Висновки. Сталий розвиток землеробської механіки визначається інтеграцією екологічно безпечних технологій, адаптивного управління та точного землеробства, що дозволяє одночасно підвищувати продуктивність і зберігати природні ресурси.

Колійна система землеробства (CTF) є ключовою технологією сталого розвитку агровиробництва, оскільки забезпечує чітке розділення зон руху техніки та зон вирощування рослин, знижує антропогенне навантаження на ґрунт, оптимізує технологічні процеси та раціонально використовує ресурси.

СТФ являє собою цілісну технологічну концепцію, що поєднує технічні, організаційні та екологічні рішення, забезпечує енергоефективність, збереження структури та родючості ґрунтів, зниження виробничих витрат і мінімізацію негативного впливу на довкілля.

Актуальні напрями досліджень СТФ включають адаптацію технології до умов України, технічне забезпечення, цифровізацію та інтеграцію з точним землеробством, оцінку впливу на фізичні властивості ґрунтів, економічну ефективність та ресурсоощадження, освітні та управлінські аспекти, а також внесок у досягнення цілей сталого розвитку ООН.

Аналіз сучасних джерел (FAO, Global Soil Partnership, Рекомендації Всесвітньої цільової групи зі стратегії розвитку механізації сільського господарства) свідчить про чіткий тренд інтеграції технологічних інновацій, екологічної безпеки та цифровізації у розвитку землеробської механіки, що формує основу для сталого, ефективного та екологічно відповідального агровиробництва.

Список використаних джерел

1. Bulgakov V., Olt J., Pascuzzi S., Kuvachov V. та ін. Study of the controlled motion process of an agricultural wide span vehicle fitted with an automatic driving device. *Agronomy Research*. 2023. Vol. 20(3). P. 502–518.

2. Beloev H., Bulgakov V., Adamchuk V., Kuvachov V. та ін. Research and justification of running wheels tire parameters of bridge-type transport energy vehicle. *AIP Conference Proceedings*. 2022. Vol. 2570. e040009.

3. Bulgakov V., Nikolaenko S., Pascuzzi S., Kuvachov V. та ін. Theoretical Studies of the Relationship Between the Parameters of the Bridge Tractor and the Engineering Area of the Field. *Lecture Notes in Civil Engineering* [this link is disabled](#). 2023. Vol. 289. P. 49–59.

4. Bulgakov V., Olt J., Pascuzzi S., Kuvachov V. та ін. Theoretical research of gantry tractor turning. *Proceedings of the 33rd DAAAM International Symposium*. Vienna, Austria. 2022. P. 0380–0389.

8. Булгаков В. М., Адамчук В. В., Солоня О. В., Кувачов В. П. Оцінювання енергонасиченості ширококолієвих (портальних) транспортних засобів сільськогосподарського призначення. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2021. № 4 (103). С.15–25.

10. Adamchuk V., Bulgakov V., Ivanovs S., Kuvachov V., Kaminskii V., Chernysh O. Study of passive steering of wide span vehicles with power-driven steering method. *Engineering for Rural Development*. 2023. Vol. 22. 588–595. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2023.22.TF121>

12. Bulgakov V., Ivanovs S., Kuvachov V., Adamchuk V., Kaminskiy V. Study of the turning process of the bridge type machines. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2023. Vol. 70(2). P. 232–239. <https://doi.org/10.35633/inmateh-70-23>

14. Kuvachov V., Ihnatiev Y., Mitkov V., Boltianskyi B., Sharova T. Research on the properties of Wide Span Vehicle in Controlled Traffic Farming. *E3S Web of Conferences*. 2024. Vol. 508. e08005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450808005>

16. Bulgakov V., Aboltins A., Adamchuk V., Kuvachov V. та ін. Investigation of wide span vehicle technological part suspension system compacting impact on soil. *Engineering for Rural Development*. 2024. Vol. 23. P. 513–521. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF098>

17. Bulgakov V., Aboltins A., Adamchuk V., Kuvachov V. [et aal.]. Investigation of wide span vehicle technological part movement stability. *Engineering for Rural Development*. 2024. Vol. 23. P. 522–530. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF099>

18. Olt J., Bulgakov V., Adamchuk V., Kuvachov V. [et al.]. Theoretical study of the movement of the wide span machine in quasi-static turning mode. *Agronomy Research*. 2024. Vol. 22(1). P. 217–226. <https://doi.org/10.15159/AR.24.042>

УДК 663.8:664.8.037

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ СТВОРЕННЯ НАПОЇВ НА ОСНОВІ ЯГІД І ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН

Зубкова К. В., к.т.н., доц.

Стоянова О. В., к.т.н., доц.

Победря К. С., здобувач ОКР «Магістр»

Стельмашенко І. В., здобувач ОКР «Бакалавр»

*Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький,
Україна*

Постановка проблеми. Підвищення якості життя та зростання частки населення старшого віку актуалізує потребу у продуктах, здатних підтримувати обмінні, когнітивні та судинні функції організму. Водночас сучасні тенденції харчової промисловості орієнтовані на натуральність, м'яку обробку та мінімізацію добавок синтетичного походження. У цьому контексті перспективним напрямом є створення напоїв геродієтичного спрямування на основі рослинної сировини, багатой на антиоксиданти природного походження.

Основні матеріали дослідження. Згідно розглянутих досліджень, антоціани чорниці проявляють антиоксидантну та нейропротекторну дію, впливають на поліпшення мікроциркуляції та пам'яті [1–3]. Екстракти м'яти перцевої (*Mentha piperita* L.) характеризуються

високим вмістом ериоцитрину та розмаринової кислоти, що зумовлює їх антиоксидантні й ароматичні властивості [4]. Звіробій звичайний (*Hypericum perforatum* L.) містить гіперіцин, гіперфорин і флавоноїди, яким приписують адаптогенну та заспокійливу дію [5]. Огляд наукових досліджень, наведених в публікаціях [6–8] свідчить, що поєднання ягідних соків із фітокомпонентами дає можливість збалансувати смаковий профіль і підвищити антиоксидантний потенціал напою.

Метою роботи було обґрунтування складу та технологічних параметрів виробництва напою геродієтичного спрямування на основі чорничного соку з екстрактами м'яти та звіробою, спрямованого на збереження біоактивних сполук і поліпшення органолептичних властивостей. Основною сировиною слугував сік чорниці, екстракти м'яти й звіробою, лимонна й аскорбінова кислоти, пектин та питна вода. Екстракти готували водно-етанольним методом із контролем температури 80–85 °С. Теплову обробку проводили у режимі HTST (78–82 °С, 25–30 с). У отриманому продукті досліджували вміст сухих речовин, кислотність, антоціани, фенольні сполуки, колір, мутність і органолептичні показники, які відповідали нормативним вимогам.

Результати. Встановлено, що оптимальне співвідношення компонентів (65 % соку чорниці, 4 % екстракту м'яти, 2,5 % екстракту звіробою) забезпечує збалансований смак, приємний аромат і насичений колір. Збереження антоціанів після 60 діб охолодженого зберігання становить 85 %, фенольних сполук — 90 %. Напій характеризується високою прозорістю (≤ 40 NTU) і стабільністю кольору ($A_{520} = 1,05$).

Висновки. Обґрунтовано доцільність використання чорничного соку з екстрактами м'яти та звіробою для створення напою геродієтичного спрямування. Встановлено вплив кислотності та теплових режимів на стабільність антоціанів і фенольних сполук. Запропоновано технологічну схему з короткочасною пастеризацією, яка забезпечує збереження біоактивних речовин і привабливі органолептичні властивості готового продукту.

Список використаних джерел

1. Chen Y., Cao S., Fang X. Blueberry (*Vaccinium* spp.) Anthocyanins and Their Functions. *Foods*. 2024. Vol. 13, No. 17. P. 2851.
2. Bontempo L., Scampicchio M., Paolini M. Health Benefits of Blueberries and Their Bioactive Compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020.
3. Wang B. C., He R., Li Z. M. The Stability and Antioxidant Activity of Anthocyanins from Blueberry. *Food Technol. Biotechnol.* 2009. Vol. 47(2). P. 186–193.
4. Greenhill M., Solomon J. Leveraging Mint Beverages to Meet Consumer “Positive Nutrition” Demands. *Perfumer & Flavorist*, 2024.
5. Yilmazoglu E., Hasdemir I. M., Hasdemir B. Recent Studies on

Antioxidant and Ethnobotanical Uses of *Hypericum perforatum* L. *JOTCSA*. 2022. Vol. 9(2). P. 373–394.

6. Ang C. Y. W. Instability of St. John's Wort (*Hypericum perforatum* L.) and Degradation of Hyperforin. *J. Agric. Food Chem.* 2004. Vol. 52(2). P. 411–417.

7. Cisse M., Vaillant F., Dhuique-Mayer C. Thermal Degradation Kinetics of Anthocyanins from Blood Orange Juices. *J. Food Eng.* 2009. Vol. 91(4). P. 499–505.

8. Patras A., Brunton N. P., Tiwari B. K. Effect of Thermal Processing on Anthocyanin Stability in Foods. *Trends Food Sci. Technol.* 2010. Vol. 21(1). P. 3–11.

УДК 631.363.4:66.095.26:532.135

МЕХАНІКО-РЕОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ПОВЕДІНКИ КОРМОВИХ МАТЕРІАЛІВ У ПРОЦЕСІ ЗМІШУВАННЯ

Купчук І. М., к.т.н., доц.

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Вступ. На попередніх етапах наукових досліджень виконаних на базі лабораторій кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК у межах тематики механіко-технологічних основ процесу змішування кормів було здійснено класифікаційний аналіз реологічних типів поведінки сировини різного фізичного стану. Узагальнено основні групи матеріалів (фрикційно-гранульовані, когезійно-фрикційні, квазіпластичні, в'язкопластичні) залежно від співвідношення сил тертя, когезії та внутрішнього опору зсуву. Така типологічна систематизація дала змогу визначити зв'язок між фізичним станом корму, його структурно-механічними властивостями та характером руху в робочому об'ємі змішувача, що створило методологічне підґрунтя для подальшого аналітичного моделювання.

Наступним етапом дослідження є поглиблений аналіз механіко-реологічних моделей, що описують закономірності переходу кормових матеріалів від пружного стану до в'язкопластичного плинучого під дією зсувних навантажень. У цьому контексті моделі Мора–Кулона, Дженіке, Гершеля–Балклі та Бінгема–Шведова становлять теоретичну основу для кількісного опису процесів накопичення, зриву зсувних зв'язків і дисипації енергії в неоднорідних середовищах із різним ступенем когезійно-фрикційних взаємодій.

Метою досліджень є формування узагальненої системи механіко-реологічних моделей поведінки кормових матеріалів у процесі

змішування, що враховує особливості їхнього деформування, когезійно-фрикційних взаємодій і в'язкопластичного плину, як теоретичної основи для подальшого розвитку математичних моделей змішування та підвищення енергоефективності машин.

Основні матеріали дослідження. Фрикційно-гранульовані кормові матеріали (зерно, комбікормові гранули, подрібнені сухі суміші) є дисперсними середовищами з множинними контактами між частинками, для яких характерне поєднання пружних, фрикційних і в'язких властивостей (рис. 1, а). Їхня механічна реакція на зсувні навантаження описується критерієм міцності Мора–Кулона, що визначає граничне напруження зсуву залежно від когезії матеріалу, нормального напруження та кута внутрішнього тертя:

$$\tau_y = c + \sigma \tan \varphi, \quad (1)$$

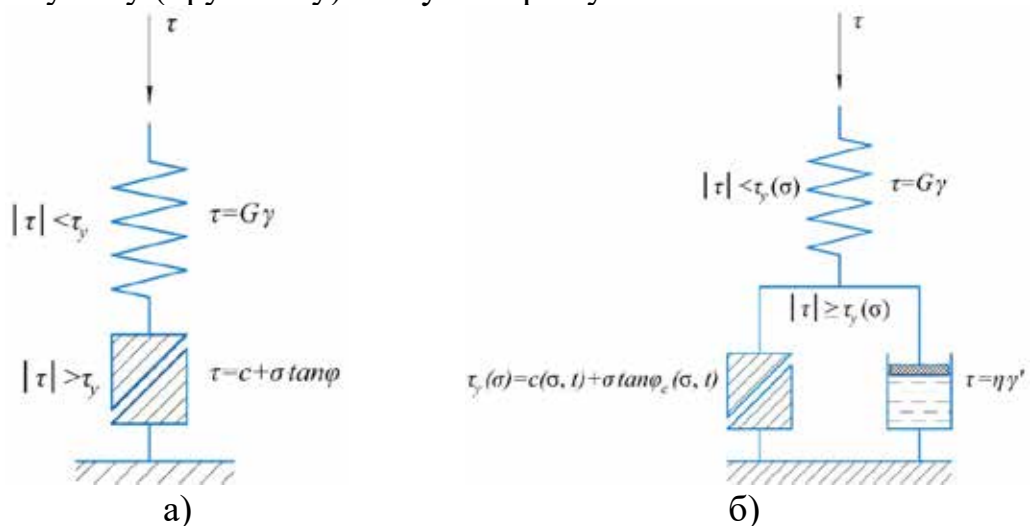
де c – когезія, Па; σ – нормальне напруження, Па; φ – кут внутрішнього тертя, град [1].

До моменту досягнення цього порогу кормова маса поводить себе як пружне тіло, підкоряючись закону Гука [1]:

$$\tau = G\gamma, \quad (2)$$

де G – модуль зсуву, Па; γ – відносна деформація зсуву.

На цій стадії формується стійкий зернистий каркас, у якому частинки взаємодіють переважно через сили тертя в місцях контактів. Енергія зовнішнього навантаження накопичується у вигляді пружних деформацій без утворення зсувних площин, що відповідає передтекучому (пружному) стану матеріалу.



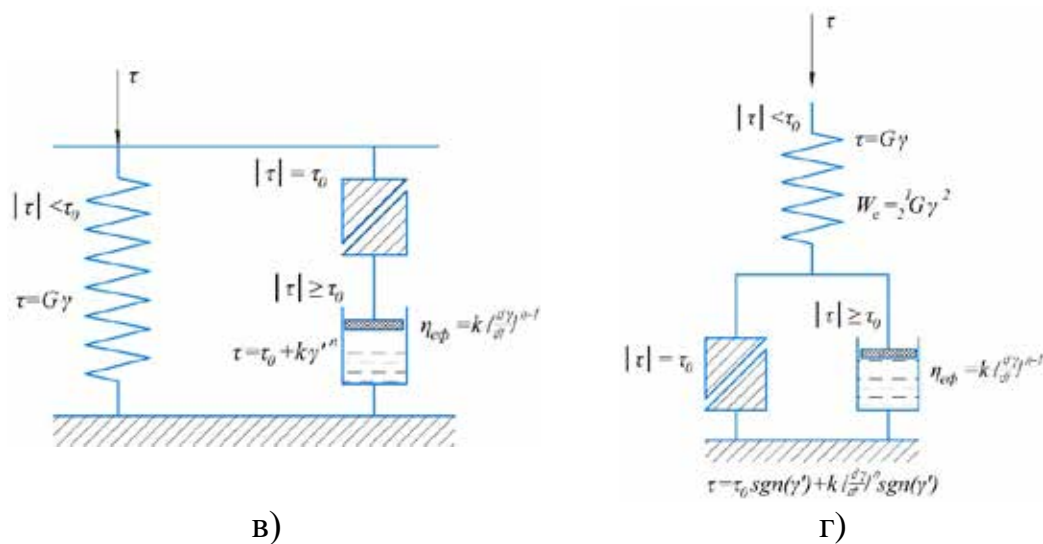


Рис. 1. Механічні аналоги реологічних моделей кормових матеріалів у процесі змішування: а) модель Мора-Кулона для фрикційно-гранульованих кормових матеріалів; б) модель Дженіке для когезійно-фрикційних кормових матеріалів; в) модель Гершеля-Балклі для структурованих кормових матеріалів; г) модель Бінгема-Шведова для в'язкопластичних кормових матеріалів

Коли напруження досягає критичного рівня $|\tau| > \tau_y$, у структурі матеріалу відбувається зрив зернистого каркаса, картина контактів між частинками порушується, виникають локальні площини зсуву. Цей граничний момент відповідає перехідному стану, коли матеріал починає втрачати стійкість і з'являються перші ознаки ковзання. Пружна енергія, накопичена в системі, частково перетворюється на кінетичну, а частково – розсіюється у вигляді тепла через мікроскопічне тертя [2]. Модель Мора-Кулона у цьому випадку є базовою апроксимацією, що адекватно описує фрикційний механізм зсуву, тоді як вплив вологості та когезії потребує подальшого уточнення за допомогою узагальнених моделей.

Для когезійно-фрикційних кормових матеріалів (DDGS, вологі комбікорми та дрібнодисперсні зернові суміші) характерна релаксаційна динаміка зсуву, зумовлена поєднанням міжчастинкових когезійних і фрикційних взаємодій [1; 2]. На відміну від сипких гранульованих систем, у яких втрати стійкості контактів відбуваються миттєво, ці матеріали проявляють залежність граничної міцності від ступеня ущільнення, вологості та тривалості дії навантаження [3; 4].

Реологічно така поведінка описується моделлю Дженіке (рис. 1, б), що розвиває критерій Мора-Кулона шляхом врахування впливу попередньої консолідації матеріалу на параметри когезії c і кута внутрішнього тертя φ_c [4]. Граничне напруження зсуву визначається рівнянням:

$$\tau_y(\sigma) = c(\sigma_c, t) + \sigma \tan \varphi_c(\sigma_c, t), \quad (3)$$

де τ_y – межа текучості, Па; $c(\sigma_c, t)$ – ефективна когезія матеріалу, що залежить від стану ущільнення σ_c та часу дії навантаження t , Па; φ_c – ефективний кут внутрішнього тертя, град; σ – нормальне напруження, Па.

Ключовим параметром є функція текучості Дженіке:

$$f_{fc} = \frac{\sigma_1}{\sigma_c}, \quad (4)$$

яка характеризує співвідношення між головним напруженням при руйнуванні (σ_1) та напруженням після консолідації (σ_c) [4] і відображає ступінь “текучості” матеріалу: $f_{fc} > 10$ – вільнотекучі, $4 < f_{fc} < 10$ – помірно текучі, $2 < f_{fc} < 4$ – когезійні, $f_{fc} < 2$ – сильно злежувані матеріали [1, 4].

Реологічна поведінка кормових матеріалів, таких як сінаж, подрібнена солома чи люцерна, описується моделлю Гершеля–Балклі (рис. 1, в), яка адекватно відображає їхню пружно-в'язкопластичну природу.

На початковій стадії процесу, коли зовнішнє зусилля менше за τ_0 , матеріал поводить себе як пружне тіло, аналогічне тілу Гука, в якому напруження τ зростає пропорційно деформації γ (2). Після досягнення межі текучості, коли $\tau = \tau_0$ починається руйнування міжчастинкових зв'язків – частинки починають ковзати одна відносно одної, і система переходить у пластичний режим.

У цей момент система переходить у режим нелінійної в'язкості, який описується рівнянням:

$$\tau = \tau_0 + k \dot{\gamma}^n, \quad (5)$$

де k – коефіцієнт консистенції, Па·с ^{n} ; n – показник поведінки потоку. При $n < 1$ спостерігається псевдопластична поведінка, коли ефективна в'язкість зменшується зі зростанням швидкості зсуву, що характерно для волокнистих кормових матеріалів (сінаж, люцерна), які «розріджуються» під час змішування. При $n > 1$ реалізується дилатантна поведінка, за якої ефективна в'язкість зростає із швидкістю зсуву – така залежність властива високо концентрованим пастоподібним системам [5; 6].

На стадії в'язкоплинного режиму ($\tau > \tau_0$) частинки суміші рухаються хаотично, утворюючи зсувні шари з різною швидкістю. В'язкість стає ефективною величиною, що залежить від $\dot{\gamma}$:

$$\eta_{\text{еф}} = \frac{\tau - \tau_0}{\dot{\gamma}} = k \dot{\gamma}^{n-1}. \quad (6)$$

Після припинення зовнішнього навантаження в матеріалі відбувається часткове відновлення форми за рахунок еластичних зв'язків (елемент пружини) та дисипація накопиченої енергії через внутрішнє тертя, яке реалізує демпфер.

Пастоподібні кормові матеріали (буряковий жом, барда, патока, вологі побічні продукти) характеризуються значною вологістю, внутрішньою когезією та наявністю міжчастинкових зчеплень

капілярного й колоїдного типу. Реологічна поведінка пастоподібних кормів адекватно описується моделлю Бінгема-Шведова (рис. 1, г), що поєднує пружну реакцію тіла Гука до моменту досягнення порогу τ_0 та подальшу нелінійну течію з показником n , який визначає тип поведінки потоку. Узагальнене рівняння має вигляд:

$$\tau = \tau_0 \operatorname{sgn}(\dot{\gamma}) + k |\dot{\gamma}|^n \operatorname{sgn}(\dot{\gamma}), \quad (|\tau| \geq \tau_0), \quad (7)$$

де $\operatorname{sgn}(\dot{\gamma})$ – функція знаку, що визначає напрямок зсуву ($\operatorname{sgn} > 0$ – прямий, $\operatorname{sgn} < 0$ – зворотний).

На початковій стадії процесу, при $|\tau| < \tau_0$ матеріал поводить себе як пружне тіло, а реологічна поведінка описується законом Гука. У цій області деформація є оборотною, а частинки, з'єднані між собою капілярними й когезійними силами, лише змінюють свої відносні положення без руйнування структури. Поступове збільшення навантаження приводить до моменту, коли $|\tau| = \tau_0$, що позначає початок руйнування когезійної контактної структури, при якому у системі з'являються площини зсуву, а накопичена енергія частково розсіюється через внутрішнє тертя. Після перевищення цього порогу матеріал переходить у в'язкопластичний режим, що описується нелінійною залежністю між напруженням і швидкістю зсуву. Ефективна в'язкість у цьому випадку визначається рівнянням (6).

Сумарна деформація та швидкість деформування у процесі змішування складається з пружної та пластичної складових:

$$\gamma = \gamma_e + \gamma_{vp}; \quad \dot{\gamma} = \dot{\gamma}_e + \dot{\gamma}_{vp}; \quad (8)$$

$$\dot{\gamma}_e = \frac{\dot{\tau}}{G}; \quad \dot{\gamma}_{vp} = \begin{cases} 0, & |\tau| < \tau_0 \\ \left[\frac{|\tau| - \tau_0}{k} \right]^{\frac{1}{n}} \operatorname{sgn}(\tau), & |\tau| \geq \tau_0 \end{cases} \quad (9)$$

Енергетичний аспект реологічного процесу описується рівнянням питомої потужності дисипації, що характеризує інтенсивність перетворення механічної енергії зсуву у теплоту внаслідок внутрішнього тертя [8]:

$$P_d = \tau \dot{\gamma} = \tau_0 \dot{\gamma} + k \dot{\gamma}^{n+1}, \quad (10)$$

Перший доданок у (10) відображає енергію, витрачену на подолання межі текучості, тоді як другий характеризує втрати, пов'язані з в'язкою течією. Для забезпечення енергоефективності процесу змішування необхідно вибирати такі режими $\dot{\gamma}$, при яких співвідношення $P_d/\dot{\gamma}$ досягає мінімуму – це гарантує, що більша частина енергії спрямовується на гомогенізацію, а не на внутрішнє нагрівання або руйнування структури [9].

Після припинення зовнішнього навантаження матеріал проявляє пружно-в'язкопластичну релаксацію, у ході якої частина накопиченої деформації γ_e відновлюється за рахунок пружних зв'язків, тоді як залишкова деформація $\gamma_r = \gamma - \gamma_e$ зберігається внаслідок структурної пам'яті середовища. Зменшення напруження у часі можна описати

диференціальним рівнянням типу Максвелла [7, 9]:

$$\frac{d\tau}{dt} + \frac{G}{\eta_{\text{еф}}} \tau = 0, \quad (11)$$

розв'язок якого має вигляд:

$$\tau(t) = \tau_0 e^{-t/t_r}, \quad (12)$$

де $t_r = \eta_{\text{еф}}/G$ — час релаксації, який характеризує швидкість відновлення пружного стану. Для пастоподібних кормових систем (буряковий жом, меляса, вологі побічні продукти) значення t_r зазвичай перебуває в межах 2-10 с, що забезпечує стабільність структурного стану матеріалу між циклічними навантаженнями шнека змішувача.

Таким чином, пастоподібні кормові системи належать до типових в'язкопластичних матеріалів із порогом текучості та змінною ефективною в'язкістю. Їхній механіко-технологічний опис відображає закономірну послідовність переходів – від пружної реакції через руйнування структури й розвиток течії до релаксаційного відновлення. Ця динаміка кількісно описується рівняннями (8)-(14), що дають можливість обґрунтовано прогнозувати енерговитрати, швидкість гомогенізації та стабільність структури суміші в процесі роботи кормозмішувача.

Висновки. Узагальнено механіко-реологічні моделі поведінки кормових матеріалів різної природи, що дало змогу відобразити закономірності переходу від пружного стану до в'язкопластичного плинину під дією зсувних навантажень у процесі змішування. Показано, що моделі Мора–Кулона, Дженіке, Гершеля–Балклі та Бінгема–Шведова утворюють взаємопов'язану систему, у якій кожна з них описує характерну область структурно-механічних станів кормових сумішей – від сухих гранульованих до пастоподібних когезійних матеріалів. Встановлено, що їхня поведінка визначається взаємодією пружних, когезійно-фрикційних і в'язких властивостей, які формують комплексні енергетичні залежності між напруженням, швидкістю зсуву та дисипацією енергії. Сформована система рівнянь забезпечує кількісне прогнозування енерговитрат, інтенсивності гомогенізації та стабільності структури суміші, що відповідає поставленій меті дослідження та створює наукове підґрунтя для розроблення енергоефективних математичних моделей і оптимізації конструкцій кормозмішувачів. Перспективи подальших досліджень полягають у експериментальній ідентифікації реологічних параметрів (τ_0 , k , n , G , η) для різних типів кормів та моделюванні нерівномірності поля швидкостей у робочому об'ємі змішувачів.

Список використаних джерел

1. Schulze D. Powders and Bulk Solids: Behavior, Characterization, Storage and Flow. 2-nd ed. Cham: Springer, 2021. XVII, 625 p. ISBN 978-3-030-76719-8. DOI: 10.1007/978-3-030-76720-4.
2. Cares-Pacheco M.G., Falk V. A phenomenological law for complex

granular materials from Mohr-Coulomb theory. *Advanced Powder Technology*. 2023. Vol. 34, Is. 1. 103888. DOI: 10.1016/j.appt.2022.103888.

3. Macri D., Chirone R., Salehi H. et. all. Characterization of the Bulk Flow Properties of Industrial Powders from Shear Tests. *Processes*. 2020. Vol. 8(5), 540. DOI: 10.3390/pr8050540

4. Jenike A. W. Storage and Flow of Solids. Bulletin No. 123. University of Utah, Salt Lake City, 1964. 206 p.

5. Bonn D., Denn M. M., Berthier L., Divoux T., Manneville S. Yield stress materials in soft condensed matter. *Reviews of Modern Physics*. 2017. Vol. 89, No. 3, 03500551. DOI: 10.1103/RevModPhys.89.035005

6. Khan M., More R. V., Brandt L., Ardekani A. M. Rheology of dense fiber suspensions: Origin of yield stress, shear thinning, and normal stress differences. *Physical Review Fluids*. 2023. Vol. 8, 064306. DOI: 10.1103/PhysRevFluids.8.064306

7. Steffe J. F. Rheological Methods in Food Process Engineering. 3rd ed. East Lansing: Freeman Press, 2019. 416 p.

8. Chhabra R. P., Richardson J. F. *Non-Newtonian Flow and Applied Rheology: Engineering Applications*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008. 519 p. DOI: 10.1016/B978-0-7506-8532-0.X0001-7

9. Coussot P. *Rheometry of Pastes, Suspensions and Granular Materials: Applications in Industry and Environment*. Springer Nature, 2006. 279 p. DOI: 10.1007/S00397-006-0118-Y.

УДК 631.362.5:621.867.3

АКТУАЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ФЕНОТИПУВАННЯ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ

Черній О. А., ст. викл., здоб. НС доктора філософії
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м.Дніпро,
Україна*

Постановка проблеми. Важливість такої сільськогосподарської рослини як соняшник (*Helianthus annuus* L.) важко переоцінити. Завдяки своїм позитивним властивостям та селекційній роботі вчених, світове виробництво цієї культури має тенденцію до зростання [1]. На рис. 1 приведено динаміку валового збору насіння соняшнику (млн. т) по рокам (1974-2025 роки) у світі.

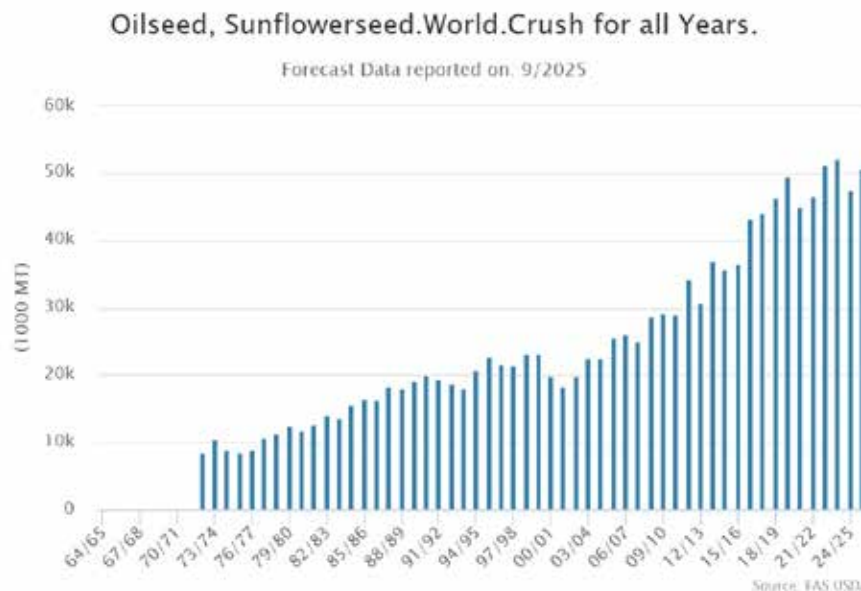


Рис.1. Динаміка валового збору насіння соняшнику у світі (млн.т) [1]

Серед десятки країн світу, що найбільше виробляють насіння соняшнику, знаходиться і Україна. На рис. 2 представлено діаграму, що вказує на відсоток площі вирощування соняшнику по десяти світовим країнам-лідерам. Валовий збір насіння соняшнику (млн. т) в Україні по роках представлено на рис. 3.

Основні матеріали дослідження. Аналізуючи приведені статистичні дані, можна стверджувати, що Україна при 19,7% світової площі вирощування соняшнику виробляє 24,5% валового збору світового насіння соняшнику. В країнах Європейського Союзу (ЄС) ці дані відповідно становлять 15,9% та 16,0%.

Однією з причин таких показників є підвищення врожайності вирощування соняшнику. Україна має великий потенціал для зростання врожайності за рахунок якості ґрунтів, умов клімату та селекційної роботи з виготовлення якісного насінневого матеріалу. Тому насінництво, щодо культури соняшнику в Україні, має великі перспективи та потребує розвитку. На сьогодні, Україна, на жаль, відстає від інших країн світу по виробництву високоякісного насінневого матеріалу соняшника [2]. Аграрії України забезпечені якісним кондиційним посівним матеріалом лише на 5-8%. Натомість в Польщі цей показник становить 18%, Німеччині– 43%, Данії, Нідерландах, Швеції– 75-90% [2]. Щоб сприяти розвитку насінництва

Top 10 Countries for Oilseed, Sunflowerseed.World.Area Harvested

Forecast Data reported on: 9/2025

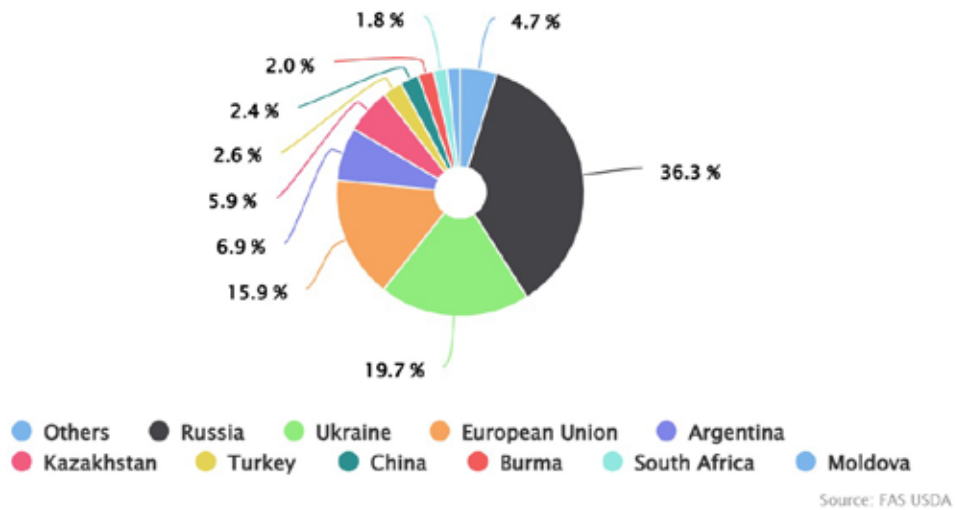


Рис. 2. Діаграма часток світових посівних площ соняшнику [1]

Oilseed, Sunflowerseed.Ukraine.Crush for all Years.

Forecast Data reported on: 9/2025

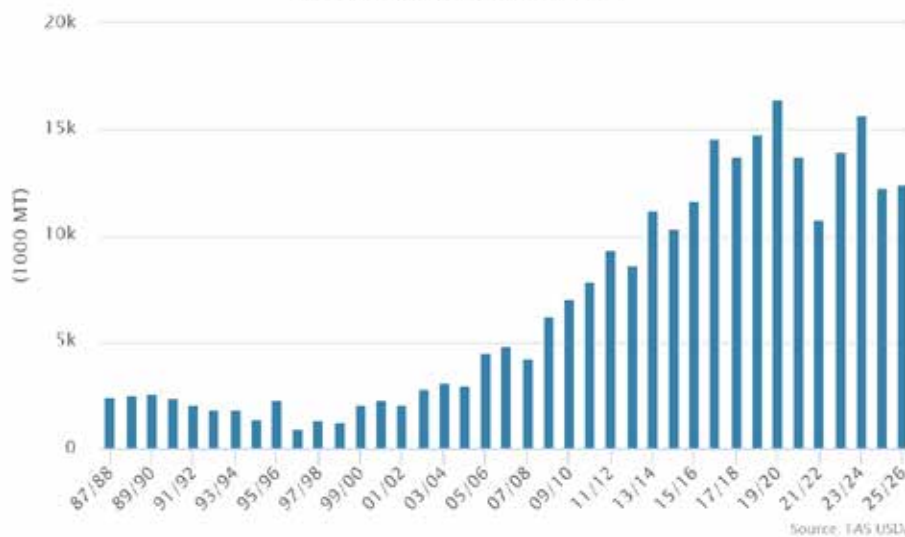


Рис. 3. Динаміка валового збору насіння соняшнику в Україні (млн. т) [1].

в Україні, розроблено ряд Законів України [2]: «Про насіння та садивний матеріал», «Про охорону прав на сорти рослин», «Про карантин рослин»; державні стандарти: ДСТУ 2240-93 «Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості», ДСТУ 4138-2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості»; створено «Державний реєстр сортів рослин України» та «Державний реєстр виробників насіння та садивного матеріалу». За для гармонізації з ЄС (Європейського Союзу) законодавства у сфері насінництва, Верховною Радою України прийнято у 2023 році Закон України «Про охорону прав на сорти рослин».

Основними виробниками посівного насіння в світі на сьогодні являються такі фірми як: Corteva Agriscience (DowDuPont) (США), Monsanto/Bayer, BASF, KWS (Німеччина), Limagrain, RAGT Semences, Euralis Semence InVivo, Florimond Desprez (Франція), Enza Zaden і Bejo Zaden, Barenbrug, Rijk, Zwaan (Нідерланди), Syngenta (ChemChina), Beidahuang Kenfeng Seed, Iong Ping High-Tech (Китай), Takii Seed, Sakata Seed (Японія), Advanta Seeds (UPL) (Індія) [3]. В Україні у 2024 році, з середньорічною посівною площею соняшнику близько 7 млн. га [4], задекларовано виробництво близько 34,6 тис. т, або 9,6 млн п.о. насінневого матеріалу цієї культури [5]. Також в Україну імпортується значна частина посівного матеріалу соняшника і в 2023 році було завезено 16,4 тис. т (4,5 п.о.).

Але, на жаль, на сьогодні в Україні зберігається тенденція зменшення виробництва посівного насіння соняшника української селекції. Так з 2020 року по 2022 рік частка насіння соняшнику вітчизняної селекції в структурі загального виробництва в Україні знижувалась з 7,4% (3,4 тис. т) до 4,5% (1,5 тис. т) [2]. Натомість стрімко зростає виробництво посівного насіння соняшника іноземної селекції. Відомі фірми виробники насіння проводять розведення посівного матеріалу засіваючи ділянки в Україні і перероблюючи його на власних насінневих заводах. В перспективі планується експортувати посівне насіння до країн ЄС та близького сходу. Відповідно до реєстрових даних, наразі в Україні працюють 68 виробників посівного насіння соняшнику. До лідерів виробництва насіння у 2025 році належать: «Черліз», «Лімагрейн Україна», «Євросем», «Агро Сем», «НВФ Еліта-селект», МАС Сідз Україна», «Новагро», «Нертус Агро», «Біграйз-СВ», «Сідсвей» [5]. Серед основних культур, насіння яких вироблялось, являлись пшениця озима м'яка, кукурудза та соняшник. Державний реєстр сортів рослин України містить більше 1548 сортів та гібридів соняшнику, але сортів вітчизняної селекції близько 30%. Основним областями, що лідирують по посівах соняшнику є Харківська, Дніпропетровська та Кіровоградська області.

Національна академія аграрних наук (НААН) є головною науково-дослідною установою України з селекції та дослідження насіння сільськогосподарських культур та садивного матеріалу. Серед ряду основних завдань, результати вирішення яких сприятимуть розвитку вітчизняного насінництва, науковці НААН вказують на створення регіональних систем насінництва сільськогосподарських культур, селекційно-насінницького центру, насінневого заводу і регіонального кооперативного об'єднання виробників насіння. Кабінет Міністрів України своїм розпорядженням від 15 листопада 2024 р. № 1163-р та доповненими до нього «ЗМІНАМИ» (затвердженими 20 серпня 2025 р. №880-р), затвердив «Стратегію розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року» [6]. Серед завдань вказаних в «Стратегії» стоїть розробка і розвиток вітчизняного

насінництва.

Для виготовлення кондиційного насіння соняшника потрібно використовувати спеціальні технології та сучасне обладнання. Схема (рис. 4) раціональної прецизійної технологічної лінії процесів сепарації насінневого матеріалу соняшнику розсадників та схема (рис. 5) раціональної прецизійної технологічної лінії процесів сепарації суперелітного насінневого матеріалу соняшника розроблені д.т.н., старшим дослідником Алієвим Е.Б. [7].

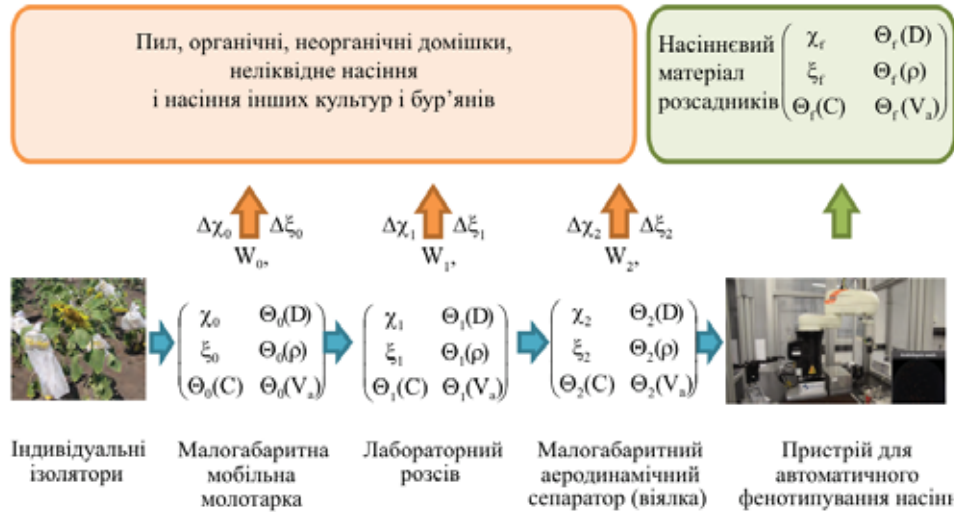


Рис. 4. Схема раціональної прецизійної технологічної лінії процесів сепарації насінневого матеріалу соняшнику розсадників [7]

Автор досліджень, також розробив сучасний пристрій для фенотипування насіння соняшника, який працює в повністю автоматичному режимі.

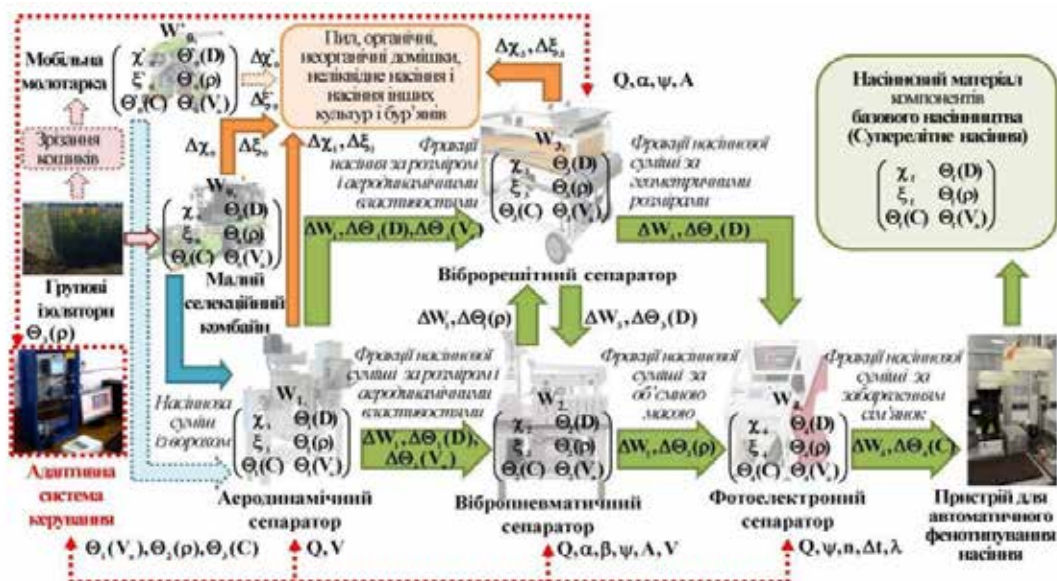
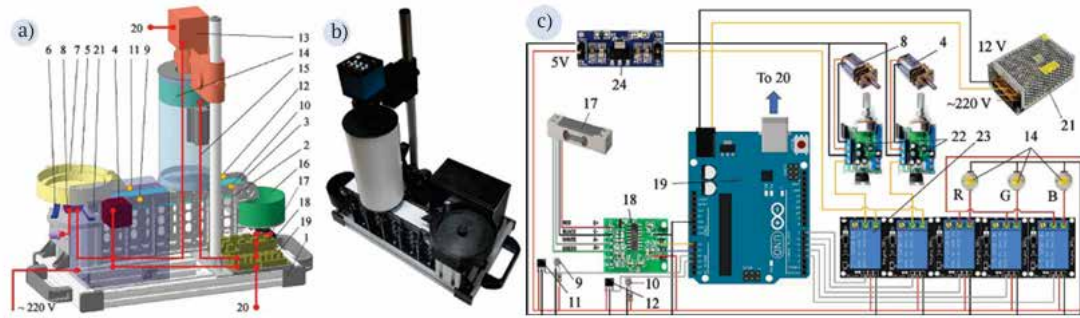


Рис. 5. Схема раціональної прецизійної технологічної лінії процесів сепарації суперелітного насінневого матеріалу соняшника [7]

Серед численного обладнання, яке задіяне в представлених схемах, особливої уваги заслуговує пристрій для автоматичного фенотипування насіння (рис.6) [7].



1 – рама; 2 – стрічковий транспортер; 3–стрічка; 4– електричний двигун; 5– гвинтоподібна доріжка; 6– пружна підвіска; 7– заслінка; 8– вібродвигун; 9,10– інфрачервоні світлодіоди; 11,12– фотодатчики; 13 – камера; 14– RGB-світлодіоди; 15– світлонепроникна труба; 16– тензодатчик; 17– датчик навантаження; 18– підсилювач (датчик ваги НХ711); 19– блок керування (Arduino Uno ATmega328P-PU); 20– персональний комп’ютер; 21– блок живлення; 22– PWM контролер; 23– блок реле; 24– перетворювач напруги; R,G,B – червоний, зелений, синій

Рис. 6. Конструктивно-технологічна схема (а), зовнішній вигляд (б), електронна схема (с) пристрою для автоматичного фенотипування насіння соняшнику [7].

Хоча в його будові використовуються найсучасніші мехатронні системи, але ще є потреба в проведенні досліджень за для підвищення показників якості роботи даного пристрою. І серед основних задач є розробка та впровадження засобу дозованої поодинокій рівномірної подачі дослідного насіння соняшнику на рухому поверхню з метою його подальшого сканування й збереження спадкових ознак в електронному виді.

Висновки. Україна займає друге місце в світі по вирощуванню насіння соняшника та має великий потенціал для збільшення його виробництва. Зокрема, підвищенням якості посівного насіння. Тому, серед першочергових завдань, є розвиток насінництва та удосконалення автоматизованих ліній обробки та підготовки посівного матеріалу. Отже, проведення удосконалення технічних пристроїв в системах прецизійної сепарації насінневого матеріалу соняшника, зокрема пристрою для фенотипування насіння соняшнику, являється доволі необхідною й актуальною задачею сьогодення.

Список використаних джерел

1. Статистичні дані вирощування насіння соняшнику. USDAFAS. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/compositeViz>

(дата звернення: 17.10.2025).

2. Ринок сортів і насіння: навчальний посібник / О. В. Захарчук, В. Л. Жемойда, Р. О. Спряжка, О. С. Макарчук. Київ: НУБіП України, 2024. 272 с.

3. Revto O. Y., Naboka V. V. Sunflower in Ukraine: condition, problems, prospects (a review article). Taurian Scientific Herald. 2022. № 128, P. 170–177. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.23> (дата звернення: 17.10.2025).

4. Виробництво насіння в Україні в 2024 році. Agravery.com. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/virobnictvo-nasinna-v-ukraini-v-2024-roci-osinuetta-u-500-tis-tonn> (дата звернення: 17.10.2025).

5. Рейтинг 2024 виробників насіння гібридів кукурудзи соняшнику та сортів озимої пшениці в Україні. URL: <https://superagronom.com/blog/1091-reyting-2024-virobniki-nasinnya-gibridi-kukurudzi-sonyashnika-ta-sorti-ozimoyi-pshenitsi-v-ukraini> (дата звернення: 17.10.2025).

6. Стратегія розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року: Розпорядження Каб. Міністрів України від 15.11.2024 р. № 1163-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1163-2024-%D1%80#Text> (дата звернення: 17.10.2025).

7. Aliiev, E., & Vedmedeva, K.. Automated devices for quantitative phenotyping of sunflower seeds. Naukovij Žurnal «Tehnika Ta Energetika». 2025, Vol. 16(1), P. 54–64. <https://doi.org/10.31548/machinery/1.2025.54>

УДК 656:338

ЗАСТОСУВАННЯ ДЕРЕВА ВІДМОВ ПРИ АНАЛІЗІ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Дідур В. В.¹, д.т.н.,
Василишина О. В.¹, д.с.-г.н.,
Білокінь Я. В.², аспірант

¹Уманський національний університет, м. Умань, Україна

²Полтавський державний аграрний університет, Полтава, Україна

Нині існує велика кількість математичних методів для побудови схем моделювання технологічних процесів. Необхідно лише наукове обґрунтування їхнього вибору і надійні експериментальні дані [1]. Класифікація методів аналізу відмов потрібна з метою вибору методології і способу вирішення конкретної задачі. Аналіз дерева відмов – загальний метод дедуктивного аналізу, що використовують

для подання логічних відмов технічних систем [1, 2].

Дерево відмов – зображення графічної моделі паралельних і послідовних сполучень відмов які необхідні для визначення дій у технологічних ситуаціях.

Дерево відмов пов'язане логічними взаємозв'язками із подіями, які ведуть до небажаної події (поломок, надзвичайних ситуацій) і являють собою вершину (верхню подію) дерева відмов.

Верхня подія пов'язана із базисними подіями, які в сукупності складають комбінацію і схематично визначають комбінації базисних подій. В цілому дерево відмов являє математичну імовірнісну модель системи в якій всі елементи взаємопов'язані між собою.

Для побудови дерева відмов необхідно:

- визначення верхньої події (небажаної події);
- розробка блоку інформації (визначення меж та даних для аналізу: дані і облік із регламенту технічного обслуговування);
- визначення систем та границь (набору елементів, границь системи);
- допущення і обмеження, що приймаються;
- представлення дерева відмов.

Метод аналізу дерева відмов дає змогу аналізувати першопричини відмов технологічних та технічних систем і передбачає шляхи їх усунення. Даний аналіз проводять для діяльності кожної частини та цілісної системи [3, 4].

Побудова дерева відмов є логічним процесом, який показує всі причини небажаних подій. Наприклад, розглянемо дерево відмов для аналізу поразки оператора на машині за технологічної роботи лінії (рис. 1).

Подія Б – наявність небезпечної високої напруги на корпусі електроустановки.

Подія В – дотик оператора до струмопровідного фундаменту, з'єднаному із землею.

Подія Г – дотик тілом людини до корпусу електрообладнання.

Л – експлуатація установки.

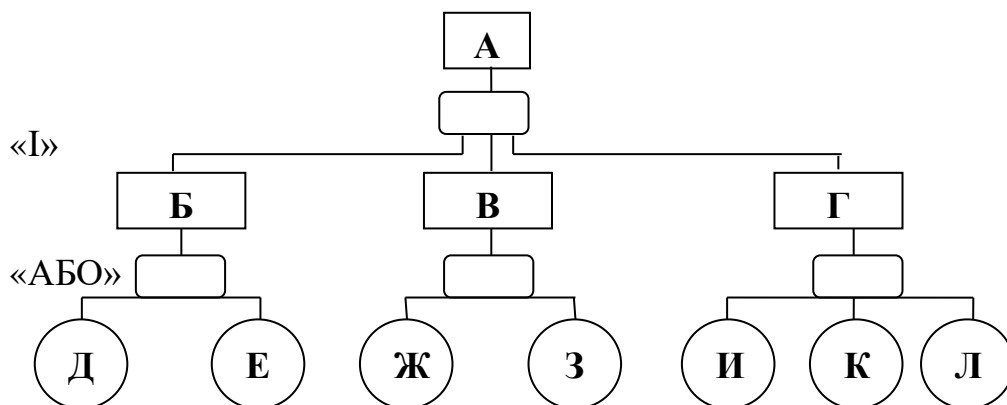


Рис. 1 Дерево відмов аналізу причини поразки оператора

Разом з тим, подія Б є причиною подій Д і Е. Де Д зменшення опору ізоляції струму, Е – доторкання до струмопровідних частин корпусу установки. Подія Г як результат із умов: И – необхідність ремонту, К – необхідність технічного обслуговування

Впровадження дерева відмов вимагає суттєвих затрат часу і фінансів. При цьому не враховано стан часткової відмови елементів системи. Так як береться до уваги розгляд тільки однієї конкретної відмови.

Разом з тим, впровадження дерева відмов дає змогу наочно визначити усі небезпечні ситуації на виробництві та запобігти їх відмові.

Список використаних джерел

1. Процес розробки дерева відмов технічних систем URL: <https://studfile.net/preview/5649858/page:36/>
2. Аналіз дерева відмов. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
3. Копей Б.В., Копей В.Б., Мартинець О.Р., Стефанишин О.І., Стефанишин А.Б. Використання дерева відмов як методу структурного аналізу штангової насосної установки. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2013. №2(47). С. 62–71.
4. Ризик-стратегія в управлінні безпекою суб'єкта господарювання у надзвичайних ситуаціях/ В.А. Дубінін, Л.М. Маркіна, С.Ю. Ушкац, Н.Ю. Жолобенко, О.В. Власенко. Миколаїв:НУК, 2023. 80 с.

УДК 664.8/9

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЦЕПТУРИ ДЖЕМУ З ЖУРАВЛИНИ

Бондарчук М. І., здобувач ОКР «Магістр»

Стоянова О. В., к.т.н., доц.

Зубкова К. В., к.т.н., доц.

Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький, Україна

Постановка проблеми. Україна продовжує утримувати стабільні позиції на світовому ринку органічних ягід, зокрема журавлини [1]. Пріоритетним завданням харчової промисловості є розроблення продукції оздоровчо-профілактичної спрямованості, яка в своєму складі містить біологічно активні речовини. Так, рослинна клітковина і пектин відзначаються здатністю зв'язувати малорозчинні комплекси радіонуклідів, важких металів, нітратів та інших токсичних сполук і виводити їх із організму людини [2].

Традиційна технологія виробництва джемів передбачає уварювання свіжих або заморожених ягід з цукровим сиропом або сухим цукром з додаванням пектинового розчину. Деякі сучасні технології передбачають використання в якості згущувачів ксантанової камеді та інуліну[3].

Основні матеріали дослідження. В дослідженнях пропонується використовувати свіжу журавлину (Рівненська обл.), цукор білий кристалічний з цукрових буряків ДСТУ 4623 (Україна), пектин високоетерифікований яблучний (Pektowin, Польща); стевіозид (порошок Stevia, ТОВ Гудвіл-Інвест, Україна).

В готових джемах визначали: вміст сухих розчинних речовин – цифровий рефрактометр МА871 (Milwaukee, Угорщина), цукрів – спектрофотометричним методом, титрованих кислот – титруванням лугом, аскорбінової кислоти – методом Тільманса. Органолептичні показники якості джему з журавлини: зовнішній вигляд, консистенція, колір, смак і запах. Загальну оцінку визначали за 5 – бальною шкалою.

Результати. В роботі запропоновано виготовлення джему з журавлини з додаванням пектину яблучного. У дослідженні було розроблено три рецептури джему з журавлини: рецептура № 1- (базова) містить сахарозу; рецептура № 2 - сахароза частково (50%) замінена стевіозидом; рецептура № 3 - 50% сахарози замінено стевіозидом та з додаванням розчину пектину (концентрацією 0,3 % від маси продукту). Рецептури джемів 1 і 2 готували без додавання гелеутворювача.

Джем з журавлини стерилізований (варіант № 3) виготовляли в лабораторних умовах за технологічною схемою, що передбачала технологічні операції: сортування, миття, очищення, інспектування, змішування з цукром, уварювання. За 5–10 хв до закінчення варіння додавали розчин пектину і уварювали до вмісту сухих речовин не менше 62 %.

В роботі досліджено реологічні властивості готових джемів. Реологічні показники джему характеризують його в'язкість, текучість та здатність до деформації, що залежить від вмісту сухих речовин, цукрів, пектину, а також від умов виробництва. Аналіз даних свідчить про те, що в'язкість джему практично лінійно залежить від швидкості зсуву. Як і у більшості харчових мас, в'язкість джему знижується по мірі зростання швидкості зсуву. Слід зазначити, що в ягодах журавлини рН в межах 2,3–2,6, що забезпечує досягнення оптимальних умов гелеутворення при додаванні пектину та не потребує додаткового внесення лимонної кислоти.

В джемі № 3 досліджено фізико-хімічні показники: масова частка сухих речовин, не менше 62 %; масова частка титрованих кислот (у перерахунку на яблучну кислоту) -0,021 ; масова частка мінеральних домішок - 0,018. Отримані фізико-хімічні показники в консервах «Джем з журавлини» відповідають нормативним показникам ДСТУ 4900:2007 [4]. Спосіб виготовлення джему не передбачає використання

барвників та консервантів.

Висновки. Таким чином, дослідження показують доцільність використання пектину високоетерифікованого в технології джему, що дозволяє зменшити час уварювання, зберегти біологічно активні речовини та скоротити енерговитрати. Процес можна проводити в одну стадію у вакуум-апараті МЗС-320 для зменшення циклічності у виробництві. Додавання стевіозиду на заміну цукру дозволяє знизити енергетичну цінність джему.

Список використаних джерел

1. Україна входить до топ-10 світових експортерів журавлини. URL: <https://agroportal.ua/news/yagidnictvo/ukrajina-vhodit-do-top-10-vitovih-eksporteriv-zhuravlini> (дата звернення : 15.09.2025)
2. Nemzer BV, Al-Taher F, Yashin A, Revelsky I, Yashin Y. Cranberry: Chemical Composition, Antioxidant Activity and Impact on Human Health: Overview. *Molecules*. 2022; 27(5):1503. <https://doi.org/10.3390/molecules27051503>
3. A. Kosiorowska, S.Pietrzyk, P. Pająk & R.Socha. The effect of the addition of gold flax (*Linum usitatissimum* L.) and chia seeds (*Salvia hispanica* L.) on the physicochemical and antioxidant properties of cranberry jams. *European Food Research and Technology*. 2022. 248(5) DOI:10.1007/s00217-022-04096-7
4. Джеми. Загальні технічні умови: ДСТУ 4900:2007. (2009). Київ: Держспоживстандарт України.

УДК 664.8:631.53

АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ПІДГОТОВКИ, ВИРОБНИЦТВА І ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ МАЛОПОШИРЕНИХ (НІШЕВИХ) ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

Алієв Е. Б., д.т.н.,

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро,
Україна*

Постановка проблеми. Виробництво олії з нішевих олійних культур, таких як гірчиця, рижій чи льон тощо, потребує використання сучасного високопродуктивного обладнання на всіх етапах технологічного процесу – від попередньої підготовки насіння до отримання готового продукту [1-2]. Основною проблемою є забезпечення високого виходу олії та її якості при збереженні поживних властивостей макухи та економії енергії. Через

різноманітність дрібних та твердих насінин нішевих культур традиційні методи обробки та обладнання часто є недостатньо ефективними, що зумовлює необхідність комплексного аналізу існуючих технологічних рішень та підбору оптимального комплексу обладнання [3-4].

Основні матеріали дослідження. Дослідження процесу переробки насіння нішевих олійних культур базується на комплексному аналізі обладнання, що застосовується на всіх етапах технологічного циклу – від попередньої підготовки насіння до отримання готового продукту та побічних продуктів. На етапі попередньої підготовки насіння ключову роль відіграє сепараційне обладнання, яке забезпечує очищення сировини від домішок різної природи і підготовку насіння до подальшої переробки. Вібросітний сепаратор дозволяє здійснювати первинне сортування насіння за розмірами та видаляти великі та дрібні сторонні вclusions, забезпечуючи рівномірність подальшої обробки. Вібропневматичний сепаратор використовує комбінований ефект вібрації та повітряного потоку для відокремлення легких фракцій, таких як пил, лушпиння та пошкоджені насінини, підвищуючи чистоту сировини до 98–99 %. Для точного видалення насіння з ненормальною довжиною застосовують трієрний сепаратор, тоді як аеродинамічний сепаратор дозволяє проводити остаточне сортування за густиною та формою, що є критично важливим для дрібних і тендітних культур, таких як рижій та гірчиця.

На стадії обрушення та подрібнення насіння використовуються декортикатори, що забезпечують відділення оболонки від ядра, знижуючи вміст клітковини та полегшуючи екстракцію олії. Для отримання однорідної гранулометричної структури застосовуються вальцові подрібнювачі з регульованим зазором між валками, які дозволяють досягти оптимальної подрібненості для максимального виходу олії. Молоткові дробарки ефективні при обробці твердих або дрібних насінин, де потрібне інтенсивне розмелювання через ударні дії. Подрібнену масу часто перетворюють у тонкі пластівці за допомогою спеціальних машин, що покращує теплопередачу під час пресування і підвищує ефективність вилучення олії.

Механічне видобування олії здійснюється за допомогою різних типів пресів, кожен з яких має свої переваги. Гідравлічні преси забезпечують високу щільність віджимання при низькій швидкості, що дозволяє отримати олію з мінімальним вмістом фосфатидів, проте мають обмежену продуктивність. Гвинтові (шнекові) преси є універсальними і придатними для більшості нішевих культур, забезпечуючи вихід олії на рівні 30–45 %. Для підвищення екстракції з твердих насінин застосовуються преси з попередньою паровою обробкою, що нагріває сировину до 100–120 °С, зменшуючи в'язкість олії та полегшуючи її відділення. Прес-екструдери поєднують термічну

та механічну обробку, що дозволяє одночасно підвищити вихід олії та інактивувати ферменти, що негативно впливають на якість продукту.

Наступним етапом є фільтрація олії, яка забезпечує видалення механічних домішок, білкових коагулятів та фузів. Для цього застосовуються фільтр-преси, напірні листові фільтри та фільтри тонкого очищення, що забезпечує отримання продукту високої чистоти та прозорості. Вібросепаратори прискорюють процес осадження завислих часток завдяки високочастотним коливанням, що дозволяє скоротити час фільтрації та підвищити продуктивність.

Після видобування олії побічний продукт – макуха – піддається подальшій обробці. Охолоджувачі макухи запобігають денатурації білків та зберігають поживні властивості, подрібнювачі перетворюють макуху у гранули або порошок для кормового використання, а екструдери забезпечують термомеханічну обробку, підвищуючи засвоюваність білка та дезактивуючи антипоживні речовини. Просіювачі видаляють пилові частки та сортують макуху за фракціями, що підвищує її якість і придатність для подальшого використання.

Додаткове обладнання, таке як елеватори та конвеєри, забезпечує безперервне транспортування сировини і продуктів, а парові котли та панелі управління дозволяють регулювати технологічні параметри процесу та підтримувати автоматизацію виробництва. Для вилучення залишкової олії застосовуються екстрактори з органічними розчинниками, а системи десовентизації, дистиляції та конденсації забезпечують рекуперацію олії та розчинника, що робить процес економічно та екологічно ефективним.

Фінальний етап – рафінація олії – включає гідратацію та нейтралізацію, відбілювання, підкислення та дезодорацію, а також видалення воску, що забезпечує стабільність продукту під час зберігання, прозорість та високу якість олії. Таким чином, комплексний підхід до підбору і використання обладнання на всіх стадіях переробки нішевих олійних культур дозволяє отримати продукцію високої якості, ефективно використовувати побічні продукти і оптимізувати енергоспоживання технологічного процесу.

Висновки. Таким чином, застосування сучасного комплексу механізованого та автоматизованого обладнання на всіх етапах переробки нішевих олійних культур дозволяє підвищити вихід та якість олії, раціонально використовувати побічні продукти, знизити енергоспоживання і зробити виробництво конкурентоспроможним та економічно доцільним.

Список використаних джерел

1. Алієв, Е. Б., Миколенко, С. Ю., Сова, Н. А. та ін. Техніко-технологічне забезпечення безвідходної переробки зернової сировини у харчові продукти і корми: колективна монографія / за заг. ред. Е. Б. Алієва. Дніпро: ЛІРА. 2022. 192 с. ISBN 978-966-981-687-0.

2. Suárez M., Gual-Grau A., Ávila-Román J., Torres-Fuentes C., Mulero M., Aragonès G., Bravo F.I., Muguerza B. Oils and Oilseeds in the Nutraceutical and Functional Food Industries. 2021. DOI: 10.1002/9781119575313.ch11

3. Morya S., Mena F., Jiménez-López C., Lourenço-Lopes C., BinMowyna M.N., Alqahtani A. Nutraceutical and Pharmaceutical Behavior of Bioactive Compounds of Miracle Oilseeds: An Overview. Foods, 2022. 11(13): 1824. DOI: 10.3390/foods11131824

4. Zio S., Tarnagda B., Sankara S., Tapsoba F., Zongo C., Savadogo A. Nutritional and therapeutic interest of most widely produced and consumed plant oils by human: A review, Applied Food Research, 2025. 5 (2), 101093. DOI: 10.1016/j.afres.2025.101093.

УДК 631.561.6

АСПЕКТИ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАСОБУ ЛАБОРАТОРНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ОЛІЙНОЇ/ЗЕРНОВОЇ ДОМІШКИ

Мельник С. М, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня ВО
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро,
Україна

Постановка проблеми. В сьогоденних. умовах визначення відсотку олійної домішки у відходах та продуктах проміжної переробки насіння, що за концепцією «циркулярної економіки» має ресурсну цінність, стикається з трьома проблемами: відсутністю апробованих методів відбору проби у відходах, відсутністю методів підготовки репрезентативних зразків проби та відсутністю засобів техніко-технологічного забезпечення лабораторного визначення кількості олійної домішки.

Олійна домішка – суміш важкороздільних фракцій, яку можливо розділити з застосуванням низки лабораторних машин, в конструкції яких закладені різні способи взаємодії фракцій суміші з робочим середовищем. Для визначення фракцій олійної домішки можливо застосування низки лабораторних машин, як лабораторні решітні машини, пневматичні машини, повітряні, аеродинамічні, аспіраційні, трибометричні та інші лабораторні машини. Зважаючи на технологічну ефективність обладнання, яке не може бути стовідсотковим, то сумарна кількість фракцій відображає наближений відсоток, близький до наявного значення у олійної домішки. Але головною проблемою є проблема відсутності засобу техніко-технологічного забезпечення

лабораторного визначення кількості олійної домішки.

Дослідження властивостей окремих фракцій та властивостей суміші передусе визначенню основних конструктивних рішень лабораторного аналізатора олійної домішки. Компоненти відходів мають близькі показники подільності за геометричними ознаками, але мають значну розбіжність за питомій масі [1].

Властивість олійної домішки утворювати псевдорозріджений шар блокується фрагментами органічної домішки (уламки стебел, фрагменти листових пластинок з пільчатими і рубчастими краями, черешки, мають покриття короткими жорсткими волосками) [2], які вступають в зчеплення один з одним, що перешкоджає переміщенню компонентів суміші при процесах стратифікації.

Вібрація, яка інтенсифікує процес розділення насіння на пневмосепараційному столі, в разі обробки сміття призводить до ущільнення сміття і блокування переміщення щільних олійних домішок по перетину зернової суміші і по поверхні столу [3].

Дослідженнями аеродинамічних властивостей [4] фракцій насіннєвих сумішей визначено переваги фрагментів плодової оболонки (лушпиння) у швидкості витання серед інших фракцій олійної домішки при аеродинамічному сортуванні.

Важливими висновками роботи зазначено значні зміни властивостей фракцій через вологість. [5],[6] При збільшенні вологості суміші збільшуються морфометричні показники фракцій (довжина, ширина, товщина). Збільшуються щільність ядрових фракцій, площа міделевого перетину, трибометричні показники, що потребує змін у налаштуванні сортувального обладнання або змін у конструкції обладнання.

Аналізом публікацій [7],[8],[9], пов'язаних з теоретичними дослідженнями процесів сепарації зернових сумішей, зазначено, що перевага у сортуванні важкороздільних фракцій віддається аеродинамічному способу сортування у вертикальному каналі з висхідним повітряним потоком. Також маються дослідження, якими визначено, що ламінарність повітряного потоку зберігається на значно більшій відстані від джерела повітряного потоку при розмірах перерізу повітряного потоку менше 30x30см. При більшому значенні розміру перерізу повітряного каналу необхідно виконати додаткові конструктивні елементи для розмежування окремих потоків повітря.

Основним завданням роботи є обґрунтування конструкції засобу лабораторного визначення олійної/зернової домішки.

Основні матеріали дослідження. Визначення методу лабораторного визначення олійної/зернової домішки насіннєвого матеріалу та конструкція відповідного засобу технологічного оснащення визначаються фізико-механічними характеристиками суміші, які впливають на процес сортування:

за морфометричними характеристиками (ширина і товщина – на

решетах, довжина – на трієрах, форма – на грейдерних сепараторах); за трибометричними властивостями поверхні (на фрикційних сепараторах і фрикційних гирках); за густиною (на пневмовібросепараторах, пневматичних столах); за аеродинамічними властивостями (на аспіраторах, пневматичних колонках, повітряних каналах, аеродинамічних сепараторах); за пружністю (на сортувальних столах відбивного типу); за електрофізичними характеристиками (у діелектричних сепараторах, пристроях коронного розряду); за колориметричними показниками (фотосепаратори); за комбінованими параметрами.

Доцільним є зауваження, що на кожен частинку фракції діє комплекс сил, але ознакою роздільності визначають ту силу, яка має найбільший модуль вектору сили або дія вектору має визначальний кут дії.

Вихідну зернову суміш сепарують за різноманітними геометричними та фізичними ознаками та властивостями компонентів суміші. Завдання очищення зерна від домішок зводиться до виявлення відмінностей у властивостях збіжжя та домішок, знаходження кращого технологічного прийому їх поділу.

Ознаки, які забезпечують прийнятний рівень поділу вихідної суміші на компоненти або фракції, називають ознаками роздільності. До них відносяться аеродинамічні властивості (парусність), розміри, щільність, стан поверхні зерна та домішок.

Процес сепарування характеризується такими обов'язковими умовами. Зернова суміш повинна мати фракції, які відокремлюються на даному робочому органі. Зернова суміш, що розділяється, повинна безперервно розпушуватися і перемішуватися, щоб зерновий шар, що межує з поверхнею поділу, постійно оновлювався. Це перша підготовча стадія процесу розподілу. На другій, заключній стадії відбувається відділення (сепарація) цільової фракції і видалення її з робочої зони.

Обладнання, в конструкції якого закладено решітний спосіб для визначення олійної домішки не має перспективи застосування. По-перше, олійна домішка у переробному виробництві - це прохід через решето при сортуванні вхідного насіння, для соняшника регламентується решето з діаметром отвору 3,0 мм, тому не має сенсу проводити повторний прохід на лабораторному обладнанні. По-друге, фракції олійної домішки мають морфометричні показники які збігаються між собою, тому сортування не відбувається. Сортування на грейдерних сепараторах є доцільним при сортуванні плоских зернин від сферичних.

Обладнання, в конструкції якого закладено спосіб сортування за трибометричними властивостями поверхні (на фрикційних сепараторах і фрикційних гирках) теж не має перспективи застосування. Наприклад, лушпиння соняшника має дві сторони, які мають різні трибометричні показники, що унеможлиблюють процес

сортування, крім того, наявність олії зменшує показник тертя за рахунок змащування фракцій олійної домішки.

Сортування за пружністю (на сортувальних столах відбивного типу) ефективно за наявності у насіння пружних якостей, олійна домішка - це зразок псевдопластичної суміші, що у більшості випадків приводить до налипання суміші на відбивній поверхні сортувального столу та зупинці сортування як такого.

Сортування за електрофізичними характеристиками (у діелектричних сепараторах, пристроях коронного розряду) теж не має перспектив у застосуванні через наявність низьких діелектричних параметрів фракцій суміші та явищ перетікання статичного заряду між фракціями та за межі суміші.

Сортуванню за колориметричними показниками, фотосепарації, притаманні недоліки, що заважають широкому застосуванню цього принципу зерноочищення. На відміну від інших способів сепарації ця технологія передбачає обробку кожної окремої частинки зернової суміші, що, зрозуміло, знижує продуктивність процесу; через обмеження швидкості повітряного струменя, що створюється пневмоелектором, неможливо видаляти важкі мінеральні домішки, оскільки повітряний потік діє на певну ділянку зернової маси, а при сепарації дрібнонасінних сумішей і у разі засмічення зерна довгими соломистими домішками відбувається одночасне захоплення повноцінного зерна у відходи, що зупиняє процес сепарації; фотосепаратори не можуть сортувати фракції за густиною.

Аналізуючи фізико механічні показники фракцій олійної домішки [10], можливо зробити висновок про доцільність застосування сортування за густиною (на пневмовібросепараторах, пневматичних столах, пневматичних колонках), за парусністю (на повітряних сепараторах, повітряних каналах), за аеродинамічними властивостями (аеродинамічних сепараторах), за аспіраційними показниками (на аспіраторах, аспіраційних колонках).

Процес сепарування у висхідному повітряному потоці має низку переваг і недоліків [11]. При використанні висхідного потоку повітря можна досягти стратифікації зернової суміші і на першому етапі розділити суміш на дві фракції за густиною [12]: важку і легку, важка опускається протитечією до повітряного потоку.

На другому етапі компоненти зернової суміші, що залишилися, піднімаються повітряним потоком і знову поділяються на 2 фракції за показниками вітрильності.

На третьому етапі компоненти розподіляються за аеродинамічними показниками.

На четвертому етапі використовуючи відцентрові сили в потоці з каналом змінної кривизни. Повітряний потік в каналі з кривизною, що змінюється, має різні швидкості, з якими взаємодіють із зерновою сумішшю. В результаті компоненти суміші, що мають меншу

швидкість витання, утворюють шар у прикордонному шарі більшого радіусу каналу, а компоненти суміші, що мають велику швидкість витання, утворюють шар у прикордонному шарі меншого радіусу каналу. Поділ суміші проводять перегородками змінної кривизни, що знаходяться в стратифікаційному шарі.

Спосіб аеродинамічної обробки у висхідному повітряному потоці має незаперечні переваги за якістю сепарування перед способом сепарації у горизонтальному та похилому повітряних потоках. Помітним недоліком є низька продуктивність способу. Однак цей спосіб стає несуттєвим при необхідності тонкої сепарації, що необхідно при лабораторній обробці насінневого матеріалу, а також при лабораторному визначенню відсотку олійної домішки у лушпинні, смітті зернових та олійних культур, у проміжних процесах переробки зерна (наприклад, перевію, недорушу, сміття ріпаку та ін.)

Спираючись на дослідження впливу вологи на сировину, то доцільним буде зазначити у методах підготовки проби підготовки сировини до показника вологості у 7...9%, при якому сировина набуває максимальної сипкості (мінімальний кут природного укусу).

Для забезпечення ламінарності повітряного потоку необхідним забезпечити розміри перерізу повітряного каналу менше 30x30см [13]. При більшому значенні розміру перерізу повітряного каналу необхідно виконати додаткові конструктивні елементи для розмежування окремих потоків повітря (хоннейкомб), та/або застосування аеродинамічного стабілізатора повітряного потоку.

Також необхідно застосування мінімальної шорсткості внутрішньої поверхні сортувального каналу для зменшення негативного впливу ефекту Коанде та запобіганню турбулентності повітряного потоку.

Відомим є негативний вплив пульсації повітряного потоку [14] на якість сортування. При пульсуючому повітряному потоці розщеплення траєкторій фракцій олійної домішки може досягати 20%, що негативно впливає на якість сортування та потребує конструктивно - технічних заходів для зменшення пульсації повітряного потоку. Такими заходами може бути динамічне балансування ротору електродвигуна генератора повітряного потоку у зборі з робочим колесом вентилятора, центрування корпусу вентилятора відносно робочого колеса вентилятора, визначення рівня вібрації елементів корпусу вентилятора та запобігання явищ резонансу вентилятора, сортувального каналу, аспіраційної системи.

Окремо потрібно звернути увагу на конструкцію живильника сортуємої сировини. Зернова суміш, що розділяється, повинна безперервно розпушуватися і перемішуватися, щоб зерновий шар, що межує з поверхнею поділу, постійно оновлювався. Для вирішення такого завдання необхідним може бути застосування способу сортування у двостадійному текучому середовищі.

Висновки. Таким чином, дослідження показують, що для засобу лабораторного визначення олійної/зернової домішки не можуть бути застосовані рішення конструкції з використанням морфометричних, трибометричних, електрофізичних, колориметричних характеристиках, а також які засновані на пружності.

На сортування повинна подаватися суміш з вологістю 7,0...9,0%, яка має найкращі показники сипкості.

Доцільно застосування конструкції з застосуванням пневматичного, повітряного, аеродинамічного та аспіраційного способу поділення зернової суміші у вертикальному висхідному повітряному потоку.

Лабораторний засіб конструктивно має бути агрегатом, в якому мають бути поєднані модулі пневматичного, повітряного, аеродинамічного та аспіраційного способу поділення зернової суміші.

Сортувальний канал має бути з розмірами перерізу меншими 30х30см.

Сортувальний канал має бути обладнаний аеродинамічним стабілізатором повітряного потоку та мати мінімальний показник шорсткості.

При виготовленні лабораторного засобу повинні бути проведені дослідження на резонанс із впровадженням необхідних конструктивних заходів упередження резонансу.

Засіб повинен бути обладнаний системами стабілізації електричного живлення та стабілізації частоти для вентилятора та живильника.

Живильник повинен бути обладнаний деаунером, з можливістю використання способу сортування у двостадійному текучому середовищі та повинен бути забезпечений відповідний рейтинг захисту живильника від вибухонебезпечного органічного пилу.

Список використаних джерел

1. Кудрявцев І.М. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів аеродинамічного сепаратора для очищення відходів насінневої суміші соняшника: дис. ... д-ра філ.: 133 – Галузеве машинобудування/ Дніпро. ДДАЕУ, 2025. 227 сс.

2. Ольховський, В.О., & Дударев, І.М. (2021). Способи сепарування та сепаратори зернової маси. Сільськогосподарські машини, 47: 103–112. DOI: 10.36910/acm.vi47.655

3. Bracacescu, C., Gageanu, I., Popescu, S., & Selvi, K.C. (2016). Researches concerning impurities separation process from mass of cereal seeds using vibrating sieves in air flow currents. In Engineering for Rural Development, Jelgava (Pp. 364–370).

4. Алієв Е. Б., Шевченко, І. А. (2017). Дослідження аеродинамічних властивостей насіння олійних культур. Вісник аграрної науки. №3 (769). С. 63–65.

5. Chavoshgoli, Es., Abdollahpour, Sh., Abdi, R., & Babaie, A. (2014). Aerodynamic and some physical properties of sunflower seeds as affected by moisture content. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 16 (2): Pp. 136–142.
6. Seifi, M. R., & Alimardani, R. (2010). Moisture-Dependent Physical Properties of Sunflower Seed (SHF8190). *Modern Applied Science*, 4 (7): 135–143.
7. Котов Б. І., Степаненко С. П., Швидя В. О. Технологічні аспекти сепарації зерна у вертикальному каналі. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Кіровоград, 2016. Вип. 46. С. 154–159.
8. Stepanenko S. P., Kotov V. I. Theoretical research of separation process grain mixtures. *ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture: an international quarterly journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering*. Lublin-Rzeszow, 2018. Vol. 18, no 3. pp. 49.
9. Stepanenko S. P., Kotov V. I. Theoretical research of separation process grain mixtures. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. 2019. Vol. 10, no 4. pp.137-143.
10. Михайлов, Є. В., Рубцов, М. О., Задосна, Н. О. (2017) Теоретичні дослідження руху сміттєвих фракцій олійної сировини соняшнику у повітряному потоці пневмосепаратора. *Науковий вісник ТДАТУ*, 3(6). 196–203 сс.
11. Степаненко С. П. Механіко-технологічне обґрунтування процесів і обладнання безрешітного фракціонування зернових матеріалів: дис. ... д-ра тех. наук: 05.05.11/ Глеваха. ННЦ "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства", 2011. 362 сс.
12. Бредихін В.В. Наукові основи процесів вібропневматичного розділення насіннєвих матеріалів за густиною насіння: дис. ... д-ра тех. наук: 05.05.11/ Кропивницький. Центральнoукраїнський національний технічний університет, 2023. 451 сс.
13. Котов Б. І., Степаненко С. П. Теоретичні дослідження руху компонентів зернового матеріалу із штучно сформованим розподілом швидкості повітря в поперечному перетині каналу. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2021.51.20-35>
14. Котов Б. І., Степаненко С. П. Дослідження впливу пульсуючого повітряного потоку на переміщення зерна у віброзрідженому шарі зерносолomистого вороху. *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Глеваха, 2016. Вип. №4 (103). С. 38–46.

УДК 631.3

РОЛЬ І РОЗВИТОК СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН У СУЧАСНОМУ АГРОВИРОБНИЦТВІ

Гримайло В. В., здобувач СВО «Бакалавр»,

Горовий М. В., ст. викл.,

Калнагуз О. М. ст. викл.,

Сіренко Ю. В. PhD, доц.,

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Сільське господарство – одна з найдавніших галузей людської діяльності – зазнало кардинальних змін завдяки механізації. Сільськогосподарські машини стали основою сучасного агровиробництва, забезпечуючи високу продуктивність, точність і ефективність. У XXI столітті техніка не лише виконує фізичну роботу, а й інтегрується в цифрові системи управління господарством.

Основні матеріали дослідження. Сучасні системи землеробства включають інтенсивні (плодозмінна, просапна, зернопросапна), адаптивні (травопільна, ґрунтозахисна), органічні та інноваційні (no-till, точне землеробство) підходи.

Сільськогосподарські машини поділяються за функціональним призначенням:

- машини для обробітку ґрунту: плуги, борони, культиватори;
- сівалки та саджалки: точного висіву, зернові, овочеві;
- машини для догляду за посівами: обприскувачі, міжрядні культиватори;
- збиральна техніка: зернозбиральні, кормозбиральні, картоплюзбиральні комбайни;
- транспортні засоби: трактори, причепа, навантажувачі;
- машини для тваринництва: кормороздавачі, доїльні установки, гноєрозкидачі.

Ця класифікація дозволяє системно підходити до вибору техніки залежно від типу господарства.

Точне землеробство: цифрова трансформація. Впровадження ресурсозберігаючого землеробства передбачає великі початкові інвестиції для закупівлі сучасної техніки та обладнання, а також залучення нових фахівців [1].

Точне землеробство в Україні – це сучасний підхід до сільського господарства, який використовує GPS, супутникові знімки, дрони та інші технології для оптимізації витрат ресурсів, підвищення врожайності та покращення якості продукції. Цей метод дозволяє точно визначати потреби кожної ділянки поля в добривах, насінні та засобах захисту рослин, що призводить до економії коштів та раціонального

використання ресурсів. Впровадження точного землеробства доступне як для великих агрохолдингів, так і для середніх та малих підприємств.

Інновації в агротехніці включають:

GPS-навігацію - для точного проходження агрегатів;

агродрони - для моніторингу посівів;

датчики NPK - для аналізу ґрунту в реальному часі;

системи змінної норми внесення - для оптимізації добрив.

GPS-навігація при вирощуванні використовується для точного керування сільськогосподарською технікою, що дозволяє оптимізувати роботу, зменшити витрати пального та підвищити врожайність. Вона забезпечує точне позиціонування на полі, документування обробки ділянок та моніторинг навантаження на агрегати.

Високотехнологічні дрони застосовують для широкого спектру агрооперацій. Вони пропонують низку переваг, таких як точне картографування, обприскування культур, моніторинг посівів та подальша обробка даних тощо. Таким чином дрони трансформують сільськогосподарську галузь завдяки використанню технологічних інновацій та сприяють оптимізації виробничих процесів [3].

Використання дронів у сільському господарстві дає кілька ключових переваг, які зменшують робочу силу та витрати в галузі. До прикладу, під час обробки посівів, дрони допомагають економити воду, зменшують використання людських та технічних ресурсів. Актуальним питанням під час обробки полів є використання води та її вчасне підвезення [3].

Ці технології дозволяють зменшити витрати на 15–30% і підвищити врожайність на 10–20%.

Економічна ефективність і окупність.

Використання сучасної техніки: скорочує витрати на ручну працю; зменшує втрати врожаю; підвищує якість продукції; забезпечує швидке повернення інвестицій (3–5 років).

За даними AgroAnalytics, фермери, які інвестували в точне землеробство, отримали приріст прибутку на 18% у перші два роки.

Сучасна техніка сприяє сталому землеробству:

зменшує ущільнення ґрунту завдяки широким шинам;

знижує викиди CO₂ через економічні двигуни;

дозволяє точне внесення ЗЗР, зменшуючи хімічне навантаження.

Сучасні аграрні технології включають в себе використання точних систем обробки ґрунту, автоматизованих сівалок, спеціалізованих тракторів і машин для збору врожаю, що значно підвищують продуктивність і якість сільськогосподарських робіт. Завдяки інноваційним системам внесення добрив і засобів захисту рослин, вдається зменшити кількість хімічних обробок, що сприяє екологічності технології вирощування. Техніка, яка здійснює автоматизований контроль вологості та температури ґрунту, дозволяє точно визначити потреби рослин у воді та поживних елементах, що

забезпечує ефективне використання ресурсів і підвищує врожайність [4].

Це відповідає принципам Європейського зеленого курсу та сприяє екологічній сертифікації продукції.

Попри переваги, існують виклики: висока вартість техніки; потреба в кваліфікованих операторах та складність обслуговування електроніки.

В умовах сучасного аграрного бізнесу, який постійно зіштовхується з новими викликами, таких як зміна клімату, обмеженість ресурсів, а також вимоги щодо підвищення ефективності, інноваційні технології стають необхідними для підтримки сталого розвитку сільського господарства.

Перспективи включають розвиток роботизованих машин, автономних тракторів, інтеграцію з ERP-системами господарств

Висновки. Сільськогосподарські машини – це не просто інструменти, а основа сучасного агробізнесу. Їх розвиток визначає ефективність, сталість і конкурентоспроможність аграрного сектору. Інтеграція інновацій, цифрових технологій і сталих практик – ключ до майбутнього агровиробництва.

Список використаних джерел

1. Смакота Я. Точне землеробство в Україні: що це таке, особливості, як розпочати. Сайт <https://agroapp.com.ua/>. 24.12.2023. URL: <https://agroapp.com.ua/uk/blog/tochne-zemlerobstvo-v-ukraini-shcho-ce-take-osoblivosti-yak-rozpochati/> (дата звернення: 15.10.2025).

2. Озеров Д. ТОП-5 найважливіших сільськогосподарських машин для сучасних фермерів: огляд ключових машин, необхідних для обробки землі та збору врожаю. Сайт <https://odysseus.com.ua/>. Рекомендації. 10.10.2024. URL: <https://odysseus.com.ua/top-5-naivazhlivishikh-silskogospodarskikh-mashin-dlya-suchasnikh-fermeriv/> (дата звернення: 02.10.2025).

3. Наружна Ю. Ньюанси застосування дронів у господарствах: підсумки сезону. Головний журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". Сайт <https://propozitsiya.com/ua>. Головна / Статті / Техніка та обладнання / Інше. 18.11.2024. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnika-ta-obladnannya-inshe/nyuansy-zastosuvannya-droniv-u-hospodarstvakh-pidsumky> (дата звернення: 08.10.2025).

4. Грушецький, Сергій & Небаба, Катерина. (2025). Інноваційна техніка для сучасного сільськогосподарського виробництва при вирощуванні гороху посівного Innovative technology for modern agricultural production in the cultivation of field peas. International Science Journal of Engineering & Agriculture. 4. С. 39–61. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20250402.04>.

5. Hrushetskyi S. (2024). Innovative potato technology for modern

agricultural production. International Science Journal of Engineering & Agriculture, 3(2), С. 1–20. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20240302.01>.

6. Hrushetsky, S. M., Yaropud, V. M., Duganets, V. I., Duganets, V. I., Pryshliak, V. L., & Kurylo, V. M. (2019). Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. INMATEH-Agricultural Engineering, 59(3), 101-110. <https://doi.org/10.35633/inmateh-59-11>.

7. Hrushetskyi, S., Yaropud, V., Kupchuk, I., & Semenyshena, R. (2021). The heap parts movement on the share-board surface of the potato harvesting machine. Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering, 14(63), 127–140. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2021.14.63.1.12>.

УДК 631.3

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБИРАННЯ ТА ПІСЛЯЗБИРАЛЬНА ОБРОБКА ЗЕРНОВИХ В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА

Шабло І. А., здобувач СВО «Бакалавр»,

Сіренко Ю. В. PhD, доц.,

Горовий М. В., ст. викл.,

Калнагуз О. М. ст. викл.,

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Зернові культури є основою продовольчої безпеки України, адже вони становлять близько 60% загальної структури посівних площ. Від ефективності збирання врожаю та післязбиральної обробки залежить економічна стабільність господарств, збереження якості зерна та рівень прибутковості виробництва. В умовах сучасного господарства важливо мати належне технічне забезпечення – комбайни, трактори, агрегати, транспортні засоби та зерноочисні комплекси, що забезпечують повний технологічний цикл від збирання до зберігання зерна.

Основні матеріали дослідження. Організація збирання включає планування робіт, визначення маршрутів руху техніки, черговість обробки полів, логістику транспортування зерна. В господарствах створюють мобільні бригади механізаторів, які обслуговують комбайни та транспорт. Злагоджена робота забезпечує ритмічність збирання, зниження втрат і підвищення продуктивності праці.

Збирання зернових культур є одним із найвідповідальніших етапів виробництва. Основна мета – мінімізувати втрати та забезпечити якісне зерно. Для цього застосовується сучасна збиральна техніка,

зокрема зернозбиральні комбайни: «Claas Lexion», «John Deere T-Series», «New Holland CX», «Ростсельмаш Acros», «Fendt IDEAL». Ці машини здійснюють зрізання, обмолот, сепарацію, очищення та тимчасове зберігання зерна в бункері.

Комбайни оснащуються жатками різних типів: суцільнозрізними, роздільними, ріпаковими або кукурудзяними. Жатка забезпечує зрізання стебел на потрібній висоті, молотильний апарат – відокремлення зерна, система очищення – видалення полови та домішок. Зерно потрапляє у бункер, після чого вивантажується в транспортні засоби.

Для обслуговування комбайнів використовують трактори середнього і великого класу потужності, зокрема: МТЗ-82, МТЗ-1221, John Deere 6130, Case IH Magnum, New Holland T7, Fendt 720 Vario. Вони агрегуються з причепами типу 2ПТС-6, ПТС-9, тракторними самоскидами, а також з зерноперевантажувачами, наприклад ПБН-20 або Annaburger HTS. Це забезпечує безперервне транспортування зерна від комбайна до пункту зберігання.

Після збирання зерно містить домішки, підвищену вологість та може бути заражене шкідниками. Для запобігання втратам проводиться післязбиральна обробка, що включає очищення, сушіння, сортування та зберігання. Первинне очищення проводять безпосередньо після надходження зерна з поля. Для цього використовують машини типу ОВС-25, Петкус К-531, ЗАВ-40 або комплекси КЗС-20. Вони видаляють великі та дрібні домішки, полегшуючи подальше сушіння.

Сушіння зерна проводиться у зерносушарках різних типів: шахтних (ДСП-32), барабанних (СЗШ-16), модульних (Mecmar, Sukup, Fratelli Pedrotti). Вологість зерна знижується до рівня 12–14% залежно від культури. Для транспортування між агрегатами використовують норії, шнеки, транспортери. Очищене і висушене зерно направляють до сховищ або елеваторів. У великих господарствах застосовують механізовані зерносховища з вентиляційними системами, автоматичним контролем температури та вологості. Для менших господарств використовують склади напільного зберігання, обладнані вентиляторами типу ВМ-3, ВМ-5.

На етапі транспортування, очищення і сушіння зерна активно використовують трактори, що агрегуються з причіпними пристроями. До найбільш поширених тракторів належать МТЗ-80/82, ЮМЗ-6, Т-150, Case IH Puma, Massey Ferguson 7726. Вони забезпечують привід механізмів та переміщення зерна між агрегатами.

Для навантаження зерна застосовують фронтальні навантажувачі (типу JCB 531-70, MANITOU MLT 634), а також трактори з навантажувальними ковшами або зерноперевантажувачами. У господарствах із великими обсягами зберігання встановлюються транспортери, норії та елеваторні башти.

Для очищення зерна використовуються агрегати ОВС-25, КЗС-

20, ЗАВ-40, які можуть працювати в складі комплексів, що забезпечують повну обробку — від приймання до подачі в сушильну установку. У господарствах часто організують пересувні зерночисно-сушильні пункти, що дозволяють обробляти зерно безпосередньо біля поля.

Висновки. Технічне забезпечення збирання та післязбиральної обробки зернових культур – це комплекс взаємопов’язаних процесів, що охоплюють використання комбайнів, тракторів і очисних агрегатів. Від рівня технічної оснащеності господарства залежить якість і кількість отриманого врожаю. Використання сучасних технологій, систем моніторингу, GPS-навігації, автоматизації процесів сприяє підвищенню ефективності та зниженню собівартості виробництва.

Список використаних джерел

1. Кирпа М. Збирання і збереження врожаю зерна / М. Кирпа // Головний журнал з питань Агробізнесу "Пропозиція". 2013. URL: <https://propozitsiya.com/ua/zbirannya-i-zberezhennya-vrozhayu-zerna>.

2. Рекомендації до збирання ранніх зернових та зернобобових / В.Тимчук, В. Кириченко, В. Петренкова, Є. Бондаренко // Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК. 2015. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/582-rekomendatsii>

3. Як підняти продуктивність комбайна? // ТОВ «ФРЕНДТ» Центр точного землеробства. 2024. URL: <https://www.frendt.ua/yak-pidnyaty-produktyvnist-kombajna/>.

4. Машина для збирання зернових колосових культур: монографія / [Колектив авторів]; за ред. В. І. Кравчука; Міністерство аграрної політики та продовольства України; УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2020. 224 с. (Серія «Сільськогосподарська техніка XXI: моніторинг, випробування, прогнозування»).

https://www.ndipvt.com.ua/TiTAPK/Books/fragment_kombaynu.pdf

5. Збирання врожаю зернових: як мінімізувати втрати. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. Головна / Статті /. 25.06.2020. URL: <https://superagronom.com/articles/382-zbirannya-vrozhayu-zernovih-yak-minimizuvati-vtrati> (дата звернення: 03.09.2025).

6. Гайденко О. Збирання врожаю зернових культур. Журнал "Агробізнес Сьогодні". <https://agro-business.com.ua/>. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 16.07.2021. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/22170-zbyrannia-vrozhaiu-zernovuykh-kultur.html> (дата звернення: 02.09.2025).

7. Макаренко М. Технології збирання зерна: вибір правильного комбайна. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт <https://agroelita.info/>. Головна / Техніка / Технології збирання зерна: вибір правильного комбайна. 30.05.2016. URL: <https://agroelita.info/tehnolohiji-zbyrannya-zerna-vybir-pravylnoho-kombajna/> (дата звернення: 19.06.2025).

УДК 631.3

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ

Лебеза К. О., здобувач СВО «Бакалавр»,
Горовий М. В., ст. викл.,
Калнагуз О. М. ст. викл.,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Кормові ресурси є основою харчування тварин у сільськогосподарських господарствах. Під кормами розуміють будь-які природні або штучно створені продукти, що містять поживні речовини та забезпечують ріст, розвиток, відтворення і продуктивність тварин [1]. Основними видами кормів є зелені корми, сіно, сінаж, силос, концентрати, грубі корми (солота, стебла кукурудзи), комбікорми. Сіно, як найбільш поширений корм для великої рогатої худоби, коней та овець, містить високий відсоток поживних речовин і забезпечує до 40–50% потреби тварини у харчуванні взимку [2].

Основні матеріали дослідження. Висота зрізу трави при заготівлі сіна є ключовим фактором, що впливає на якість корму та збереження рослинного покриву. Оптимальна висота зрізу трави зазвичай становить 3,5–7 см, залежно від виду трав і технології скошування [2]. Дотримання цієї норми дозволяє забезпечити максимальне накопичення сухої речовини та зберегти життєздатність кореневої системи для наступного росту. Процес заготівлі кормів складається з декількох операцій, які взаємопов'язані та визначають кінцеву якість корму. Скошування є першою операцією заготівлі кормів, яка визначає ефективність наступних технологічних процесів. Для скошування використовують різні типи косарок: навісні, фронтальні, напівпричіпні та причіпні [1].

Kuhn FC 13460 RA – фронтальна роторна косарка з дисковою системою різання, оснащена Max Cut ріжучим механізмом. Два роторні диски обертаються з високою швидкістю, що дозволяє рівномірно скошувати траву без пошкодження кореневої системи.

Claas Disco T / TC / Flapgrasper – дискові косарки з плаваючими роторними системами. Диски оснащені подвійними ножами, які забезпечують чистий зріз і високу продуктивність. Косарки цієї серії дозволяють регулювати висоту зрізу та формувати валок одразу після скошування. Сучасні технології дозволяють не лише підвищити продуктивність машин, але й зменшити негативний вплив на структуру корму. Наприклад, використання роторних косарок із регульованою висотою зрізу дозволяє мінімізувати пошкодження листя та стебел, що позитивно впливає на засвоюваність корму тваринами. Крім того, автоматичне регулювання швидкості обертання ротора під час роботи

з різними культурами забезпечує оптимальну подачу матеріалу до пресувальної камери. Ferguson DM – однороторні косарки для невеликих і середніх господарств.

Відзначаються надійністю, компактністю та простотою обслуговування.

Krone Active mow – сучасні роторні косарки з системою автоматичного регулювання положення роторів і адаптації до рельєфу поля. Косарки поділяються за принципом роботи на роторні та барабанні. Роторні підходять для високої продуктивності на великих площах, барабанні – для рівномірного та акуратного зрізу трави на невеликих ділянках або в умовах нерівного рельєфу [2]. Після скошування траву залишають на полі для часткового підсихання, а потім ворують спеціалізованими машинами, щоб прискорити процес сушіння.

Massey Ferguson RK – роторна сіноворухка з регульованим кутом нахилу, яка формує валки для подальшого підбирання.

Unia Spajder – багатороторна грабля-ворошилка, що дозволяє рівномірно розкидати траву по полю, уникати її спікання та прискорювати процес сушіння.

Claas Volto – роторні ворошилки з можливістю регулювання швидкості та інтенсивності обертання ротора. Вони забезпечують мінімальні механічні ушкодження рослин і формують акуратні валки.

Ворухіння дозволяє зберегти вміст білка та інших поживних речовин у траві, а також забезпечує ефективне формування валків для пресування [1]. У процесі ворухіння і згрібання корму важливу роль відіграє точне налаштування робочих органів і ширини захвату. Неправильне налаштування може призвести до втрат корму та зменшення його поживної цінності. Дослідження показують, що оптимальна висота піднімання ротора під час ворухіння повинна становити приблизно 15–20 см від поверхні ґрунту, що дозволяє забезпечити ефективне висушування корму та уникнути забруднення його землею

Після ворухіння проводять операцію згрібання, щоб підготувати покis до підбирання.

Використовують роторні та грабельні системи:

Claas Liner – роторні граблі для формування довгих та рівних валків. Кожен ротор оснащений пальцями зі сталі, які акуратно підбирають траву без розкидання.

Massey Ferguson RK series – багатороторні граблі з плавним регулюванням ширини захвату, що дозволяє оптимізувати форму валка для прес-підбирача.

Unia Spajder – граблі з роторними роторами, які одночасно ворують і згрібають траву, забезпечуючи економію часу і палива.

Підбирання та пресування кормів є заключною операцією і визначає кінцеву форму та щільність корму. Сучасні рулонні та тюкові

прес-підбирачі значно підвищують ефективність цього процесу.

Massey Ferguson RB 3130F – рулонний прес-підбирач, що формує тюки діаметром до 1,8 м. Оснащений підбирачем з грабельними зірочками та системою обв'язки сіткою Varionet. Забезпечує щільне пресування і автоматичне обв'язування тюків.

Comprima Krone F125–V180 – тюковий прес-підбирач з подвійною пресувальною камерою. Робочі органи включають підбирач з гнучкими пальцями та ножову систему для рівномірного різання. Система обв'язки Variotwin дозволяє одночасно обв'язувати тюк сіткою та шпагатом.

Unia Z-511 – прес-підбирач тюкового типу з механізмом автоматичного обв'язування. Підбирач оснащений сталевими пальцями для підбору трави без втрат.

McHale – ірландська марка, що випускає як тюкові, так і рулонні прес-підбирачі. Висока щільність пресування забезпечується інноваційною системою ротора та камерою подвійного пресування

Екструзійний безперервний прес-підбирач Кена Андерхіла – інноваційна розробка, яка формує тюки у вигляді суцільної стрічки, автоматично обв'язує сіткою та розрізає тюк за допомогою ножів по обидва боки камери. Дозволяє формувати тюки різних діаметрів (121 см і 81 см) і підвищує продуктивність до рівня великопакувальних пресів [6].

Всі сучасні прес-підбирачі оснащені системами автоматичного регулювання щільності, підбирачами з зірочками або гнучкими пальцями, а також механізмами для обв'язки тюків сіткою чи шпагатом. Інноваційні моделі, такі як машина Андерхіла, дозволяють повністю автоматизувати процес заготівлі та скоротити трудові витрати [5]. Використання безперервної подачі матеріалу та системи електронного контролю щільності тюків дозволяє уникнути ручного втручання і забезпечує однорідність кормових блоків. Це особливо важливо для тваринницьких комплексів із великою кількістю поголів'я, де швидкість і якість заготівлі корму безпосередньо впливають на економічну ефективність виробництва.

Висновки. Заготівля кормів для тваринницьких господарств є комплексним процесом, що включає скошування, ворущіння, згрібання та підбирання. Використання сучасної техніки – косарок, граблів-ворошилок та прес-підбирачів різних марок – забезпечує ефективне проведення всіх операцій, збереження поживних властивостей корму та високу продуктивність праці. Інноваційні машини, такі як безперервний прес-підбирач Кена Андерхіла, відкривають нові можливості для механізації та автоматизації процесу, що дозволяє значно знизити витрати часу та палива, підвищити якість тюків та рулонів та забезпечити стабільне постачання кормів високої якості для тварин [6].

Список використаних джерел

1. Технології заготівлі кормів. Сайт <https://joiner.org.ua/> Професійно-технічне навчання онлайн. Головна / Трактори і сільськогосподарські машини / Технології заготівлі кормів. URL: <https://joiner.org.ua/traktory-i-silskohospodarski-mashyny/tekhnologii-zahotivli-kormiv.html> (дата звернення: 01.10.2025).

2. Подлесний М., Гайденок О. Заготівля, зберігання та використання кормів. Журнал "Агробізнес Сьогодні". <https://agro-business.com.ua/>. Головна / Статті / Сучасне тваринництво /. 03.02.2021. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/20334-zahotivlia-zberihannia-ta-vykorystannia-kormiv.html> (дата звернення: 01.10.2025).

3. Молочна О. Як правильно підготувати місце для того, аби зберігати корми?. Сайт <https://tandf.in.ua/> Інформаційно-аналітичний портал про сучасні технології за доглядом та годівлею худоби Trandf. Статті /. 04.11.2024. URL: <https://tandf.in.ua/yak-pravylno-pidhotuvaty-mistse-dlia/> (дата звернення: 25.09.2025).

4. Постельга С., Смоляр В. Актуальні технічні та технологічні аспекти заготівлі кормів. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт <https://agroelita.info/>. Головна > Техніка > Актуальні технічні та технологічні аспекти заготівлі кормів. 12.06.2019. URL: <https://agroelita.info/aktualni-tehnichni-ta-tehnologichni-aspekty-zahotivli-kormiv/> (дата звернення: 01.10.2025).

5. Філоненко Л., Тихоненко О., Укрндіпвт Ім. Л. Погорілого. Сучасна техніка для заготівлі кормів. Журнал "Агробізнес Сьогодні". <https://agro-business.com.ua/>. Головна / Статті / Механізація АПК. 24.05.2011. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/865-suchasna-tekhnika-dlia-zahotivli-kormiv.html> (дата звернення: 01.10.2025).

6. Артım А. Техніка для заготівлі сіна: огляд популярних агрегатів. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт <https://agroelita.info/>. Новини / Техніка. 08.06.2023. URL: <https://agroelita.info/tekhnika-dlia-zahotivli-sina-ohliad-populiarnykh-ahrehativ/> (дата звернення: 21.10.2025).

UDC 664.3.032:665.3

TECHNICAL SUPPORT FOR COLD-PRESSED OIL PRODUCTION

Sinko L. O., Higher Education Student,

Horach O. O., Doctor of Technical Sciences

Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine

Problem statement. In modern agro-industrial production, the demand for environmentally friendly, biologically active products, in particular cold-pressed edible oils, is growing. Flax, pumpkin and sesame oils are characterized by a high content of omega-3, omega-6 fatty acids, antioxidants, vitamins and trace elements. Their production requires precise technical and technological support, which includes modern equipment, automated control systems, compliance with sanitary standards and an effective packaging system. The introduction of innovative solutions in the processing of crop products allows to improve quality, reduce losses and ensure competitiveness in the domestic and foreign markets [1].

Main materials of the study. For the production of cold-pressed edible oils, seeds of high-quality oil crops are used - flax, pumpkin and sesame. Each of these species has unique properties that affect the processing technology, the yield of the finished product and its nutritional value. Oilseed flax is grown mainly in the southern, northern and central regions of Ukraine. The seeds contain about 35–42% oil, rich in omega-3 fatty acids and vitamin A. An important condition is to harvest flax at the optimal time to avoid waterlogging and spoilage of the seeds.

Pumpkin seeds have a high oil content - up to 50%, especially in varieties of the "gymnosperm" type. It contains valuable phytosterols, zinc, selenium, as well as saturated and unsaturated fatty acids. Pumpkin is grown in the southern regions, and the seeds are obtained by mechanical extraction from the fruit, drying and cleaning.

Sesame is a thermophilic crop that is grown mainly in experimental or niche farms in Ukraine. Sesame seeds contain up to 50% - 60% oil, rich in sesamin, sesamol, calcium and antioxidants. Due to their small size and high hygroscopicity, sesame requires special attention during storage and preparation for processing.

Before being submitted for pressing, the raw material undergoes several stages of preparation: cleaning from mechanical impurities, dust, stones and metal particles (using separators and magnetic traps); drying to an optimal moisture content of 6–8% in shaft or drum dryers; calibration by size and density to ensure uniform pressing; grinding in roller crushers to a fraction of 0.5–1.5 mm, which contributes to the effective extraction of oil.

The quality of raw materials is determined by such indicators as humidity, oil content, purity, absence of foreign odors, microbiological safety and compliance with varietal characteristics. Not only the yield of oil, but also its stability, taste properties and shelf life depend on the correct selection and preparation of raw materials.

Pressing is a key stage in the production of cold-pressed edible oils, since it is at this stage that the mechanical extraction of oil from prepared seeds takes place without the use of high temperatures. The main goal is to obtain oil with maximum biological value, preserving all natural components: fatty acids, vitamins, antioxidants and phytosterols.

Screw presses are used to perform cold pressing, which ensure gradual compression of the seed mass in the pressing chamber. The seeds are fed into a hopper, from where they enter the screw mechanism, where the oil is squeezed out under the action of the rotational movement of the screw and high pressure (30–50 MPa). It is important that the temperature in the pressing zone does not exceed 45°C, as overheating leads to the destruction of heat-sensitive substances, especially omega-3 acids in linseed oil [2, 3].

The pressing process is controlled by automated systems that regulate: the speed of rotation of the screw; the temperature of the press body; the pressure in the compression zone; the level of raw material supply. For linseed oil, it is especially important to minimize contact with oxygen. Pumpkin seeds, due to their soft structure, are easy to press, but require careful moisture control to avoid sticking. Sesame seeds have a fine fraction, so pressing requires precise calibration of the screw and uniform supply. After pressing, the resulting oil contains mechanical impurities, so it is sent for filtration. At the same time, the seed residues (cake) are removed from the press and can be used as a feed additive or raw material for biofuel. Thus, effective pressing ensures a high oil yield, stable product quality and preservation of its beneficial properties without the use of chemical or thermal methods [4].

Research results. The technological process of cold-pressed oils production is based on the use of specialized equipment that ensures the preservation of biologically active substances and stable product quality. At the drying stage, shaft or drum dryers are used, which allow reducing seed moisture to the optimal level - 6–8% - at a temperature of 40–60°C. Grinding is carried out using rollers.

The main unit is a cold-pressed screw press, which operates at a temperature not exceeding 45°C and a pressure of 30–50 MPa. This allows the oil to be extracted without thermal destruction of its beneficial components. Bag or membrane filters with a porosity of 1–5 micrometers are used to purify the oil, which ensure the transparency of the product without the use of chemical reagents.

The oil is stored in sealed containers made of food-grade stainless steel or dark glass, which protects the product from light and oxidation. The storage temperature is maintained within +5...+15°C. Automated control systems are implemented at all stages of production: frequency converters, PLC controllers regulate temperature, pressure and humidity. Additionally, quality control sensors are used - optical, temperature, vibration - which are integrated into production lines to ensure the stability of parameters.

Packaging is the final stage of the technological process of producing cold-pressed edible oils and is crucial for preserving the quality, biological activity and presentation of the products. For linseed, pumpkin and sesame oils, packaging is used exclusively in glass containers that meet the requirements for the storage of light- and oxygen-sensitive products. Preference is given to dark glass bottles - amber, green or black - that provide

protection against ultraviolet radiation and photochemical oxidation. The volume of the bottles varies depending on the target market: 100 ml, 250 ml, 500 ml and 1 liter. Capping is carried out using screw metal or polymer caps with a seal that guarantees tightness.

For premium segment products, packaging is carried out on automatic or semi-automatic lines that include dispensers, cappers, and labeling machines. Before bottling, the oil undergoes final filtration, and after packaging, visual inspection of transparency, tightness and labeling. Labeling is carried out in accordance with the requirements of DSTU and TU, indicating the date of production, expiration date, storage conditions, composition, manufacturer and contact information. Labels may contain QR codes for going to the manufacturer's website or viewing quality certificates. Sanitary and hygienic conditions of the packaging shop must meet food safety requirements: air cleanliness, temperature control, absence of foreign odors, regular disinfection of surfaces and equipment.

After packaging, the products are packed in corrugated containers or shrink film for transportation. Packaged bottles are stored in dry, dark rooms at a temperature of +5...+15°C, with a relative humidity of no more than 60% [4].

The production of cold-pressed edible oils from non-traditional raw materials – flax, pumpkin and sesame – is an economically feasible and environmentally friendly direction of development of the agro-processing industry. This approach allows to combine high added value of products with minimal impact on the environment. From an economic point of view, cold-pressed oils belong to the category of niche products with high demand among consumers focused on healthy eating. The cost of a liter of flax, pumpkin or sesame oil in the retail segment significantly exceeds the cost of traditional sunflower oil, which ensures high profitability of production even with relatively small volumes of processing. In addition, the cake remaining after pressing is not waste, but is used as high-protein animal feed, fertilizer or raw material for biofuel, which allows for complete utilization of raw materials without loss.

From an environmental point of view, the production of cold-pressed oils is low-waste and safe for the environment. The absence of chemical reagents, minimal water consumption, low levels of air and wastewater emissions make this process suitable for implementation even in small farms or environmentally sensitive regions. In addition, packaging in glass bottles that can be reused or recycled meets modern requirements for environmentally friendly packaging and reduces the burden on the environment.

Thus, the production of cold-pressed flaxseed, pumpkin and sesame oils is an example of a sustainable agro-processing business that combines economic benefit with responsibility to nature and society.

Conclusions. Technical and technological support for the production of cold-pressed flaxseed, pumpkin and sesame oils covers all stages - from the

preparation of raw materials to the packaging of finished products. High-tech equipment, process automation, compliance with technical conditions and sanitary standards allow you to obtain high-quality, safe and competitive products. This approach contributes to the development of small and medium-sized agribusiness, environmental safety and strengthening of Ukraine's position in the world market of edible oils.

References

1. Gorach, O.O., Dzyundzya, O.V., Novikova N.V., Rezvykh, N.I., Development of gluten-free products technology using flax flour. Technology audit and production reserves. No. 2/3(82), 2025. P. 58–63. <https://doi.org/10.15587/2706-54>
2. Horach O. O., Lavrenko N. M. Development of scientific foundations for obtaining bast fiber fillers for the production of technical textiles. Modern agronomy trends: innovation, sustainable development and the future of agriculture: Scientific monograph. Riga, Latvia: “BaltijaPublishing”, 2025. P. 58–81. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-588-4-3>
3. Horach O.O. Ways to increase the nutritional and biological value of bakery products. Scientific Bulletin of the State Agricultural University of the Republic of Tatarstan. Melitopol: State Agricultural University of the Republic of Tatarstan, 2024. Issue 14, Volume 1. P. 261–270. doi:10.32782/2220-8674-2024-24-1-18
4. Innovative technologies and equipment of the industry. Processing of crop products: a practical manual. / K. O. Samoychuk, S. V. Kyurchev, V. F. Yalpachyk, N. O. Palyanychka, V. O. Verkholantseva, O. P. Lomeyko. TSATU. Melitopol: Publishing and Printing Center “Lux”, 2020. P. 312.

УДК 543.544+571.1

ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ЦІЛЬНОЗЕРНОВОГО БОРОШНА В ХЛІБОПЕЧЕННІ

Гринчук Д. О., здобувач ВО,

Горач О. О., д.т.н.

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон,
Україна*

Постановка проблеми. Продукція рослинництва є базою для виробництва борошна та хлібобулочних виробів, які займають значну частку у раціоні населення. Сучасні тенденції здорового харчування

орієнтовані не лише на смак, а й на підвищення біологічної цінності продуктів, зокрема за рахунок збагачення харчовими волокнами, вітамінами, мінералами та біологічно активними сполуками. У цьому контексті цільнозернове борошно розглядається як перспективна сировина для виробництва функціональних хлібобулочних виробів, оскільки при його одержанні зберігаються оболонки та зародок зерна, де сконцентровано більшість корисних речовин. Водночас перехід від традиційного виробництва хліба з борошна вищого гатунку до використання цільнозернового борошна супроводжується низкою техніко-технологічних труднощів. Цільнозернове борошно характеризується підвищеною зольністю, високою ферментативною активністю, значним вмістом харчових волокон і ліпідів, що впливає на реологічні властивості тіста, газотримувальну здатність, структуру та смак хліба. При відсутності відповідної адаптації технологічних схем, режимів помелу, тістоприготування і випікання відбувається погіршення об'єму, пористості та органолептичних показників виробів, що обмежує широке впровадження цільнозернового борошна у промислове хлібопечення. Отже, виникає науково-практична проблема техніко-технологічного забезпечення виробництва та переробки продукції рослинництва на прикладі цільнозернового борошна в хлібопеченні, яка потребує комплексного аналізу та визначення шляхів удосконалення [1].

Основні матеріали дослідження. Цільнозернове борошно є продуктом переробки зерна пшениці або інших злаків із максимальним збереженням усіх анатомічних частин зернівки: ендосперму, алейронового шару, оболонок та зародка. На відміну від сортового борошна, при виробництві цільнозернового не здійснюють видалення висівок і зародка, завдяки чому зростає вміст харчових волокон, мінеральних речовин, вітамінів групи В, антиоксидантів і ліпідів. Таке борошно є більш цінним з точки зору дієтології, але створює додаткові вимоги до технології. Частинки оболонок ушкоджують клейковинний каркас, знижуючи газотримувальну здатність тіста, підвищена гігроскопічність обумовлює більшу водопоглинальну здатність, а високий вміст жиру збільшує ризик окиснювального псування під час зберігання. Якість цільнозернового борошна значною мірою визначається вихідною сировиною рослинництва та технологією помелу. Для одержання борошна з прийнятними хлібопекарськими властивостями необхідно використовувати високоякісні сорти пшениці з достатнім вмістом білка і міцною клейковиною, дотримуватися оптимальних строків збирання, здійснювати правильну післязбиральну доробку та зберігання зерна для уникнення проростання і надмірного зростання ферментативної активності [2-4].

Підготовка зерна до помелу включає очищення від смітних, мінеральних та насінневих домішок, сортування за розміром і скловидністю, а також кондиціонування – зволоження та відлежування.

На відміну від виробництва сортового борошна, при цільнозерновому помелі надмірне зволоження небажане, оскільки надто розм'якшені оболонки гірше подрібнюються, що погіршує рівномірність дисперсності. Вибір обладнання для помелу також має принципове значення: вальцові млини з адаптованою технологічною схемою дозволяють здійснювати повний помел із поверненням усіх фракцій у продукт; кам'яні млини забезпечують повільніше подрібнення з меншим нагріванням; ударно-відцентрові млини дають можливість отримувати тонкодисперсне цільнозернове борошно в один прохід без просіювання. Для контролю якості застосовують визначення вологості, зольності, крупності помелу, вмісту сирі клейковини, числа падіння, а також оцінюють хлібопекарські властивості за допомогою приладів і пробних випікань.

Особливості хімічного складу цільнозернового борошна обумовлюють необхідність модифікації традиційної технології хлібопечення. При використанні такого борошна тісто стає більш щільним і менш еластичним, знижується об'єм готових виробів, м'якушка набуває грубуватої, іноді крихкої структури, а колір та смак хліба відрізняються від звичного «білого» хліба. Для коригування цих недоліків застосовують збільшення гідратації тіста, використання сумішей борошна (поєднання цільнозернового з борошном вищого або першого ґатунку), введення ферментних препаратів, органічних кислот, поверхнево-активних речовин, що покращують газо- та водоутримувальну здатність. Значну увагу приділяють вибору схеми тістоприготування: застосовують опарні та заквасні способи, які забезпечують пролонговане бродіння, краще набухання оболонок, часткове розщеплення полісахаридів та формування більш вираженого аромату. Для покращення структури м'якушки практикують попереднє замочування та заварювання частини цільнозернового борошна. Режим випікання також підлягають адаптації: часто використовують дещо нижчі температури і більшу тривалість випікання, активне парозволоження на початку процесу, коригують масу і форму виробів. Сучасні підходи включають застосування передпророщування зерна перед помелом, а також фізичної модифікації сировини (екструзія, мікронізація, високий тиск), що сприяє поліпшенню розчинності харчових волокон і характеристик тіста [5].

Результати дослідження. Аналіз літературних джерел і практичного досвіду хлібопекарної галузі показує, що цільнозернове борошно має значний потенціал для підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів, однак його використання потребує грамотного техніко-технологічного забезпечення на всіх стадіях виробництва. Встановлено, що використання високоякісної сировини рослинництва та оптимізованих схем помелу дає можливість одержати цільнозернове борошно зі стабільними показниками якості, придатне для промислового хлібопечення. Комбіновані схеми, що поєднують

традиційні вальцьові системи з кам'яними або ударно-відцентровими млинами, дозволяють зберегти харчову цінність зерна та одночасно покращити дисперсність і технологічні властивості борошна. Результати досліджень підтверджують, що правильний добір режимів очищення, кондиціонування та подрібнення зерна зменшує коливання якості готової продукції й підвищує відтворюваність технологічних параметрів [6].

Щодо етапу тістоприготування і випікання, показано, що просте заміщення сортового борошна цільнозерновим без змін у технології призводить до суттєвого зниження споживчих властивостей хліба. Натомість застосування комплексу технологічних прийомів – збільшення гідратації, використання заквасок та опар, ферментних та функціональних добавок, попередньої обробки частини борошна – дозволяє наблизити об'єм, пористість і м'якість хліба з цільнозернового борошна до показників продукції з борошна вищого ґатунку, зберігаючи при цьому переваги щодо харчової цінності. Дослідження також свідчать, що перехід на цільнозернову сировину висуває підвищені вимоги до лабораторного контролю: необхідно оцінювати не лише стандартні показники (вологість, зольність, клейковину), але й окиснювальну стабільність, мікробіологічну безпеку, а також поведінку тіста в процесі бродіння і випікання [7].

Водночас аналіз практики показав, що впровадження хліба з цільнозернового борошна у широке промислове виробництво гальмується низкою факторів. Серед них – відсутність єдиних і чітких стандартів на цільнозернове борошно, неоднозначність термінології, технічні обмеження переважної частини існуючих млинарських і хлібопекарських підприємств, необхідність модернізації обладнання, а також певна консервативність споживчих уподобань. За результатами аналізу визначено, що перспективними напрямками є розробка нормативно-правової бази, яка б регламентувала вимоги до цільнозернового борошна і продукції з нього, модернізація техніко-технологічної бази підприємств, впровадження енергозберігальних і високоефективних технологій обробки зерна та тіста, а також активна інформаційно-просвітницька робота щодо переваг цільнозернових продуктів для здоров'я.

Висновки. Цільнозернове борошно як продукт переробки продукції рослинництва істотно перевершує традиційне сортове борошно за показниками біологічної та харчової цінності завдяки збереженню оболонки та зародка зерна. Разом з тим його використання у хлібопеченні пов'язане з низкою технологічних складнощів, які проявляються у погіршенні реологічних властивостей тіста, зниженні об'єму, зміні структури та органолептичних характеристик хліба. Ефективне техніко-технологічне забезпечення виробництва цільнозернового борошна і хліба на його основі передбачає наявність якісної сировинної бази, раціональних схем помелу, сучасного

млинарського обладнання та розширеної системи контролю якості. Особливе значення має адаптація технології тістоприготування й випікання шляхом коригування рецептури, режимів бродіння та термообробки, впровадження ферментних і функціональних добавок, використання заквасок і сучасних фізичних методів обробки сировини.

Основні проблеми техніко-технологічного забезпечення пов'язані з недостатньою стандартизацією цільнозернового борошна, технічними обмеженнями існуючого обладнання, підвищеними вимогами до контролю якості та необхідністю інвестицій у модернізацію виробництва. Вирішення цих проблем можливе за умови комплексного підходу, що включає розробку та впровадження нормативної бази, оновлення технічного парку млинарських і хлібопекарських підприємств, широке використання інноваційних технологій переробки зерна і тіста, а також формування у споживачів усвідомленого попиту на цільнозернові хлібобулочні вироби. Комплексне удосконалення техніко-технологічного забезпечення на всіх етапах – від вирощування зерна до випікання готових виробів – створює передумови для розширення асортименту якісних і конкурентоспроможних цільнозернових хлібів та сприяє реалізації концепції здорового харчування населення.

Список використаних джерел

1. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Довідник : навч. посіб. / 2-е вид., перероб. і допов. Київ, 2019. 580 с.
2. Горач О.О. Шляхи підвищення харчової та біологічної цінності хлібобулочних виробів. Наук. вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2024. Вип. 14, том 1. С. 261-270. doi:10.32782/2220-8674-2024-24-1-18
3. Горач О.О., Новікова Н.В. Товарознавство харчових продуктів. Херсон. 2023. ХДАЕУ. 345 с. <http://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/9055>
4. Места-Коралл М., Паренті О., Ноченте Ф. Технологічні та харчові аспекти виробництва хліба з цільнозернового борошна // Foods. 2024. Т. 13, № 2. С. 1–18. URL: <https://www.mdpi.com>
5. Жигунов Д. Ю., Олійник С. В., Сидоров А. В. Обґрунтування технології виробництва цільнозернового пшеничного борошна // Grain Products and Mixed Fodder's. 2020. Т. 20, № 2. С. 33–41. URL: <https://journals.ontu.edu.ua>
6. Михоник Л. І. Технологічні властивості пшеничного цільнозернового борошна та якість хліба з нього // Ukrainian Food Journal. 2024. Т. 13, № 1. С. 27–36. URL: <https://ufoodjournal.com>
7. Паренті О., Герріні Л., Дзаноні Б. Техніки та технології хлібопечення з використанням нетрадиційних видів борошна // Trends in Food Science & Technology. 2020. Т. 99. С. 152–164. URL: <https://www.sciencedirect.com>

УДК 664.8:66.099.2

ГРАНУЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ ПОГЛИБЛЕНОЇ ПЕРЕРОБКИ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПЛОДООВОЧЕВИХ РЕСУРСІВ

Кузіна А., здобувач ВО,

Прокопенко О. П., асист.,

Червоткіна О. О., асист.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

У сучасних умовах харчова та переробна промисловість стикається з проблемою значних втрат плодоовочевої сировини через її сезонність, швидке псування та нерівномірність надходження. Традиційні методи переробки не завжди забезпечують достатній рівень збереження біологічно цінних речовин і не дозволяють ефективно використовувати нестандартну або надлишкову продукцію. У зв'язку з цим виникає потреба у впровадженні інноваційних технологій поглибленої переробки, які сприятимуть мінімізації відходів, економії ресурсів та підвищенню доданої вартості продуктів. Одним із перспективних напрямів є гранулювання плодоовочевої сировини, що забезпечує отримання стабільних, транспортабельних та довготривало збережених продуктів.

Сутність гранулювання- технологія полягає у перетворенні подрібненої рослинної маси в однорідні гранули шляхом пресування, сушіння або агломерації. Така форма дозволяє зберегти структуру продукту, біологічно активні речовини та ароматичні компоненти. Процес гранулювання включає підготовку сировини (миття, подрібнення, видалення надлишкової вологи), формування гранул та їх стабілізацію шляхом сушіння або пресування. Важливим етапом є підбір оптимальних параметрів вологості, температури та тиску, що забезпечують необхідну щільність і міцність гранул. У ході гранулювання відбуваються зміни структури клітинних стінок, перерозподіл вологи та часткове ущільнення харчових волокон. Це дозволяє підвищити сипкість, однорідність та стабільність продукту. Деякі види сировини потребують додавання натуральних зв'язувальних компонентів (пектинів, крохмалю), що покращує механічні властивості гранул. Гранули з плодоовочевої сировини зберігають більшість біологічно активних речовин (вітаміни, поліфеноли, органічні кислоти), що є перевагою порівняно з традиційним сушінням або консервуванням. Важливою властивістю є можливість регулювання ступеня подрібнення та гомогенності, що визначає спектр подальшого використання гранул. Плодоовочеві гранули використовують у виробництві соків прямого відновлення,

сухих напоїв, функціональних сумішей, дитячого харчування, а також як натуральні барвники та ароматизатори. У кормовій промисловості гранули забезпечують високу засвоюваність і рівномірність складу кормів.

Технологічні переваги, рівномірність та легкість дозування, покращення фізико-хімічних властивостей продукту, зменшення витрат на транспортування та зберігання, можливість створення концентрованих інгредієнтів для харчової, кормової та фармацевтичної галузей. Гранулювання дозволяє ефективно переробляти надлишкову, нестандартну або сезонну сировину, що в іншому разі могла б перетворитися на відходи. Технологія дає можливість зберігати цінні поживні компоненти, створюючи продукти з високою рентабельністю. Процес сприяє зменшенню харчових відходів, оптимізації логістичних процесів та зниженню екологічного навантаження. Використання гранульованої продукції як інгредієнтів у подальшому виробництві підвищує конкурентоздатність підприємств. За допомогою гранулювання можна ефективно переробляти продукцію, яка не відповідає вимогам до реалізації у свіжому вигляді — дрібні, пошкоджені або перезрілі овочі та фрукти. Це дозволяє мінімізувати втрати врожаю та підвищити рентабельність виробництва. Сучасні установки для гранулювання використовують енергоощадні режими сушіння, інфрачервоні та конвективні методи нагріву, автоматизоване регулювання параметрів процесу. Розробляються комбіновані технології, які поєднують гранулювання з сублимаційним сушінням або мікронізацією.

Перспективи розвитку технології. Серед ключових напрямів — розробка функціональних гранул, збагачених вітамінами, антиоксидантами, харчовими волокнами; удосконалення технологічного обладнання; впровадження енергоощадних методів сушіння та пресування. Гранулювання є ефективним інструментом поглибленої переробки плодоовочевих ресурсів, що сприяє раціональному використанню сировини, збереженню її цінності та зменшенню технологічних втрат. Технологія забезпечує можливість виробництва інноваційних, стабільних та економічно вигідних продуктів, відкриваючи широкі перспективи для харчової та суміжних галузей промисловості. Її впровадження є актуальним напрямом модернізації переробних підприємств та підвищення ефективності ресурсокористування. Гранули із заданими функціональними властивостями відкриває можливості для отримання інгредієнтів з контрольованим складом, покращеними органолептичними характеристиками та підвищеною біодоступністю поживних речовин. Гранули характеризуються високою стійкістю до механічних пошкоджень, низькою вологістю та довгим терміном зберігання без втрати якості. Зменшення об'єму та ваги продукції значно спрощує транспортування та знижує витрати на логістику.

Список використаних джерел

1. Ялпачик В. Ф., Буденко С. Ф., Червоткіна О. О. Коефіцієнт тертя гранульованих відходів сокового виробництва. *Техніка і технології АПК*. 2017. № 1(88). С. 22–25
2. Червоткіна О. О., Прокопенко О. П., Паляничка Н. О., Гранулювання вторинних продуктів переробки. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2025. Вип.15, т. 1. С. 147–150.
3. Червоткіна О. О., Стручаєв М. І., Тарасенко В. Г. Дослідження процесу гранулювання овочевих відходів за допомогою пресгранулятора з плоскою матрицею. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2021. Вип. 21, т. 1. С. 160–168.

УДК 664.8:66.099.2

ГРАНУЛЮВАННЯ ОВОЧІВ І ФРУКТІВ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Зоц Д. В., здобувач ВО,
Червоткіна О. О., асист.,
Прокопенко О. П., асист.
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Україна

Сучасний розвиток харчової промисловості орієнтований на підвищення ефективності переробки рослинної сировини, зменшення втрат та раціональне використання вторинних ресурсів. Особливої актуальності набуває питання переробки овочів і фруктів, які мають значну біологічну цінність, але характеризуються коротким терміном зберігання та високими втратами під час транспортування і зберігання. Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є гранулювання висушеної овочевої та фруктової сировини.

Гранулювання дозволяє перетворити подрібнену рослинну масу у компактні, однорідні та зручні для транспортування форми, що підвищує стабільність продукту та спрощує його подальше використання у харчових концентратах, кормових сумішах та функціональних добавках.

Овочі та фрукти мають складний хімічний склад, що включає органічні кислоти, цукри, пектини, клітковину, крохмаль, мінеральні речовини та біологічно активні сполуки. Наявність значної кількості вологи (до 85–95 %) у свіжому вигляді обумовлює необхідність попередньої сушки перед гранулюванням. Найбільш доцільними є методи конвективного або інфрачервоного сушіння, які забезпечують

збереження поживної цінності продукту.

Після сушіння сировину подрібнюють до фракції 0,5–2 мм, що створює оптимальні умови для формування стійких гранул. Занадто дрібна фракція погіршує структуру гранул, а надмірно велика знижує їх міцність і однорідність.

Ефективність гранулювання овочів і фруктів визначається поєднанням низки технологічних факторів. Одним із ключових є вологість підготовленої сировини, яка повинна становити 10–14 %. За нижчої вологості гранули мають крихку структуру, тоді як перевищення оптимальних значень призводить до деформацій і зниження механічної стійкості.

Температура процесу також відіграє важливу роль, оскільки сприяє пластифікації органічних компонентів та активізації природних зв'язувальних властивостей пектинів і крохмалю. Оптимальний температурний режим перебуває в межах 70–110 °С, що забезпечує адгезію частинок без руйнування їх харчової цінності.

Тиск гранулювання та конструкція матриці визначають щільність і форму гранул. Підвищення тиску сприяє ущільненню матеріалу, однак його надмірні значення викликають підвищені енергозатрати і прискорений знос обладнання. Раціональним є використання матриць із середньою довжиною каналів та рівномірним розподілом фільтер. Гранульовані продукти з овочів і фруктів мають низку переваг: стабільність складу, тривалий термін зберігання, зручність дозування та транспортування. Такі гранули можуть використовуватися як основа для сухих супів, функціональних харчових продуктів, дієтичних добавок, а також у кормовій промисловості.

Крім того, гранулювання сприяє зменшенню харчових відходів, оскільки дозволяє переробляти некондиційну сировину та побічні продукти, що відповідає принципам безвідходних і екологічно орієнтованих технологій. Під час гранулювання овочевої та фруктової сировини відбувається комплекс взаємопов'язаних процесів: ущільнення, термопластична деформація, капілярне перерозподілення вологи та часткове склеювання частинок за рахунок природних біополімерів. Особливу роль відіграють пектини, які при нагріванні переходять у гелеутворюючий стан і забезпечують додаткову міцність структури гранул. Цукри, що містяться у фруктах, при підвищеній температурі сприяють утворенню в'язких зв'язків між частинками, що покращує формування гранул, проте при надмірній температурі можуть викликати карамелізацію та погіршення органолептичних показників.

Важливим є також ступінь подрібнення сировини. Оптимальне гранулювання досягається за умови рівномірного розподілу частинок у суміші. Нерівномірність фракційного складу призводить до утворення внутрішніх пустот у гранулах, що негативно впливає на їх міцність та стабільність.

Залежність якості гранул від основних параметрів процесу має чітко виражений характер. Так, зі зростанням температури у межах допустимих значень спостерігається підвищення щільності гранул та покращення їх формостійкості. Водночас перевищення критичних температур викликає деградацію вітамінів і біологічно активних речовин.

Вологість також має визначальне значення. При вологості нижче 9 % гранули стають ламкими та легко руйнуються при механічному впливі. За вологості понад 15 % знижується їх здатність до збереження форми, виникають деформації та злежування при зберіганні.

Швидкість обертання матриці впливає на тривалість перебування сировини у зоні стискання. При надто високій швидкості гранули формуються нерівномірно, що погіршує їх однорідність, тоді як надто низька швидкість знижує продуктивність обладнання.

Гранульовані овочі та фрукти широко використовуються у виробництві швидкокорозчинних супів, дитячого харчування, спортивних добавок, концентратів напоїв та лікувально-профілактичних продуктів. Вони мають стабільний склад, не потребують складних умов зберігання та зручні у транспортуванні. У харчовій промисловості такі гранули використовуються як наповнювачі або смакові компоненти, що дозволяє стандартизувати якість кінцевого продукту і забезпечити повторюваність рецептури.

Гранулювання овочів і фруктів є технологічно доцільним методом переробки, що забезпечує підвищення стабільності продукції, зменшення втрат та розширення її функціонального використання. Встановлено, що оптимальне поєднання температури, вологості та тиску гранулювання є ключовим фактором формування гранул із високими фізико-механічними показниками. Застосування сучасних технічних рішень та адаптація режимів гранулювання до специфіки сировини дозволяє значно підвищити енергоефективність процесу та якість готової продукції.

Гранулювання овочів і фруктів як перспективний напрям переробки рослинної сировини є інноваційним підходом, що поєднує ефективну утилізацію аграрної продукції з підвищенням її технологічної та споживчої цінності. Застосування процесу гранулювання дозволяє суттєво зменшити втрати при зберіганні та транспортуванні, стабілізувати фізико-хімічні властивості продукту та подовжити термін його придатності. Крім того, гранульована форма сприяє стандартизації складу й полегшує дозування у харчових і кормових системах. Такий підхід відкриває нові можливості для розвитку ресурсозберігаючих технологій у переробній промисловості.

Окрім цього, гранулювання сприяє підвищенню біодоступності поживних речовин завдяки частковій деструкції клітинних оболонок рослинної сировини. Процес також забезпечує отримання продукту з прогнозованими фізико-механічними характеристиками, що важливо

для промислового використання. Використання сучасних технологічних рішень дозволяє адаптувати параметри гранулювання до різних видів овочевої та фруктової маси. У результаті формується стабільний продукт, придатний для тривалого зберігання та подальшої глибокої переробки.

Список використаних джерел

1. Рациональное використання відходів виробництва морквяного соку / О. О. Червоткіна, В. О. Олексієнко, Н. О. Фучаджи. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2012. Вип. 12, т. 4. С. 216–221.
2. Олексієнко В. О., Червоткіна О. О., Циб В. Г. Дослідження механізмів гранулювання. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2016. Вип. 16, т. 1. С. 269–273.
3. Ялпачик В. Ф., Буденко С. Ф., Олексієнко В. О., Червоткіна О. О. Дослідження коефіцієнта тертя гранульованого жому моркви // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. Вип.18, т. 1. С. 112–118.
4. Червоткіна О. О., Стручаєв М. І., Тарасенко В. Г. Дослідження процесу гранулювання овочевих відходів за допомогою пресгранулятора з плоскою матрицею. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2021. Вип. 21, т. 1. с. 160–168.

УДК 628.477

ПРОБЛЕМАТИКА УТИЛІЗАЦІЇ РІЗНИХ ВИДІВ ПАКУВАЛЬНОЇ ТАРИ ТА УПАКОВКИ ТА МОЖЛИВІ РІШЕННЯ

Ковальов О. О., к.т.н.,ст.викл.,
Паляничка Н. О. к.т.н., доц.,
Кочкіна Д., здобувачка СВО «Бакалавр»
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Нові правила ЄС та України: З 2025 року в ЄС набуває чинности Регламент щодо упаковки та відходів упаковки (PPWR), який вимагає поетапної відмови від заяв про «теоретичну придатність для переробки» та встановлює чіткі цілі: до 2030 року 70% фактичного рівня переробки, а до 2035 року – «високоякісна вторинна переробка» матеріалів у той самий матеріал.

В Україні також запроваджуються єдині стандарти сортування

відходів з уніфікованими кольорами контейнерів (жовтий – пластик, зелений – скло тощо) та чотири технологічними схемами збору для різних типів громад, що є кроком до європейської циркулярної економіки.

Посилення відповідальності виробників: Нові правила зосереджуються на прозорості маркування, що вимагає чітко вказувати відсоток перероблених матеріалів, та на дизайні, який має відповідати реальним технологіям переробки, а не формальним критеріям. Це стимулює компанії інвестувати в інноваційні екологічні матеріали та розробляти упаковку, придатну для ефективної вторинної переробки.

Проблеми та рішення для різних матеріалів

Пластик:

- *Проблеми:* Загроза морським екосистемам, тривалий термін розкладання, неможливість нескінченної переробки через втрату якості, забруднення потоків відходів токсичною тарою з-під хімікатів.

- *Рішення:* Впровадження вимог до мінімального вмісту переробленого пластику (PCR) в новій упаковці. Розвиток інфраструктури для збору та переробки. Корпоративні зобов'язання щодо збільшення частки перероблених матеріалів (наприклад, Coca-Cola планує збільшити глобальний рівень використання переробленого пластику до 30–35%) та поступова відмова від вводячих в оману екологічних заяв.

Скло:

- *Проблеми:* Висока енергоємність виробництва з первинної сировини, надзвичайно тривалий термін розкладання (до 1000 років), непридатність багат шарового та забрудненого скла для традиційної переробки.

- *Рішення:* Організація ефективного збору та сортування за кольором. «Закритий цикл» переробки, який дозволяє виробляти нові вироби зі збереженням якості та з меншими енерговитратами. Збирання склотари через стаціонарні та мобільні пункти прийому.

Папір та картон:

- *Проблеми:* Масова вирубка лісів, енергоємне виробництво, забруднення атмосфери при виробництві первинного паперу, розкладання на звалищах з виділенням токсинів.

- *Рішення:* Переробка макулатури, яка зберігає до 1-2 тонн деревини на кожну перероблену тонну, значно економить енергію та зменшує викиди. Технологічний процес включає сортування, розділення на волокна, видалення клею та домішок і перетворення на целюлозну масу для нових виробів.

Небезпечна тара (з-під хімікатів, пестицидів):

- *Проблеми:* Високий рівень токсичності, утворення стійких

отруйних сполук, забруднення ґрунту та ґрунтових вод, серйозна загроза здоров'ю людей та тварин.

• *Рішення:* Категорична заборона повторного використання для побутових потреб. Обов'язкова передача спеціалізованим ліцензованим компаніям для професійної утилізації. Процес включає ретельне промивання з подальшою обробкою відпрацьованої води, після чого тару подрібнюють, спалюють або переробляють. Розвиваються безкоштовні програми збору тари від виробників агрохімікатів.

Висновки: Регулювання як драйвер інновацій: Жорсткі стандарти ЄС та їх адаптація в Україні не є лише обмеженням. Вони створюють передбачувані умови для бізнесу та стимулюють інвестиції в нові технології переробки та еко-дизайн, роблячи екологічність пакування новою нормою та конкурентною перевагою.

Комплексність як запорука успіху: Ефективність усіх зусиль залежить від синхронізованої роботи трьох сторін: виробників (відповідальний дизайн та використання перероблених матеріалів), держави (чіткі правила, інфраструктура та контроль) та споживачів (відповідальне сортування). Жодна ланка не може функціонувати ізольовано.

Прозорість та довіра: Чесне маркування, що відображає реальний вміст перероблених матеріалів і справжню придатність до переробки, формує довіру споживачів. Компанії, які відкриті у своїй екологічній політиці, формують новий ринок та лояльність свідомих клієнтів, перетворюючи екологічні виклики на можливості для бізнесу.

Список використаних джерел

1. Вступ до фаху: Конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / О. О. Ковальов, К. О. Самойчук, В. О. Олексієнко та ін.; ТДАТУ. Мелітополь, 2021. 180 с.

2. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв: підручник / К. О. Самойчук, В. С. Бойко, В. О. Олексієнко та ін.; ТДАТУ. Мелітополь: ММД, 2020. 428с.

3. Ковальов О. О., Самойчук К. О., Необхідні умови забезпечення конкурентоздатності України на світових ринках продуктів харчування. *Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії: матер. VI міжнар. наук.-практ. конференції (3-4 листопада 2022 р.)*. Черкаси: ФОП Гордієнко Є. І., 2022. С. 143–146.

4. Інноваційні технології та обладнання галузі. Переробка продукції тваринництва: посібник-практикум / К. О. Самойчук, С. В. Кюрчев, Н. О. Паляничка та ін.; ТДАТУ. Мелітополь: Forward press, 2020. 250 с.

5. Vitenko T., Marynenko N., Kramar I. European Experience in Waste Management. *Environ. Sci.Proc.* 2021. Vol. 9. P. 17.

<https://doi.org/10.3390/environsciproc2021009017>

6. Болтянський О. В., Ковальов О. О., Колодій О. С. Використання інформаційно-цифрових технологій в сільському господарстві. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матер. III Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 01- 26 листопада 2021 р.) / ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 417.

7. Palianychka N., Verkholantseva V., Kovalyov A. Use of energy-efficient equipment in drinking milk technological line. *Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (24-25 листопада 2022 року). Харків: ДБТУ, 2022. С. 90–92

УДК 392.8

АНАЛІЗ ХАРЧУВАННЯ СТАРОДАВНЬОГО СУСПІЛЬСТВА

Вогнивенко Л.П., к.с-г.н., доц.
Потась О.А., здобувач ВО 1 курсу
ХДАСУ, м. Херсон, Україна

Анотація: стаття призначена щоб розкрити загальні хронологічні межі виникнення гастрономічної культури, розкрито деякі соціально-типові закономірності процесу харчування багатих і бідних в європейському суспільстві старого ладу. Визначенні фонові обставини, згідно яких окремі харчові продукти змінювали свою соціальну символіку від елітарних значень до "народної" їжі; виконували функції "соціальних трансфертів", що подекуди сприяло інтенсифікації соціальної взаємодії та створювало підстави для інтеграції суспільства, хоча й на ірраціональній основі. Тим самим підкреслено наявність латентних властивостей гастрономії та наголошено на її вагомому значенні в процесах соціальної ідентифікації, а також підтриманні, закріпленні та поглибленні соціальної нерівності в суспільстві тієї доби.

Ключові тези: гастрономічна культура, аристократія, їжа, стратифікація, демонстративна поведінка.

Аналіз харчування стародавніх народів показує, що основу раціону складали зернові культури (каші, хліб), овочі та олія. Додатковими продуктами були фрукти, мед, сир, яйця та, у святкові дні, м'ясо й риба. Методи приготування включали варіння, смаження, копчення, соління та в'ялення.

Основні продукти та їх роль

- **Зернові:**

Це була основа харчування, яку вживали у вигляді каш та хліба. Використовували жито, пшеницю, ячмінь, овес, просо.

- **Овочі та фрукти:**

Доповнювали раціон. Популярними були овочі, що вживалися у вареному вигляді, а також фрукти, особливо оливки та виноград.

- **Олія:**

Оливкова олія була дуже поширеною, особливо в регіонах, де її виробляли, і використовувалась як у приготуванні, так і як самостійний продукт.

- **М'ясо та риба:**

Вживали рідше, ніж зернові, і це вважалося розкішшю. Особливо часто м'ясо споживали під час свят.

- **Інші продукти:**

Сир, яйця та мед також були частиною раціону, часто додавалися до каш або вживалися окремо.

- **Способи приготування**

- **Варіння:**

Дозволяло готувати каші, супи та варені овочі.

- **Смаження, копчення, соління та в'ялення:**

Ці методи використовувалися для приготування м'яса та риби, щоб зберегти їх надовше.

- **Відмінності між соціальними групами**

- **Звичайні люди:**

Їли простіші страви, переважно зернові каші, овочі та хліб.

- **Заможні верстви:**

Могли дозволити собі більш різноманітний раціон з більшою кількістю м'яса, риби, сиру, фруктів та десертів.

Також якщо аналізувати харчування стародавніх людей свідчить про те, що раціон значно змінювався залежно від епохи, географії та соціального статусу. Наприклад, первісні люди харчувалися переважно рослинною їжею, такою як коренеплоди, ягоди та горіхи, доповнюючи її м'ясом тварин, отриманим під час полювання, і рибою, натомість у середньовічній Русі основою раціону були хліб та каші із зернових, а в Стародавньому Римі – каші, хліб, овочі та фрукти, причому м'ясо вважалося розкішшю.

- **Первісна епоха (до землеробства)**

- **Основа раціону:**

Продукти, отримані шляхом полювання, риболовлі та збирання.

- **Основні продукти:**

М'ясо диких тварин, риба, молюски, птиця, яйця, горіхи, насіння, ягоди, фрукти, коріння та дикі коренеплоди, такі як дика картопля.

- **Обмеження:**

Не вживали зернові, бобові, молочні продукти, а також доданий цукор та сіль.

Середньовічна Русь

- Основа раціону: Хліб і страви із зернових культур.
- Основні продукти: Жито, овес, ячмінь і просо. Хліб випікали переважно з житнього борошна, а пшеничний хліб був святковою стравою.
- Інші продукти: Каші з різних круп, а також гриби, ягоди, горіхи та дичина (в менших обсягах).

Стародавній Рим

- Основа раціону: Каші, хліб, маслини, оливкова олія, сир, варені овочі та фрукти.
- Основні продукти: Хліб, каші, овочі, фрукти (особливо яблука), сир, оливки.
- М'ясо: Було розкішшю і доступне переважно на свята.
- Багатіші страви:

Додатково вживали дичину, різноманітну птицю, рибу та інші делікатеси.

Їжа – один із найзагадковіших аспектів доісторичної життя. Як нескладно здогадатися, камені і скелети зберігаються добре, а будь-яка органіка розпадається дуже швидко. Тому вченим потрібно викручуватись і вдаватися до різних хитрощів (а також, звичайно, має бути присутня чимала частка везіння), щоб розкрити кулінарні секрети тих часів. Проте, дослідники знайшли декілька цікавих фактів, які могли б повністю змінити думку про доісторичних людей. Цілком можливо, що вони були більш розвинутими, ніж всі думали.

Щоб визначити, що саме лежало на тарілці стародавньої людини, фахівці використали скануючу електронну мікроскопію та хімічний аналіз.

В результаті вчені дізналися, що одна зі страв європейця часів неоліту складалася з таких компонентів:

- зерна еммеру (*Triticum dicoccum*) або так звана крохмальна пшениця;
- зерна ячменю;
- насіння білої гусячої лапки – дикоросла багаторічна трав'яниста рослина, яка росте як бур'ян та дає багато крохмалистого насіння;
- молочні продукти.

По суті, це була така собі молочна каша з корисними злаками та дикими рослинами. Ячмінь збирали у молочній стиглості та готували подібно до зеленої спельти, яку традиційно виробляють у Баден-Вюртемберзі. Еммер перероблявся в пророщеному стані, що надавало каші солодкого смаку.

Вчені припускають, що крупи та молочні продукти перероблялися на кашу для щоденного вживання в тих самих посудинах і становили збалансовану дієтичну основу раціону.

Це відкриття демонструє, що їжа в епоху неоліту була аж ніяк не

м'якою, а досить різноманітною. Люди мали дуже диференційований та гарний смак.

Це дослідження показало, наскільки важливий багатометодний підхід для реконструкції неолітичних рецептів, створених із різноманітних інгредієнтів.

Також воно розширює наше розуміння того, наскільки був тривалий та складний процес перетворення рослин на їжу в період, який слідував за впровадженням сільськогосподарського способу життя та культивованих рослин у північно-центральної Європі.

Як показали на подив стародавні залишки, виявлені на 32 000-літньому шлифувальному камені, «печерні люди» їли дикий овес задовго до сільськогосподарської революції. Тобто, фактично це виявилася найдавніше вівсяне борошно у світі. Воно виготовлялося за допомогою чотириступеневого процесу, який, ймовірно, включав нагрів і розмелювання. У результаті виходило вівсяне борошно, яке потім відварювали або випікали з нього коржі. Стародавні групи, подібні до цієї, можливо, вже їли і обробляли зерно і раніше, тому вчені продовжують ретельно вивчати подібні камені у пошуках інших залишків їжі. Це може змінити історію.

Черепок глиняного посуду, пронизаний отворами, вразив вчених, коли біохімічний аналіз виявив на ньому молочні жири, показавши, що неолітичні люди в 5 500 р. до н.е. вже робили сир. Сир, для виробництва якого потрібно розділити молоко на сир і сироватку шляхом додавання бактерій і сичужного ферменту, в той час був продуктом, здатним змінити спосіб життя. Він забезпечував їжу тваринного походження без необхідності забою тварин, що збільшувало сільськогосподарський потенціал групи. Це могло б також довести, чому люди одомашнили худобу в той час, коли більшість людей страждали на непереносимість лактози, адже сирні продукти містили набагато менше лактози, ніж чисте молоко. Також це забезпечувало в раціоні вкрай необхідний запас жирів.

Овочі не можуть зберігатися протягом тисячоліть, тому майже неможливо сказати, які рослини входили в палеолітичне меню. Але якщо овочі наситити водою, то за умови позбавлення доступу кисню вони можуть зберегтися і протягом такого тривалого часу. Дослідники на розкопках у північному Ізраїлі знайшли подібні овочі, а також багато інших продуктів, які вразили вчених, які взагалі не очікували, що подібне входило до раціону людей майже 800 000 років тому. Зокрема, було знайдено не менше 55 видів рослин, включаючи горіхи, насіння і коріння.

При розкопках також були виявлені докази найдавніших прикладів контрольованого розведення вогню в Євразії, що було необхідно для перетворення більшості отруйних рослин в їстівні продукти. Стародавні люди доповнювали свій раціон невеликою кількістю м'яса і жиру.

Предки людей почали ходити у вертикальному положенні 6 або 7 мільйонів років тому, але пройшло ще близько 5 мільйонів років, перш ніж з'явився більш розвинений мозок *Homo erectus*. Дослідники вважають, що іскра розуму виникла завдяки приготуванню їжі, оскільки це давало предкам людей більш легкий доступ до більш легкотравних джерел їжі. Найперше свідцтво кулінарії було знайдене в печері Вондерверк у Південній Африці. Аналіз виявив глибоко всередині печери сліди штучного розведення вогню і численні уламки кісток, що піддавалися нагріванню до високих температур. Також були виявлені обпалені відколи каменів, що говорить про повторне використання вогню на одному і тому ж місці.

Приготування їжі на відкритому вогні використовувалося навіть ранніми гомінідами, але при цьому виходила їжа, покрита піском і золою. Наступним кроком в кулінарній еволюції було використання горщиків для поліпшення різноманітності і якості продуктів. Люди зробили перші глиняні горщики на Далекому Сході близько 16 000 років тому, але горщики не використовувалися для приготування їжі приблизно ще 6 000 років, як показали знахідки у Лівійській Сахарі. У той час Сахара рясніла рослинністю, річками та озерами. Залишки у горщиках показують, що люди з'їли майже всю зелень, було то листя, зерно, насіння або навіть водні рослини.

Після того, як давні предки людей збалансували свій раціон, їх наступним кулінарним нововведенням було надання їй кращого смаку. Вони домоглися цього понад 6 000 років тому за допомогою однієї з найбільш широко поширених приправ у світі, гірчиці. Численні мезолітичні горщики для приготування їжі, знайдені в Німеччині і Данії, як і раніше зберігали залишки насіння гірчиці і листя ковганки черешкової. Дослідники вважають, що предки товкли насіння гірчиці в посуді та додавали листя з часниковим смаком для кращого аромату. Це відкриття ознаменувало зрушення між споживанням їжі виключно через її калорійність або поживну цінність до більш сучасної гедоністичної їжі.

UDC 637.134

HOMOGENIZATION AND STABILITY OF MILK EMULSION

Kovalov Alexandr, PhD., Sen. Lect;

Samoichuk Kyrylo, D.Eng., Prof;

Palianychka Nadiia, PhD., Assoc. Prof

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

Homogenization helps to reduce the settling of cream and reduce the loss of milk fat, which is valuable in terms of nutritional and energy value, in consumer packaging, during transportation and storage. The homogenized product does not stratify during long-term storage and is more convenient for transportation. Homogenization increases the density of milk, and as a result improves the taste of the homogenized emulsion. Homogenization is carried out:

- in the manufacture of milk and cream and contributes to the acquisition of homogeneity (taste, tone, fat content) of the emulsion;
- in the processing of oil before its rectification at oil refineries, as a result of which the yield of light oil products increases by 5 - 10%;
- in pharmaceuticals to obtain dosage forms, since the medicinal substance in the form of an emulsion is absorbed faster by the body with any method of administration, softens the irritating effect on the mucous membranes, accelerates the course of physicochemical processes in the gastrointestinal tract;
- in the production of fermented milk products (sour cream, kefir, yogurt) to increase the strength and improve the consistency of protein clots and prevent the formation of a fat plug on the surface of the product;
- in the perfume industry to obtain finely dispersed structures, ensuring their stability during storage;
- in the production of adhesives to increase the quality of bonding and reduce its costs during use.

The concept of “homogenization” in the dairy industry can be understood as several processes. During its implementation, the shells of fat globules are torn, the globules lose stability and separate. Homogenization of milk can be represented as a reduction in the average size of fat globules to a state when the mass fraction of fat is approximately balanced by the substance of the fat globule shell. In this case, the fat globule is in a stable colloidal state, and its size is about 1 μm .

– an emulsion with an average particle size can be created on rotary-pulsation devices, the processing of the emulsion in which in many cases creates a product with a sufficient average particle size, especially when an emulsifier is added to the product. However, if this is not enough, then a plunger homogenizer must be used to create a thin, indivisible emulsion.

– homogenization of pasty products is used to create a homogeneous mass over the entire surface and depth and is implemented using special kneading machines, or homogenizers of the M6-OGA type, which are used in the manufacture of butter.

– homogeneous aqueous systems (emulsions) are primarily distinguished by their homogeneity of structure and the absence of an interface, as an indicator of the degree of molecular interaction between the surface of substances and water.

The stability of milk as a natural fat emulsion in milk plasma is due to the presence of an adsorption shell of fat globules and largely depends on

their structural and mechanical properties. A number of studies have established that proteins, phosphatides, copper, iron, and various enzymes are adsorbed on the surface of fat globules. Proteins make up about 60% of the composition of the shells, phosphatides about 35%. Individual components of the shell are bound to it with varying degrees of strength - some of them are removed when washing, stirring the milk or changing the temperature. For example, the protein euglobulin is adsorbed on the membranes at a temperature of 44°C, but when heated to 48.8°C or when stirred, it passes into the milk plasma, other elements remain in the composition of the membrane even with prolonged exposure to various factors on the milk. Alkaline phosphatase is concentrated on the membrane of fat globules, acidic is associated with proteins.

In diluted emulsions of the “oil in water” type, which are characterized by a small fat concentration (less than 0.1%) and high dispersion, coalescence of droplets is unlikely. The stability of concentrated emulsions is created by the presence of adsorption layers of the emulsifier on the surface of the phase distribution. To obtain a stable emulsion, it is necessary to create conditions that prevent the merger of individual droplets to form larger ones.

The beginning of destabilization can be detected by a decrease in the dispersion of fat, i.e. by a decrease in the surface of the “milk fat–plasma” interface. The degree of destabilization of milk fat depends on the structural and mechanical properties of the fat globule shells, the concentration of salts in the milk plasma, and the amount of fat in the total volume of the product. Partial destabilization of milk fat occurs during separation and thickening, while some of the fat globules coalesce, and their average size increases.

The maximum stability of cream is observed at pH 6.0–7.0. The degree of destabilization of milk fat increases both with increasing and decreasing pH. The stability of milk fat is maximum near the isoelectric point of the shell protein, therefore, with the most stable structure of the surface layer. When the salt balance of milk is disturbed, the destabilization of milk fat also increases. Any disturbance of the equilibrium structure of milk fat, regardless of its causes, worsens the quality of the final product.

Violation of the integrity of the shell of fat globules due to homogenization of dairy raw materials leads to the release of liquid fat onto the surface of the shell. An increase in the amount of free fat causes destabilization of the milk-fat emulsion. With increasing pressure, the amount of free fat decreases, which indicates the strength of the newly formed shells of fat globules. The stability of the dispersed phase of milk mixtures after homogenization significantly increases, and the stability of the protein phase decreases, especially at a high concentration of milk fat in the product and increased dispersion pressure.

References

1. Ковальов О. О. Обґрунтування параметрів струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків :

автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11. ТДАТУ. Мелітополь, 2021. -20 с.

2. Palianychka N., Verkholtantseva V., Kovalyov A. Use of energy-efficient equipment in drinking milk technological line. *Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв*: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (24-25 листопада 2022 року). Харків: ДБТУ, 2022. С. 90–92

3. Samoichuk K., Kovalyov A., Fuchadzhly N., Bezalychna O., Shevtsova A.: Energy Costs Reduction for Dispersion Using a Jet-Slot Type Milk Homogenizer. *Energies*. 2023. Vol. 16(5). P. 2211. <https://doi.org/10.3390/en16052211>

4. Samoichuk A. Kovalyov V. Oleksiienko N. Palianychka D. Dmytrevskiy V. Chervonyi D. Horielkov I. Zolotukhina A. Slashcheva. Elaboration of the research method for milk dispersion in the jet slot type homogenizer. *EUREKA: Life Sciences*. 2020. Vol. 5. P. 51–59. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2020.001436>

5. Samoichuk K., Kovalyov A., Oleksiienko V., Palianychka N., Dmytrevskiy D., Chervonyi V., Horielkov D., Zolotukhina I., Slashcheva A. Determining the quality of milk fat dispersion in a jet-slot milk homogenizer. *Eastern-european Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 5 (11 (107)). P. 16–24. <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.213236>

6. Samoichuk, K., Zahorko, N., Oleksiienko, V., Petrychenko, S. (2019). Generalization of Factors of Milk Homogenization. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Switzerland AG, 2019. P. 192–198. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_21

УДК 631.371

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВОРОТКОСТІ ТРИМАШИННОГО ПОСІВНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

Жокін І. О., аспірант,

Надикто В. Т., д.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Постановка проблеми. Об'єктом досліджень є процес повороту машинно-тракторного агрегату (МТА) у складі реверсивно налаштованого трактора серії ХТЗ-160, напівнавісної зчипки і трьох причіпних зернових сівалок типу СЗ-3,6 (рис. 1).

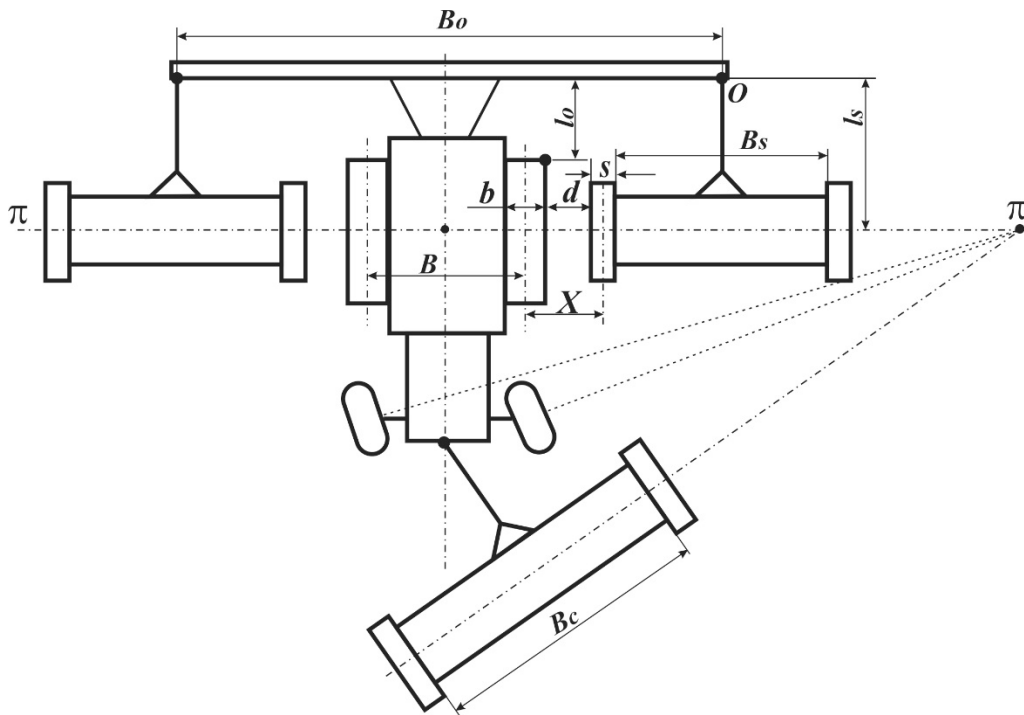


Рис. 1. Схема повороту посівного МТА

Кожна використовувана у досліджуваному посівному агрегаті сівалка по суті своїй є фізичним маятником зі ступенем вільності у вигляді кута повороту у горизонтальній площині відносно точки її приєднання до рами зчипки (т. O , рис. 1). Завдяки прояву вказаного ступеня вільності сівалка під час повороту здійснює статистично випадкові кутові коливання. Унаслідок цього статистично випадково змінюється відстань d між рушями переднього мосту трактора і внутрішніми колесами сівалок.

З науково-практичної точки зору доцільно знати природу випадкових коливань параметра d в залежності від кута повороту керованих коліс трактора (α) і швидкості його руху (V_{Π}) у складі посівного МТА на поворотній смузі. Відстань d може бути визначена наступним чином (див. рис. 1):

$$d = (B_s - B - b - 2s) / 2.$$

Для досліджуваного МТА: ширина захвату бокової сівалки $B_s = 3,60$ м; колія коліс трактора $B = 2,10$ м; ширина шини колеса трактора $b = 0,43$ м; ширина шини колеса сівалки $s = 0,24$ м. З урахуванням цього отримуємо, що $d = 0,30$ м.

Знаючи значення параметрів b , s і d , можна визначити відстань (X) у поперечно-вертикальній площині між серединами рушія трактора і колеса причіпної сівалки. Із аналізу рис. 1 знаходимо залежність для розрахунку вихідного (установленого) значення параметра X :

$$X = d + (b + s) / 2. \quad (1)$$

З урахуванням реальних значень параметрів, які входять до виразу (1), знаходимо, що $X = 0,64$ м.

Подальша задача експериментально-польових робіт полягає у

дослідженні динаміки зміни конструктивного параметра X від інших чинників у процесі здійсненні розглядуваним тримашинним посівним агрегатом руху на поворотній смузі.

Результати досліджень. Розв'язок поставленої задачі здійснювали для двох значень кута повороту керованих коліс трактора. А саме: 1) $\alpha = 5^\circ$; 2) $\alpha = 15^\circ$. Рух посівного машинно-тракторного агрегату реалізовували на одній і тій же передачі трактора. З урахуванням цього в умовах дослідження швидкість повороту МТА в обох досліджуваних варіантах залишалась практично постійною і рівною 1,62 м/с.

Аналіз нормованих кореляційних функцій коливань значень параметра X показує, що перебіг цього процесу практично не залежить від кута повороту керованих коліс енергетичного засобу (рис. 2).

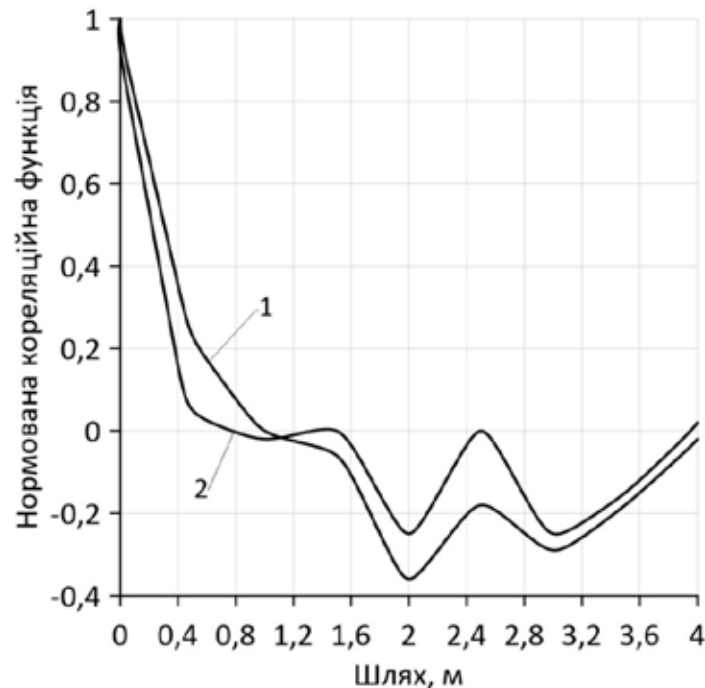


Рис. 2. Нормовані кореляційні функції коливань параметра X за різних значень кута α : 1 – $\alpha = 5^\circ$; 2 – $\alpha = 15^\circ$.

Доказом цього факту першою чергою виступають довжини кореляційних значень для функцій 1 і 2. Для розуміння отриманого результату нагадаємо, що довжиною кореляційного зв'язку тієї чи іншої кореляційної функції виступає абсциса першого перетину нею нульової ординати. Як бачимо, для кривої 1 ця ордината сягає позначки 0,9 м а для кривої 2 – 0,8 м. Мализна отриманої різниці вказаних абсцис говорить про приблизно один і той же частотний склад коливань параметра X за різних значень кута повороту керованих коліс трактора.

У той час, як кореляційна функція випадкового коливального процесу репрезентує частотну внутрішню природу, дисперсія характеризує енергетичну складову. Порівняння значень отриманих дисперсій коливань конструктивного параметра X (табл. 1) показує, що дійсне значення критерію Фішера становить: $F_d = 0,4471/0,4160 = 1,07$.

Таблиця 1.

Статистичні характеристики процесів коливань параметра X за різних значень кута α

Показник	Кореляційна функція	
	1	2
Середнє значення X, см	64,03±0,25	64,15±0,24
Похибка середнього, см	0,12	0,12
НІР ₀₅ , см	0,99	
Дисперсія, см ²	0,4471	0,4160
Критерій Фішера	1,80	

Табличне значення цього параметра дорівнює $F_T = 1,80$. Оскільки у даному випадку $F_d < F_T$, то впливає наступний висновок: нуль-гіпотеза про рівність порівнюваних дисперсій на статистичному рівні 0,05 не відхиляється. А це практично означає, що дисперсія коливань конструктивного параметра X практично повністю інваріантна по відношенню до значення кута повороту керованих коліс трактора.

Насамкінець, оцінимо середні значення параметра X. Згідно з даними таблиці 1 різниця дійсних значень цього показника становить 0,012 см. Це суттєво менше за найменшу істотну різницю (НІР), яка на статистичному рівні значущості 0,05 становить 0,99 см. Такий результат означає, що нуль-гіпотеза про рівність порівнюваних середніх значень параметра X не відхиляється. Іншими словами, із ймовірністю 95% можна стверджувати, що середнє значення оцінюваного параметра X не залежить від кута повороту керованих коліс трактора при здійсненні тримашинним посівним агрегатом руху на поворотній смузі.

З огляду на отриманий вище результат доходимо до висновку, що під час виконання повороту розглядуваним тримашинним посівним агрегатом кут повороту керованих коліс трактора (параметр α) повинен бути якомога більшим.

СЕКЦІЯ 3. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АПК

УДК 338.004.349

ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ З МАШИННИМ ЗОРОМ ДЛЯ ІНСПЕКЦІЇ В АПКБасрсуков Р. С.¹, студ.,Белік М. Р.², студ.¹Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна²Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Традиційні методи моніторингу та догляду за сільськогосподарськими посівами суттєво поступаються сучасним підходам у точності й оперативності, особливо коли йдеться про великі земельні масиви чи поля зі складною топографією. Контроль стану культур обмежується локалізованим скаутингом, що часто спричиняє запізнення реагування на поширення хвороб, шкідників, бур'янів або локальні дефіцити води й поживних речовин. В умовах зростання витрат на ресурси і необхідності підвищення рентабельності та екологічної стійкості аграрних господарств виникає актуальна потреба у впровадженні інтелектуальних рішень – діагностики на основі даних і точкового управління технологічними операціями.

Основні матеріали дослідження. Ключовим рішенням виступає застосування дронів, оснащених системами машинного зору, мультиспектральними й RGB-камерами, а також опціональними LiDAR-сенсорами. Дрони здійснюють автоматичні польоти над полями із запрограмованою маршрутною картою, збираючи тисячі знімків з високою деталізацією (до 1 см на піксель). Фотограмметричні алгоритми агрегують отримані зображення у ортофотоплани та багатошарові карти NDVI, NDRE – це дозволяє масштабно і системно оцінити стан рослинності, густоту сходів, визначити зони перезволоження чи дефіциту вологи, а також ідентифікувати ознаки розвитку хвороб, зрідження чи стресу. Моделі комп'ютерного зору (machine vision) автоматизують процеси розпізнавання патологій, класифікації бур'янів і культур – точність діагностики підтверджується результатами порівнянь із даними лабораторних та польових спостережень. Дані про стан ділянок інтегруються з агроаналітичними платформами, де відбувається обробка, формування рекомендацій та складання карт завдань для диференційованих технологічних операцій: точкового обприскування препаратами чи локального підживлення добривами.

Зокрема, в Україні масштабно використовуються дрони для оперативної аерозйомки, деталізованого моніторингу великих полів,

обробки ґрунтів, створення карт врожайності, карт розподілу ґрунтів та оцінки біомаси. Компанії інтегрують дані дронів із наземними сенсорами та супутниковими знімками для отримання комплексної картини стану полів. В окремих проектах дрони використовуються навіть для розмінування сільгоспугідь – аналізують стан поля на наявність вибухонебезпечних предметів на основі знімків, попереджаючи ризик для працівників. Вітчизняні виробники (наприклад, Culver SKIF) пропонують моделі дронів з високоточною діагностикою меж ділянки, плануванням посадок та прогнозуванням розвитку захворювань.

Результати та висновки. Результати впровадження дронів із машинним зором і аналітичними платформами для догляду за полями демонструють комплексний позитивний ефект. Значно покращується точність і регулярність моніторингу – один дрон із мультиспектральною камерою може обстежити понад 100 гектарів за один виліт, формуючи детальні карти продуктивності й вегетаційних індексів. Обробка зібраних даних дозволяє переходити до оперативної локалізації проблемних зон, точкової обробки, зниження затрат на ЗЗР та добрива: зокрема, застосування дронів може зменшити витрати на агрохімікати до 30%, забезпечивши при цьому підвищення врожайності на 15–25% і економію води, палива та засобів захисту рослин. У 2024 році площа оброблених дронами-обприскувачами полів в Україні склала понад 2,5 млн га, а врожай, отриманий завдяки захисту агродронами, перевищив 400 тис. тонн, що еквівалентно більш ніж 3,6 млрд грн доходу, а економія води склала понад 360 тис. тонн.

Всі ці технології особливо актуальні на українських територіях, що постраждали від війни або суттєвих змін клімату – автоматизований моніторинг, інтеграція з супутниковими мапами, розпізнавання потенційно заражених чи небезпечних ділянок дозволяє оперативно повертати землі до сільськогосподарського використання та забезпечувати продовольчу безпеку країни. Водночас, технологічна інтеграція дронів, аналітичних платформ і наземних сенсорів забезпечує перехід до даноцентричного, точного управління агровиробництвом, де кожен виліт дрона генерує нову інформацію для оптимізації виробничих процесів і стратегічного планування.

Отже, фермери та агрохолдинги, що впровадили автоматизовані системи моніторингу із застосуванням дронів, зазначають менш упущених гектарів через хвороби і стреси, зниження витрат на топкову та колісну техніку, а також суттєво покращене прогнозування і агрономічну точність рішень. Використання агродронів набуває зростаючої популярності як серед малих фермерських господарств, так і великих агрохолдингів, що сприяє поширенню інтелектуальних рішень по всій країні.

УДК 664:681.5

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНДУСТРІЇ 4.0 У ХАРЧОВУ ПРОМИСЛОВІСТЬ

Дзюндзя О. В., к.т.н.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон (м. Кропивницький), Україна

Постановка проблеми. Розвиток харчових технологій відбувається за різноманітними напрямками. Одними з них є застосування інноваційних технологічних рішень, що спрямовані на збереження корисних властивостей сировини, підвищення безпеки та максимальну автоматизацію процесів.

Основні матеріали дослідження. Метою роботи є вивчення сучасних напрямів розвитку харчової промисловості, а саме, значення та впровадження Індустрії 4.0. Індустрія 4.0 - комплексна інтеграція фізичних виробничих процесів з цифровими технологіями, що створює саморегульовані, гнучкі та інтелектуальні виробничі системи. Вона перетворює традиційні заводи на так звані "Розумні фабрики" (Smart Factories), де машини, продукти та люди постійно обмінюються інформацією, мінімізуючи втручання людини.

Впровадження інноваційних технологій на виробництві дає такі критичні переваги:

1. Покращення якості та безпеки: Безперервний автоматичний контроль критичних точок (НАССР) зменшує ризик відкриття продукції та підвищує довіру споживачів.

2. Підвищення ефективності (ОЕЕ): Скорочення часу простою завдяки прогностичному обслуговуванню, оптимізація швидкості виробництва та мінімізація браку.

3. Персоналізація продукту: Можливість швидко переналаштовувати лінії для виробництва невеликих партій продукту з індивідуальними характеристиками (наприклад, різноманітні функціональні йогурти).

4. Повна відстежуваність (Traceability): Забезпечення прозорості ланцюга постачання (часто за допомогою блокчейну), що є критично важливим у разі епідеміологічних загроз або скарг на якість.

5. Екологічна стійкість: Оптимізація використання ресурсів (вода, енергія, сировина) завдяки точному моніторингу та управлінню.

При цьому ключовим є правильне використання наявних ресурсів. Тому, впровадження Індустрії 4.0 у виробництво та переробку продукції рослинництва та тваринництва базується на шести основних технологічних елементах (табл.1.)

Таблиця 1

Основні технологічні елементи Індустрії 4.0

Назва елементу	Приклад використання
Промисловий інтернет речей (IIoT)	IIoT-датчики на молочному заводі можуть безперервно контролювати температуру пастеризації, тиск гомогенізації та рівень рН, автоматично коригуючи параметри процесу, щоб забезпечити стабільну якість.
Великі дані (Big Data) та аналітика	Збір та обробка величезних обсягів даних для виявлення закономірностей, прогнозування та прийняття рішень. Наприклад, аналіз вібрації, температури чи енергоспоживання обладнання, щоб передбачити його потенційну поломку заздалегідь.
Штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML)	Наприклад, системи машинного зору, навчені за допомогою ML, можуть ідентифікувати дефекти продукту (наприклад, пошкоджені овочі, неякісне пакування, сторонні домішки)
Хмарні та периферійні обчислення (Cloud and Edge Computing)	Це технічна інфраструктура для обробки та зберігання даних. Хмари використовуються для довгострокового зберігання, глобального аналізу та доступу до даних. Периферія забезпечує обробку критичних даних яка відбувається безпосередньо біля джерела (на заводі), та забезпечує миттєву реакцію (наприклад, зупинка лінії при виявленні металу) і мінімізує затримки.
Кіберфізичні системи (CPS)	Наприклад, створення модульних та гнучких виробничих ліній, які можуть швидко перебудовуватися для випуску нового або індивідуалізованого продукту (концепція "Партія розміром один"). Суть полягає в тому, що машини, можуть самостійно "спілкуватися" та приймати рішення. Виробнича лінія розглядається як єдина кіберфізична система.
Розширена реальність (AR) та робототехніка	Це набір інструментів для вдосконалення взаємодії людини та машини. Наприклад, високошвидкісні роботи та Коботи (співпрацюючі роботи) для пакування, палетування та складних маніпуляцій, які підвищують швидкість та точність. Або використання розширеної реальності для ремонту техніки за допомогою AR-окулярів.

Іншими словами, Індустрія 4.0 – це створення інтелектуального

ланцюга доданої вартості, який охоплює все: від фермера (з точним землеробством) до споживача. Певним чином це перехід від простої механізації до інтелектуального, автоматизованого та "холодного" (нетермічного) виробництва. Цифровізація та автоматизація стає ключем до безпеки, відстежуваності та оптимізації процесів. Незважаючи на високу вартість, дані технологічні рішення дозволяють за короткий термін підвищити рентабельність всього виробництва.

Висновки. Отже, впровадження Індустрії 4.0 у харчову промисловість являє собою необхідний етап еволюції, що забезпечує синергію технологій для досягнення комплексної операційної досконалості. Ключовими здобутками є підвищення продуктивності, гарантування безпеки продукції, раціональне використання ресурсів та гнучкість виробництва, що зрештою сприяє зміцненню конкурентних позицій підприємств на глобальному ринку та більш ефективному задоволенню потреб споживачів.

Список використаних джерел

1. Hassoun, A., Jagtap, S., Trollman, H., Garcia-Garcia, G., Duong, L. N., Saxena, P., Aït-Kaddour, A. From Food Industry 4.0 to Food Industry 5.0: Identifying technological enablers and potential future applications in the food sector. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2024. Vol. 23(6), e370040.

2. Yaqub, M. Z., Alsabban, A. Industry-4.0-enabled digital transformation: Prospects, instruments, challenges, and implications for business strategies. *Sustainability*, 2023. Vol.15(11), p. 8553.

3. Thazeem, B., Umesh, M., Kavana Somaiah, C., Shaiby, M., Antony, R., Stanly, L. M., Kalaiarasi, G. Recent Trends in Composting of Food Waste. In *Resource Recycling and Management of Food Waste*. Cham: Springer Nature Switzerland. 2025. Pp. 89–109.

4. L.N.K. Duong, M. Al-Fadhli, S. Jagtap, F. Bader, W. Martindale, M. Swainson, A. Paoli A review of robotics and autonomous systems in the food industry: from the supply chains perspective. *Trends Food Sci. Technol.*, 2020, Vol.106, pp. 355-364, 10.1016/J.TIFS.2020.10.028

5. Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Parra-López, C., Carmona-Torres, C., Jagtap, S., Luo, Y., & Soofastaei, A. Digitizing the palate: exploring opportunities for digital transformation in the food industry. In *Advanced Analytics for Industry 4.0*. 2025. pp. 205–232.

6. Смоляк, Ю. Ю., Холодницька, А. В. Штучний інтелект в управлінні підприємством: трансформація ролі менеджера в індустрії 4.0. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*, 2024. Вип.11. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-11-04-12>

7. Шпак Н. О., Кісь С. Ю.. Формування стратегій розвитку «розумних підприємств» в умовах індустрії 4.0. *Цифрова економіка та економічна безпека* 2024. №5 (14). с. 166–171. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.14-26>.

СЕКЦІЯ 4. НОВАЦІЇ У ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 621.3

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ МИЙКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Сапарова А., студент,

Юрченко О. Ю., PhD, доц.

Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми,
Україна

Постановка проблеми. З метою якісного обслуговування техніки як впродовж її експлуатації, так і з метою ремонтів доцільним є використання мийки транспортних засобів. В даному випадку, актуальним є аналіз параметрів для мийки високого тиску. Умови функціонування тракторів та комбайнів характеризуються, головним чином, значною запиленістю, вологістю, роботою з агресивним середовищем, тобто отруто- та ядохімікатами і т. п. Аналізуючи роботу легкових автомобілів, можна вважати, що їх рух відбувається, наприклад, в умовах ожеледі. Тому, відповідні речовини, використання яких спрямовано на знищення ожеледі на дорозі, також відкладаються на автомобілях. Лакофарбове покриття кожного транспортного засобу є різним, умови його використання також різняться між собою.

Основні матеріали дослідження. Мийка транспортних засобів базується на реалізації одразу кількох технологій. За такими технологіями відбуваються накачування води, її фільтрування, розпорошення, створення тиску та інше. Однак, варто також підкреслити те, що сучасні мийки транспортних засобів також працюють і з використанням спеціальних рідин – мильних засобів або порошків, іншими словами, – домішок. Це є ефективним з метою видалення складних нальотів на поверхні транспортного засобу, відмивання його перед ремонтом, технічним обслуговуванням або приведенням його в більш охайний стан.

Представлена на рисунку 1 структурна схема автоматизованої мийки транспортних засобів включає в себе елементи, спрямовані одночасно на:

- захист персоналу;
- керування тиском на виході з мийки;
- чергування періодів ввімкненого та вимкненого стану;
- сигналізацію про ввімкнений стан устаткування.

З метою захисту персоналу пропонується використання пристроїв диференційного захисту. В даному випадку, на рисунку 3.3, позначення 1, представлено диференційний автоматичний вимикач. Дія даного

пристрою одночасно спрямована на виконання функцій автоматичного вимикача – захист від коротких замикань та перевантажень, а так функція диференційного захисту. Під останнім



Рис. 1. Структурна схема щита мийки транспортних засобів
 1 – диференційний автоматичний вимикач, 2 – електромагнітний пускач, 3 – перетворювач частоти, 4 – розетка з затримкою на вмикання та вимикання, 5 – мийка високого тиску, 6 – індикатор, 7 – амперовольтметр

мається на увазі виконання функцій пристроїв захисного відключення, спрямованих на захист споживачів від струмів витоку.

Використання контактора в електричному щиті керування автоматизованою мийкою дає можливість комутації сигналів від ввідного диференційного автоматичного вимикача до перетворювача частоти, за рахунок якого буде здійснюватися регулювання швидкості обертання електричного двигуна з метою витримки необхідного тиску на виході з мийки високого тиску без зміни насадок або діаметру шлангу. Перетворювач частоти з регулюванням швидкості обертання валу двигуна працює за виразом 1.

$$n = \frac{60f}{p}, \text{ де:} \quad (1)$$

де n – частота обертання валу ЕД, об/хв;

f – частота струму, Гц;

p – кількість пар полюсів ЕД.

Вбудовані функції захисту електричного двигуна та автоматики мийки, що використовуються в устаткуванні заводом-виробником, доповнені згідно зі схемою структурною розеткою з затримкою по часу на вмикання та вимикання, а також можливістю дистанційного вмикання подачі напруги на вхід мийки високого тиску.

Висновки. Таким чином, система є багатофункціональною та безпечною для персоналу в умовах зміни параметрів роботи установки.

УДК 621.3

СТРУКТУРА ЩИТА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПІДЙОМНИМ МЕХАНІЗМОМ

Юрченко О. Ю., PhD, доц.

Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Підйом та опускання вантажів на виробництві та поза його межами здійснюються з використанням спеціально призначеного для цього устаткування. Зокрема, використання тельферів реалізується з метою переміщення вантажу вгору, вниз, вліво, вправо, вперед, назад.

Структура щита керування електропідйомним механізмом полягає в використанні набору устаткування, призначеного для:

- захисту кіл схеми електричної принципової (силового та керування);
- комутації сигналів;
- захисту устаткування;
- керування сигналами та їх розподіл;
- автоматизації процесів;
- пониження напруги.

Основні матеріали дослідження. Якщо говорити безпосередньо про сам щит керування, то необхідно підкреслити, що виконання електропідйомного пристрою здійснено таким чином, що щит з переважною більшістю елементів знаходиться на висоті поруч з приводними електричними двигунами. Засоби захисту, зокрема, автоматичні вимикачі на захист силового кола (також у ролі ввідного автоматичного вимикача) та кола керування зосереджено в іншому електричному щиті, скажімо на вході до того чи іншого приміщення. Вмиканням автоматичних вимикачів в даному щиті відбувається подача напруги до силового кола на вхід силових контактів електромагнітних пускачів.

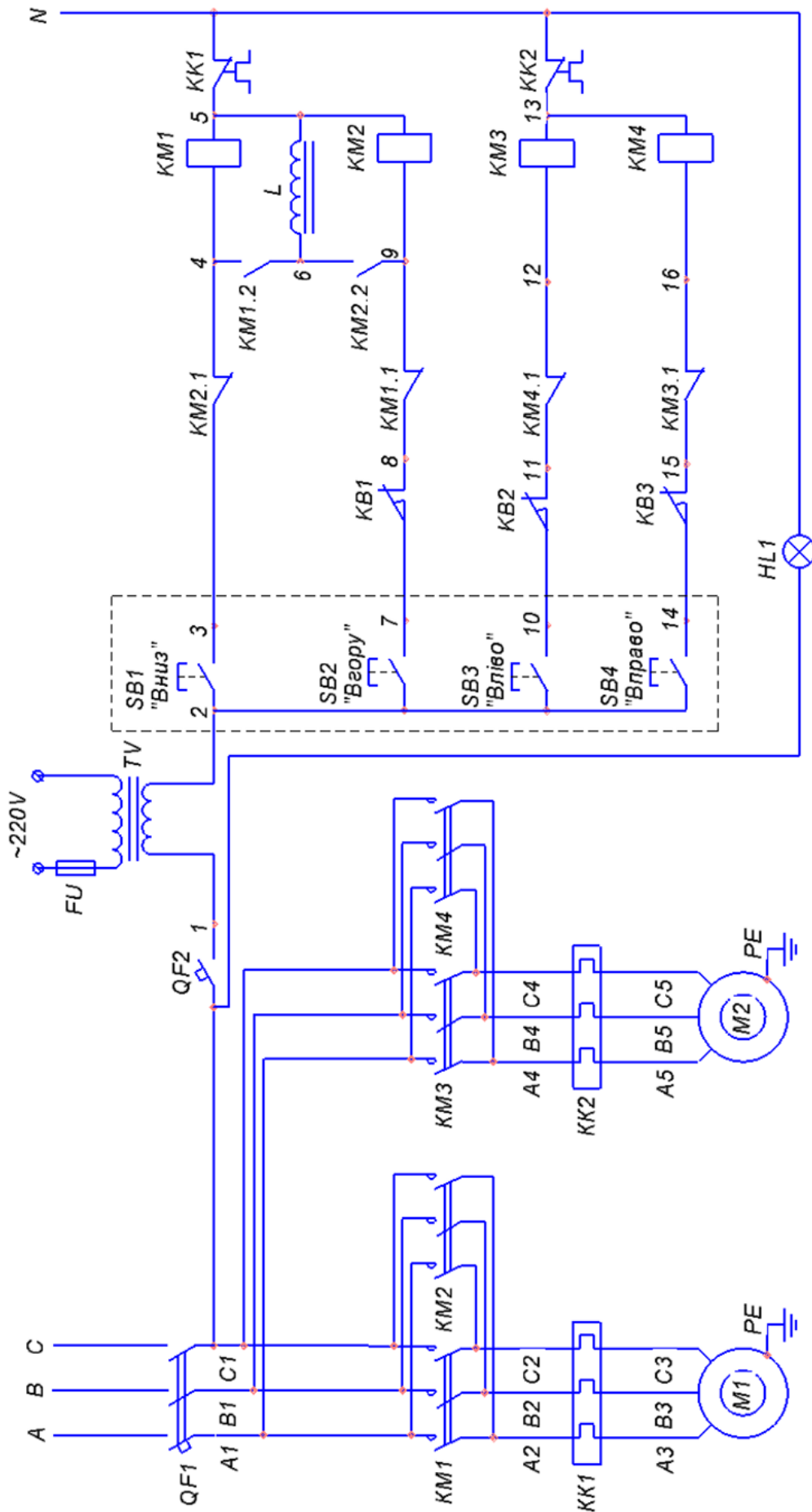


Рис. 1. Схема електрична принципова електропідйомного механізму

Пристрої комутації використовуються з метою розподілу та передачі сигналів, у тому числі з елементами автоматизації. Вони знаходяться безпосередньо в щиті керування. Натискання кнопок на двох-, чотирьох- або шестикноповому пості відбувається подача сигналу на вхід котушок електромагнітних пускачів. Внаслідок спрацювання даних котушок відбувається передача сигналів на вхід теплового реле, зокрема його силових контактів, і далі, через клемні колодки, – на контакти електричного двигуна.

Тому, структурними елементами щита керування електропідйомним механізмом є:

- 1) автоматичні вимикачі:
 - триполюсний (ввідний автоматичний вимикач на захист силового кола та кола керування), QF1;
 - однополюсний (на захист кола керування), QF2;
- 2) електромагнітні пускачі (прямий пуск та реверс двох електродвигунів);
 - КМ1, КМ2 – робота електродвигуна М1 (підйом та опускання вантажу);
 - КМ3, КМ4 – робота електродвигуна М2 (рух механізму вліво та вправо);
- 3) електротеплові реле (захист кола керування кожного окремо електричного двигуна);
 - КК1 – захист кола керування електродвигуна М1;
 - КК2 – захист кола керування електродвигуна М2;
- 4) понижуючий трансформатор (пониження напруги для кола керування);
- 5) кнопковий пост (чотирикноповий, виконання «Вгору», «Вниз», «Вліво», «Вправо»);
- 6) котушка електрогальмівного механізму, L;
- 7) кінцеві вимикачі:
 - КВ1 – обмеження руху барабану електропідйомного механізму вгору;
 - КВ2 – обмеження руху електропідйомного механізму вліво;
 - КВ3 – обмеження руху електропідйомного механізму вправо;
- 8) світлова сигналізація НЛ1 (сигналізація про подачу напруги до силового кола);
- 9) електричні двигуни:
 - М1 – підйом та опускання вантажу;
 - М2 – рух механізму вліво та вправо.

Висновки. Отже, цілісний щит керування електропідйомним механізмом є набором елементів, що функціонують з метою забезпечення умов праці з виконанням функцій захисту, комутації, керування та сигналізації.

Список використаних джерел

1. Юрченко О.Ю., Барсукова Г.В., Чепіжний А.В., Тимошенко Г.А. Монтаж електрообладнання і систем керування. Монтаж щитів керування електричними двигунами. Навчально-методичний посібник для здоб. осв. 2, 1 с.т. курсів спец.: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», СВО «Бакалавр». Суми: СНАУ, 2023. 144 с.

УДК 621.3

АВТОМАТИЗАЦІЯ МИЙКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Сапарова А., студент,
Юрченко О. Ю., PhD, доц.
*Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми,
Україна*

Постановка проблеми. Під автоматизацією мийки транспортних засобів для машино-тракторного парку або навчально-практичного центру, де різновиди техніки є досить обширними, основним завданням мається на увазі контроль та регулювання тиску, створюваного мийкою на виході з неї. Створення автоматизованої системи регулювання уже створеної мийки відомого виробника не є доцільним, проте внесення окремих коректив в конструкцію, наприклад, щита електричного, або поста керування є цілком реальним.

Основні матеріали дослідження. Розуміння автоматизованої системи мийки транспортних засобів з огляду на указані вище застереження щодо тиску на виході з мийки є доцільним співставити зі швидкістю обертання валу привідного електричного двигуна. Класифікуючи транспортні засоби, наявні на машино-тракторному парку та навчально-практичному центру, є можливість виокремлення їх на окремі категорії. Такими категоріями буде можливість класифікації режимів роботи мийки високого тиску по ступеням створюваного на виході з неї тиску води. Згодом, регулювання по тиску є можливість реалізувати зі зміною швидкості обертання електричного двигуна без регулювань насадок або діаметру шланги.

Автоматизована система мийки транспортних засобів має на меті покращення умов праці для персоналу та виконання усіх необхідних функцій, спрямованих на належний стан транспортного засобу, що стосується:

- загального вигляду транспортного засобу;
- стану внутрішніх елементів;
- технічного стану і т. п.

Таблиця 1

Класифікація транспортних засобів по тиску до мийки

Група 1, 100 Бар	Група 2, 130 Бар	Група 3, 150 Бар	Група 4, <150 Бар
ІЖ-2715; ГАЗель-2705; ГАЗ Соболь; ВАЗ-2107; КАМАЗ-55102; ЗИЛ-ММЗ-554М; ГАЗ-САЗ-3507; ЗИЛ-133ГЯ автокран; ЗИЛ-130.	Ford MONDEO; Toyota Camry; Hyundai SONATA; Volkswagen Transporter T5; Ford Fiesta; ВАЗ-2112; ВАЗ-2109; Daewoo Lanos.	МТЗ-80; МТЗ-82/82.1; ХТЗ-2511; Т-150К; ЛТЗ-55; ДТ-75; ЮМЗ-6АКЛ; ДОН-1500А; КАМАЗ-55102; ЗИЛ-ММЗ-554М	причіпна с/г техніка: плуги; борони; причепи; розкидачі добрив; фрези; косарки; інше.

Тому, автоматизація роботи та функціонування мийки транспортних засобів має бути цілком спрямованою на виконання завдань з належного зовнішнього вигляду, внутрішніх елементів, а також з метою підтримання транспортного засобу в робочому стані. Останнім забезпечуються одночасно дві основні мети:

- зменшення вірогідності поломок або неробочого стану транспортного засобу через неналежний за ним догляд з точки зору підтримання належних умов по догляду за ним;
- створення належних умов для ремонту або технічного обслуговування транспортного засобу в ті моменти, коли це є необхідним.

Якщо вести мову про зменшення вірогідності виведення транспортного засобу з робочого стану шляхом використання мийки для транспортних засобів, то під даним виразом мається на увазі догляд за фактичним станом автомобіля, знешкодження різних шкідливих речовин, зокрема тих, що використовуються з метою руйнування ожеледі на дорозі, в результаті чого їдкі речовини потрапляють на транспортний засіб та негативно впливають на окремі його структурні елементи серед яких, залізні поверхні, піддаючи їх до процесів корозії.

Тому, актуальність теми дослідження є досить обґрунтованою і спрямована на дослідження параметрів мийки транспортних засобів, що працюють в різних умовах експлуатації та вимагають певних особливостей при догляді за ними та їх обслуговуванні.

Висновки. Базуючись на розподілі наявної техніки по чотирьом групам зміни тиску на виході з мийки, представлено оптимальне рішення для регулювання тиску, що базується на зміні частоти обертання валу електричного двигуна, чим відбувається регулювання тиску при зміні нагнітання води в водопровід.

УДК 621.3

**ВИКОНАННЯ ПРОВІДКИ ДЛЯ ПЕРЕСУВНОГО ТА
СТАЦІОНАРНОГО ОБЛАДНАННЯ**

Юрченко О. Ю., PhD, доц.

Сумський національний аграрний університет, Україна, м. Суми

Постановка проблеми. Встановлення провідників електричного струму для живлення того чи іншого устаткування реалізується різного роду провідниками. Таким провідниками є як одножильні, так і багатожильні проводи та кабелі.

Якщо говорити про одножильні проводи та кабелі (рисунок 1, А), то дані провідники не є гнучкими, вони зазвичай жорсткого виконання, добре тримають надану їм форму та не призначені для частих згинань і вигинів.

Багатожильні провідники (рисунок 1, Б) порівняно добре згинаються та невивагають до частих згинань і вигинів. Такі провідники, на сьогодні, зустрічаються порівняно частіше, а ніж одножильні провідники. І пояснити це можна тим, що людина, як користувач електричними пристроями, постійно вмикаючи та вимикаючи з мережі дані пристрої, постійно користується саме гнучкими провідниками, що є багатожильними. Стосується це і виконання подовжувачів.

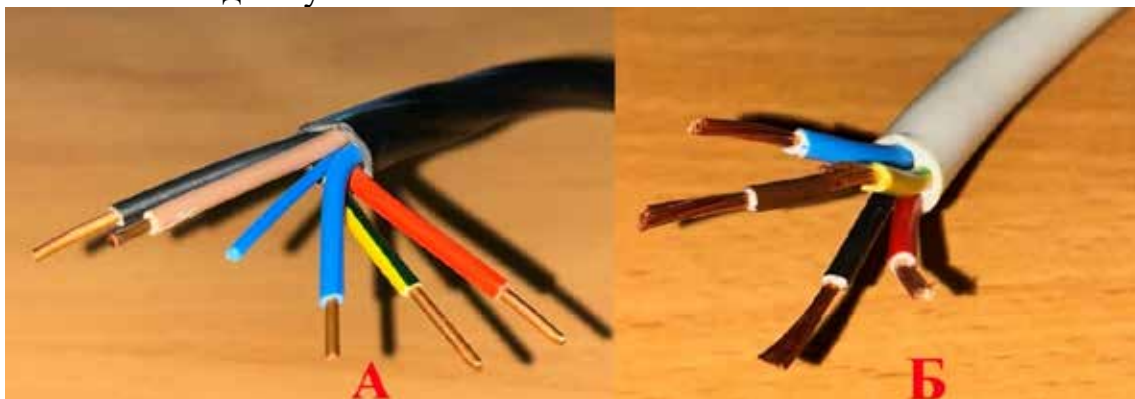


Рис. 1. Провідники електричного струму. А – одножильний кабель ВВГ 5x1,5; Б – багатожильний провід ПВС 5x1,5

Основні матеріали дослідження. Згідно з пп. 2.1.12 Правил улаштування електроустановок, для виконання стаціонарної електропроводки дозволено використовувати гнучкі кабелі і проводи. Стаціонарне обладнання, яке може переміщуватися під час монтажу і обслуговування, треба підключати гнучкими кабелями або шнурами. При цьому, пересувне обладнання потрібно підключати лише гнучкими кабелями і шнурами з подвійною ізоляцією (за винятком обладнання, яке живиться через тролі або контактні рейки).

Окремо, згідно з пп. 2.1.13 ПУЕ, у разі улаштування стаціонарної

електропроводки ізольовані незахищені проводи потрібно прокладати в трубах кабельних трубопроводів, кабельних коробах або спеціальних кабельних коробах. Системи електропроводки в гнучких трубах можна використовувати для захисту гнучких ізольованих проводів.

Базуючись на двох указаних пунктах нормативної документації, є можливість підкреслити, що виконання стаціонарної електричної проводки може бути здійсненим як гнучкими одножильними, так і багатожильними гнучкими провідниками. Однак, у разі виконання проводки для пересувного електроустаткування, де присутніми є вигинання, згинання та інші види впливу на провідники, встановленню підлягають лише гнучкі кабелі та проводи. Прикладом цього, в доповнення до сказаного по нормативній документації, є пп. 5.3.32 ПУЕ, де сказано, що кабелі і проводи, – які приєднують до електродвигунів, установлених на віброізолювальних основах, на ділянці між рухомою і нерухомою частинами основи повинні мати гнучкі мідні жили.

Прикладом виконання проводки пересувного електроустаткування є використання кабелю для підключення живлення до щита керування електропідйомного механізму, а також його поста керування, що здійснено багатожильним гнучким кабелем.



Рис. 2. Виконання проводки тельфера гнучким багатожильним кабелем

Висновки. Таким чином, умови використання провідників електричного струму різняться в залежності від типу проводки та устаткування, задіяного в робочому процесі. Нормативною документацією представлено відповідні регламентовані норми щодо виконання одножильних та багатожильних провідників електричного

струму, чим пояснено явища частих згинань та вигинів, розтягів та вібрацій.

Список використаних джерел

1. Юрченко О.Ю., Барсукова Г.В., Чепіжний А.В., Тимошенко Г.А. Монтаж електрообладнання і систем керування. Монтаж щитів керування електричними двигунами. Навчально-методичний посібник для здоб. осв. 2, 1 с.т. курсів спец.: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», СВО «Бакалавр». Суми: СНАУ, 2023. 144 с.
2. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х.: Видавництво «Форт», 2017. 760 с.

УДК 631.363.2.02 «401.7».001.5

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ УДАРНИХ ПОДРІБНЮВАЧІВ – ДРОБАРОК ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ РОЗСИПНИХ КОРМОСУМІШЕЙ У ТВАРИННИЦТВІ

Денисенко М. І.¹, к.т.н., доц.

Лісовський Л. В.¹, викл.

Дев'ятко О. С.², к.т.н., доц.

¹ВСП «Немішайвський фаховий коледж НУБіП України», Україна

²Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Робочі органи машин для приготування комбікормів складаються з молотків, від конструкції яких залежить ефективність використання підведеної енергії і якість подрібнення кормів. В молоткових дробарках сільськогосподарського призначення матеріал подрібнюється шляхом багатократного ударного впливу молотків та стирання при проходженні їх в середовищі розрихленого рухомого шару зерна. Розроблено конструкторсько-технологічні методи підвищення довговічності та ресурсу молотків кормодробарок -подрібнювачів.

Ключові слова: довговічність, абразивне зношування, ефект самозагострювання, молоток кормодробарки, композиційні матеріали.

Постановка проблеми. До деталей машин, що спрацьовуються при терті в масі твердих частинок, відносяться багато численна група деталей робочих органів та інструментів сільськогосподарських, будівельних, дорожніх машин. При контактуванні деталей машин з масою рухомих твердих частинок відбувається інтенсивне зруйнування поверхневого шару, внаслідок чого терміни їх служби складають

декілька годин. В агропромисловому комплексі процеси абразивного зношування широко розповсюджені. Дійсно, за оцінками спеціалістів більше 70% випадків спрацювання обумовлено абразивними механізмами [1]. Зносостійкість матеріалів та управління процесами зміни форми деталей при спрацюванні є основними факторами, що визначають строк служби деталей в цих умовах.

Зношування багатьох деталей машин є неминучим процесом, але в деяких машинах агропромислового комплексу швидкість їх зношування є надмірно високою. До таких деталей належать робочі органи подрібнювачів ударної дії: біла молоткових і лопаті відцентрованих подрібнювачів, відбійні плити роторних та струменевих млинів. При технічній експлуатації названих машин, зокрема при подрібненні сипучих і високо абразивних матеріалів, ресурс швидкозношувальних деталей вимірюється декілька годинами.

В теперішній час до 65% усіх енергетичних витрат при приготуванні кормів припадає на технологічну операцію подрібнення. При виготовленні робочих органів кормоприготувальних машин треба враховувати особливості їх роботи, зокрема, підвищенні динамічні навантаження, вібрації, надмірне зношування робочих органів. Це досягається шляхом зміни складу і концентрації робочого середовища, спеціальним легуванням матеріалів, раціональним сполученням матеріалів в парах тертя, зміною температури зони тертя, вибором методів зміцнення, відновлення та модифікації поверхонь тертя.

Аналіз останніх досліджень. Підвищення ресурсу робочих елементів ударних подрібнювачів не повинно призводити до зниження ефективності подрібнення. Наприклад, неможливо зменшити кут атаки, щоби зменшити інтенсивність зношування. Відхилення молотка, тобто кут повороту його після удару по шматку подрібнювального матеріалу, залежить від маси та розмірів молотка. Якщо після удару молотки будуть відскакувати від подрібнювального матеріалу, передаючи удар на диски ротора, то порушується робота дробарки-подрібнювача, та прискорюється зношування молотків. Допустимий кут повороту може бути рівним 80-90% від максимально допустимого куту повороту. Процеси подрібнення у цих дробарках здійснюються вільними ударами молотків, що обертаються зі значною частотою по колу.

Зношування молотків чинить вплив на продуктивність дробарок і гранулометричний склад продуктів подрібнення. При збільшенні величини зносу крупність подрібнення зростає. Ступінь зношування гострих крайок і кутів прямокутних молотків залежить від фізичних властивостей подрібнювального продукту, а також від якості сталі, з якої вони виготовлені, і котра повинна бути твердою і в'язкою.

Мета дослідження: зниження експлуатаційних витрат при виробництві розсипних кормо сумішей шляхом вдосконалення технології зміцнення робочих органів ударних подрібнювачів-

дробарок у тваринництві.

Результати досліджень. При розробці машин важливими, з точки зору надійності і довговічності, є вимоги простоти та раціональної компоновки основних вузлів, технологічності та ремонтпридатності конструкції. При конструюванні вузлів тертя необхідно вибирати такий вид тертя в опорах, форму і розміри робочих поверхонь, раціональне поєднання матеріалів вузла тертя, щоби зносостійкість цього вузла була підвищеною, а пошкодження-відсутні. Основний конструкційний захід по боротьбі з механічною формою абразивного зношування є захист вузла тертя від попадання абразиву.

Більшість швидкозношуваних деталей до моменту повної втрати працездатності втрачають малу частку своєї маси. Для окремих деталей доцільно робочу частину виготовляти змінною, що дозволяє при порівняно невеликих затратах легко відновлювати деталі при технічному сервісі.

Змінні елементи отримали широке розповсюдження в конструкціях робочих органів ґрунтообробних, кормозбиральних машин, для тваринництва і кормо виробництва. На рисунку 1 представлено конструкцію молотка кормодробарок (ДБ-5) ДЗ-3-02, КДУ-2,0, А1-ДМ2Р (НВО «АГРО – СІМО-МАШБУД», дробарки ТІТАН, SKET – Німеччина, ПАТ «Хорольський механічний завод». Змінні елементи виготовляються зі зносостійких матеріалів: композиційних порошкових матеріалів, зміцнення методами наплавлення твердими сплавами, точкове зміцнення плавким електродом (порошковим дротом), використання евтектичних покриттів великої товщини. Одним із методів досягнення високої зносостійкості є використання твердих сплавів. Вони складаються з карбідів і зв'язувальної фази, та виготовляються методами порошкової металургії.



1 – основа молотка, сталь, Ст. 3;сталь 45; 2 – робоча (змінна) частина зі зносостійкого матеріалу

Рис. 1. Конструкція молотка дробарки ДБ-5 (ДЗ-3-02)

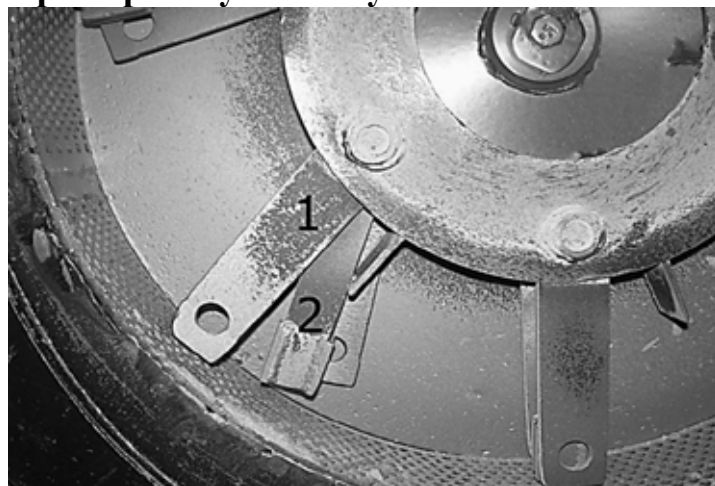
Робочі органи машин і обладнання тваринницьких ферм-це деталі тертя, які за своєю кількістю в декілька разів переважають пари тертя. Втрати маси металу в результаті їх абразивного зношування технологічними матеріалами великі та досягають від 10 до 50% їх маси,

а інколи і більше, тоді як втрати маси металу при спрацюванні спряжених деталей тертя в умовах мащення коливається в межах 0,1-1,0%. Практикою експлуатації машин для приготування кормів встановлено, що довговічність їх серійних робочих елементів не перевищує 100-150 тонн наробітку на одну грань, а молотки малогабаритної комбікормової установки БМК - 1 досягають наробітку до відмови для однієї робочої грані 15-20 годин.

Накопичено значний, теоретичний та практичний досвід, а також наші дослідження підтверджують, що одним з можливих методів підвищення довговічності швидкозношуваних деталей кормоприготувальних машин є виготовлення їх з композиційних матеріалів [3]. На рисунку 2,3 зображено конструкцію молотка установки БМК - 1, робочі грані якого армовані зносостійкими елементами з порошкового композиційного матеріалу на основі карбідів хрому і титану з домішками карбиду бору.



Рис. 2. Кормоприготувальна установка БМК-1



1 – серійні, 2 – експериментальні зі модульними пластинами – вставками з $X13M2-Cr_3C_2-V_4C$

Рис.3. Ротор з молотками дробарки БМК-1:

Підвищення зносостійкості в результаті використання різноманітних методів зміцнення і відновлення досягається за рахунок збільшення твердості і зниження пластичності поверхневого шару, а в деяких випадках-за рахунок зміни хімічного та фазового складу цього шару.

Висновки. 1. На основі проведених досліджень вдосконалено конструкції робочих органів ударних подрібнювачів-дробарок для приготування розсипних кормо сумішей. 2. З конструктивних факторів найбільш суттєве значення мають розміри подрібнювальної камери, конструкція робочих органів, зазор між кінцями молотків і решетом, спосіб подавання матеріалу. 3. Великі можливості управління тертям та зношуванням машин для приготування кормо сумішей – це виготовлення ударних робочих органів кормодробарок методами порошкової металургії.

Список використаних джерел

1. Хрущов М.М., Бабичев М.А. /Абразивное изнашивание. М., «Наука», 1970.252 с.
2. Поверхностная прочность материалов при трении. Костецкий Б.И., Носовский И.Г.;и др./ Под общей редакцией д-ра техн. наук Костецкого Б.И. «Техніка» К 1976.296 с.
3. Денисенко Н.И. А.С. № 1729698 «Способ изготовления слоистого материала для молотка дробильной машины»/ Р.З.Власюк, А.К.Грабчак, Н.И.Денисенко и др. Бюллетень №16, 30.04.1992.
4. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва: підручник / І.І. Ревенко, М.В.Брагінець, В.І.Ребенко. К.: Кондор, 2009. 731 с.

УДК 629.113.5

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ГАЛЬМІВНОГО МЕХАНІЗМУ MANDO

Попов С. В., к.т.н., доц.,
Кеда Д. Ю., здобувач СВО «Магістр»,
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Постановка проблеми. Гальмівні системи Mando (Mando Corporation, Південна Корея) відзначаються високою надійністю та адаптацією до умов експлуатації транспортних засобів європейського та азійського ринків. До складу системи входять: головний гальмівний циліндр; вакуумний підсилювач; супорти; диски; колодки; електронні

модулі ABS, ESP, EPB [1].

Під час сервісного обслуговування гальмівного механізму особливу увагу слід приділяти:

- перевірці товщини колодок і стану дисків (мінімальна товщина визначається технічними умовами виробника);
- чищенню напрямних супортів та використанню керамічних змазок для запобігання закипанню;
- контролю стану гальмівної рідини DOT-4, її гігроскопічності та періодичній заміні;
- діагностиці ABS/ESP за допомогою сканерів, тому що Mando активно інтегрує електронні компоненти у гідравлічну систему.

Найбільш поширеними проблемами під час обслуговування є підклинювання, нерівномірний знос колодок, витік рідини та шум під час гальмування. Використання оригінальних комплектуючих і дотримання технологічних регламентів виробника дозволяє уникнути передчасного виходу з ладу елементів системи [2-4].

Основні матеріали дослідження. На рис. наведено практичне обслуговування гальмівного механізму, під час якого були виконані такі операції:

- 1) демонтаж супорту (з фіксацією на підвісці для уникнення натягу гальмівного шлангу), колодок, гальмівного диску;
- 2) за допомогою струбцини втиснено поршень у корпус супорта, що забезпечило можливість встановлення нових колодок більшої товщини (з контролем рівня гальмівної рідини у бачку);
- 3) перевірено стан пильників поршня та напрямних пальців, очищено їх від забруднень;
- 4) нанесено високотемпературну змазку (наприклад, Liqui Moly) на напрямні та контактні поверхні колодок для запобігання скрипу;
- 5) здійснено заміну гальмівного диска, оскільки попередній мав критичний знос і корозійні пошкодження. Перед встановленням нового



а)



б)



в)



г)



д)



е)



ж)



и)



к)

Рис. Гальмівний механізм Mando:

**а – стан тривалої експлуатації; б – демонтаж супорта;
в – втискання поршня; г – перевірка напрямних пальців;
д – дефектація гальмівного диска; е – очищення маточини;
ж – монтаж нового гальмівного диска; и – монтаж гальмівних
колодок; к – стан гальмівного механізму після сервісу**

диска очищено маточину від іржі та забруднень (можлива перевірка биття за допомогою індикатора годинникового типу);

б) встановлено нові гальмівні колодки у супорт, перевірено правильність їх посадки;

7) зібрано гальмівний механізм, здійснено прокачування системи та перевірку герметичності.

Після сервісного обслуговування система пройшла перевірку на холостому ході – педаль гальма мала чіткий хід без провалів, сторонніх шумів не виявлено.

Висновки. Отже, за результатами сервісного обслуговування гальмівного механізму слід відмітити наступне:

- заміна гальмівного диска разом із колодками забезпечує

рівномірне притискання фрикційних поверхонь та відновлення ефективності гальмування;

- своєчасне сервісне обслуговування системи Mondo із застосуванням високотемпературних змазок та дотриманням моментів затягування кріплень продовжує термін служби вузлів;

- практичні роботи підтвердили доцільність комплексного підходу до обслуговування гальмівного механізму: перевірка; очищення; змащення; заміна зношених елементів.

Список використаних джерел

1. HL Mando: офіційний веб-сайт. URL: <https://www.hlmando.com/en/main.do> (дата звернення: 22.10.2025).

2. Попов С. В., Федьків О. О., Васильєв Є. А. Продовження життєвого циклу малотоннажних фермерських фургонів. *Сучасні проблеми землеробської механіки*: зб. тез XXIII-ої Міжнар. наук. конф., 16-18 жовт. 2022 р. Житомир: ЖАФК, 2022. С. 275. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.28791812.v1>

3. Оцінка функціональної придатності гальмових систем легкових автомобілів за зміною шляху гальмування в процесі експлуатації / В. І. Назаров та ін. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2021. №13(1). С.78–86. URL: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2021-13-1-78-86>

4. Заставний О. А., Чехович І. М. Удосконалення технологічного процесу діагностування гальмівної системи автомобіля Skoda Octavia з дослідженням параметрів діагностичного стенду. Тернопіль: ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2023. 123 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/43495> (дата звернення: 22.10.2025).

УДК631.56:631.363.1.004:621.63

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН МОЛОТКОВОГО ТИПУ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ

Денисенко М. І.¹, к.т.н., доц.

Лісовський Л. В.¹, викл.

Дев'ятко О. С.², к.т.н., доц.

¹ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України», Україна

²Національний університет біоресурсів і природокористування України, м.Київ, Україна

Постановка проблеми. В технології приготування кормів основними машинами для подрібнення кормів є подрібнювачі ударної

дії – молоткові дробарки (типу ДЗ – 3, ДБ-5, ДМ, БМКА-1, БМКА-1,5, КДУ-2,0, ІРТ-80, ІРТ-165, ДПА, ДМА та інші). На сьогодні молоткові дробарки використовуються в 90% усіх технологічних ліній і широко розповсюджені завдяки простій конструкції, надійності в експлуатації та зручності технічного обслуговування.

Робочі органи різноманітних машин і обладнання тваринницьких ферм – це деталі тертя, які за своєю кількістю в декілька разів переважають пари тертя. Втрати маси металу в результаті їх зношування технологічними матеріалами великі і досягають від 10 до 50% їх маси, а інколи і більше, тоді як втрати маси металу при зношуванні спряжених деталей тертя в умовах мащення коливається в проміжку 0,1-1,0%.

Метою досліджень є підвищення ресурсу ударних робочих органів машин для приготування кормів та зниження норм витрат запасних частин.

Результати досліджень. Зношування ударних робочих органів є неминучим процесом, але в деяких випадках швидкість їх спрацювання є надмірно високою.

Для підвищення зносостійкості і ресурсу молотків кормодробарок були використані матеріали і технологічні методи, запропоновані науково-дослідними установами НАН України: лазерна обробка поверхні тертя, нанесення порошкових матеріалів точковим зміцненням та мікроплазмою, індукційне наплавлення псевдо сплавів і евтектичних покриттів а також використанням модульних пластин із композиційного порошкового матеріалу КХЖ-70, КХНФ-15.

Виготовлена дослідницька партія молотків, армованих зносостійкими елементами із порошкового композиційного матеріалу на основі карбідів хрому і титану зі зв'язкою зі сплаву КХТНФ25.

Підвищити ресурс ударних робочих органів можливо шляхом: а) удосконалення конструкцій робочих органів або окремих вузлів подрібнювача; б) використанням зносостійких покриттів для виготовлення або армування поверхонь тертя робочих органів; в) використанням зносостійких сплавів з одночасним вдосконаленням конструкції кормодробарки.

В господарствах Київської, Житомирської областей, і Латвійська республіка, (м. Приєкулі) на кормодробарках ДБ-5, ДКМ-5,0; КДУ-2,0; УМК-Ф-2 проведено виробничі випробування молотків зміцнених різними методами. Виготовлення молотків із композиційних матеріалів методом гарячого штампування поруватих заготовок здійснювали на ПрАТ «Новоград-Волинськсільмаш» та на Броварському заводі порошкової металургії.

Аналіз динаміки зношування молотків дозволяє оцінити зносостійкість використаних конструкційних матеріалів та технологічних методів зміцнення (рис.1).

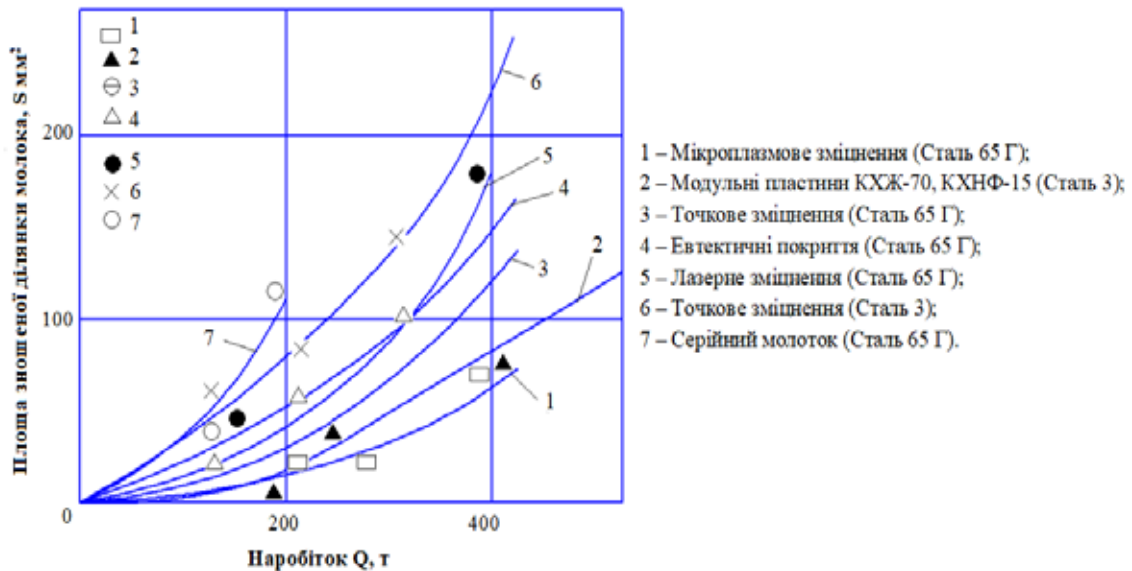


Рис. 1. Динаміка зношування молотків кормодробарок

Задовільні результати по зносостійкості молотків одержано при зміцненні робочих граней точковим наплавленням, порошковим дротом ПП-АН170 (ПП-АН170М), та зміцнення евтектичним покриттям №1. При точковому зміцненні виникають мікротріщини та шлакові пори, що негативно позначається на надійності відновлення робочих органів. В той же час при точковому зміцненні спостерігається гальмування зносу поверхні молотка, в результаті чого утворюється складний зубчастий профіль, що забезпечує подальшу роботу та взаємодію молотка з подрібнюваною зерною сумішшю (рис. 2).

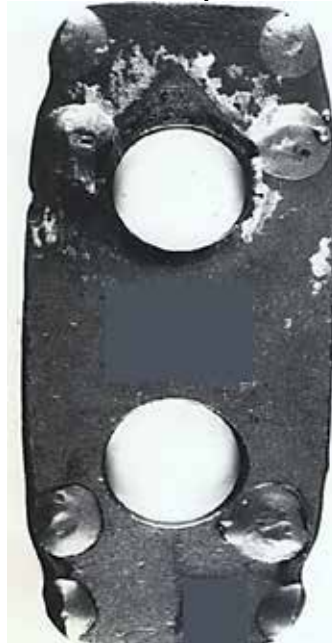


Рис. 2. Молоток дробарки з точковим покриттям, профіль робочої грані після наробітку: 500...600 тон

Після наробітку в 450 тон на одну грань молотка з точковим зміцненням, кормодробарка може далі функціонувати, забезпечуючи

подрібнення зерна, відповідно зоотехнічним вимогам (рис.1, крива 6). Запропоновано спосіб одержання зносостійких евтектичних покриттів з необхідною структурою та заданими експлуатаційними властивостями (рис.1, крива 4). Але більш перспективними є композиційні шарові матеріали, що виготовляються методами порошкової металургії. Такими матеріалами є сплави на основі карбїду хрому і титану з залізною зв'язкою. Матеріалом основи молотка, тобто його несучої частини є вуглецева сталь, що синтезується із суміші залізного порошку з графітом.[1,2]

Виробничі випробування показали, що виготовлення деталей з шаровою, робочою частиною забезпечує ефект самозагострювання на рахунок регулюючої зносостійкості робочих граней та серцевини. Експлуатаційні дослідження молотків кормодробарок ДБ-5, ДКМ-5, УМК-Ф-2 показали, що їх довговічність в порівнянні з серійними збільшується більше ніж в 4-5 рази, а наробіток на 1 робочу грань досягає 980-1050 тон подрібненого продукту.

Висновки. 1. Результати виробничих випробувань показали підвищення довговічності та подовження ресурсу молотків кормодробарок в порівнянні з серійними із сталі 65Г в 3,5 рази при виготовленні об'ємних молотків методом гарячого штампування пористих заготовок, в 2 рази – евтектичними покриттями системи Fe-Mn-C-B, в 1,96 рази – за точкового зміцнення порошковим дротом ПП-АН170 (ПП-АН170М), в 4-5 разів – при армуванні поверхонь тертя модульними пластинами із композиційних матеріалів типу КХНФ-15, КХЖ-70., КХНТФ25.

2. Перспективним і найбільш економічним напрямком у підвищенні довговічності та ресурсу молотків являється досягнення ефекту керованого зношування робочих граней (створення зубчастої геометрії), що утворюється для молотків зі сталі, Ст.3 дискретним легуванням порошковим дротом ПП-АН 170 (ПП-АН170М).

3. Встановлено, що найбільш високу зносостійкість мають молотки, зміцнені мікро плазмовим нанесенням порошкового дроту ПП-АН148 торцевої крайки по короткій стороні молотка.

Список використаних джерел

1. Денисенко М.І. Порошковые хромистые стали и их применение для упрочнения рабочих органов кормодробилок // М.І. Денисенко, В.А.Маслюк, Р.В. Яковенко Порошкова металургія. 11/12 (524), 2018. С. 146–154.

УДК 621.577:629.3.064:658.58

АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОКОНДИЦІОНЕРІВ В УМОВАХ ФОП МАЛИНА О.О.

Шишкін Д. Е., здобувач магістратури,
Басрукова Г. В, к.т.н., доц.,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. В сучасних умовах ринку автосервісу, де конкуренція постійно зростає, якість та ефективність надання послуг є ключовими факторами успіху. Для фізичної особи-підприємця (ФОП) Малина О.О., яка спеціалізується на обслуговуванні автокондиціонерів, оптимальний вибір та належний стан обладнання є критично важливим аспектом для забезпечення високої якості роботи, підвищення продуктивності та, як наслідок, збільшення прибутковості. Проблема полягає в тому, що ринок пропонує широкий асортимент обладнання для обслуговування автокондиціонерів з різними технічними характеристиками, функціональними можливостями та ціновими категоріями. Неправильний вибір або використання застарілого чи невідповідного обладнання може призвести до зниження ефективності роботи, збільшення часу на обслуговування одного автомобіля, підвищення ризиків помилок та пошкодження системи кондиціонування, а також до незадоволення клієнтів. Крім того, динамічний розвиток автомобільної промисловості та постійна поява нових типів холодоагентів (наприклад, R1234yf замість R134a) вимагають від підприємця постійного оновлення знань та модернізації технічної бази.

Таким чином, виникає нагальна потреба в детальному аналізі параметрів наявного та потенційно необхідного обладнання з метою оптимізації робочих процесів, мінімізації витрат та забезпечення стабільно високого рівня сервісу в умовах ФОП Малина О.О.

Основні матеріали дослідження. Для проведення ґрунтовного аналізу параметрів обладнання для обслуговування автокондиціонерів в умовах ФОП Малина О.О. було використано декілька джерел інформації.

Було проаналізовано технічну документацію та характеристики наявного обладнання, що включало станції для заправки та діагностики автокондиціонерів (здебільшого, моделі, що працюють з холодоагентом R134a), вакуумні насоси, тестери витоків (електронні та УФ-лампи), манометричні колектори та набір спеціалізованих інструментів для ремонту та обслуговування.

Було проведено порівняльний аналіз ринкових пропозицій від провідних виробників обладнання для автосервісу, таких як Robinair,

Bosch, Texa, Launch, WAECO, з особливою увагою до станцій, що підтримують як R134a, так і R1234yf, а також до гібридних моделей. При цьому вивчалися такі ключові параметри, як продуктивність вакуумного насоса (л/хв), швидкість відкачування та заправки холодоагенту, точність вимірювань, наявність функцій автоматичного очищення та рециркуляції, об'єм вбудованих балонів для холодоагенту та олив, функціонал діагностики (автоматичний пошук витоків, тестування тиску), наявність вбудованого принтера для звітів, а також інтерфейс користувача.

Було враховано зворотний зв'язок від працівників ФОП Малина О.О. щодо зручності використання наявного обладнання, його надійності, частоти виникнення несправностей та необхідності додаткових функцій. Також було досліджено рекомендації виробників автомобілів щодо специфіки обслуговування систем кондиціонування з різними типами холодоагентів та вимоги до сертифікації обладнання.

Особливу увагу було приділено вартості обладнання, доступності запасних частин та сервісного обслуговування, що є критичним для невеликого підприємства.

Результати та висновки. Аналіз виявив, що наявне обладнання ФОП Малина О.О., хоча й є працездатним, має певні обмеження, які негативно впливають на ефективність та потенціал розвитку підприємства. Зокрема, більшість станцій для заправки та діагностики розраховані лише на холодоагент R134a, що створює труднощі при обслуговуванні сучасних автомобілів, оснащених системами з R1234yf. Це призводить до втрати потенційних клієнтів та знижує конкурентоспроможність ФОП. Також було відзначено, що продуктивність деяких компонентів, таких як вакуумні насоси, не завжди відповідає сучасним стандартам, що збільшує час обслуговування одного автомобіля.

На основі отриманих даних були зроблені наступні висновки та розроблені рекомендації:

- необхідність модернізації;
- оновлення допоміжного обладнання;
- інвестиції в навчання;
- система обліку та звітності;
- економічна доцільність;
- регулярне обслуговування.

Таким чином, для ФОП Малина О.О. критично важливим є інвестування в сучасне багатофункціональне обладнання та навчання персоналу. Це дозволить не тільки зберегти існуючих клієнтів, а й залучити нових, забезпечуючи сталий розвиток та підвищення конкурентоспроможності на ринку автосервісу.

УДК 631.3(02.064)

ОБҐРУНТУВАННЯМ СХЕМИ ТРАНСМІСІЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ СИСТЕМИ МОСТОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Теслюк Г. В., к.т.н., доц.

Клименко О. В., асист.

Слаква С. О., асист.

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро,
Україна*

Аналіз стану і тенденція розвитку засобів механізації рослинництва дають змогу зробити висновки про те, що сучасні технології виконання робіт за допомогою машино-тракторних агрегатів (МТА) вичерпали можливості вдосконалення і як система що розвивається, прийшли у стан насиченості.

Повсякденне застосування тракторно-комбайнових технологій спричинило низку серйозних проблем, рішення яких неможливе в межах загально прийнятих методів і способів вирощування культурних рослин [4].

Мостові засоби механізації відкривають можливості застосування прогресивних, нетрадиційних технологічних прийомів у рослинництві, які у поєднанні із застосуванням новітніх інформаційних технологій повинні стати базою для подальшого підвищення ефективності як землеробства, так і сільськогосподарського виробництва в цілому [1].

Сутність ідеї мостового землеробства полягає у наступному: розділення ділянки землі, яка обробляється, на інженерну та агротехнічну зони, призначених для руху спеціальних машин і для вирощування культурних рослин, відповідно.

Рух технологічного транспорту у інженерній зоні являє собою пересування спеціальних машин по так званим технологічним коліям, завдяки чому зменшується ущільнення ґрунту у агротехнічній зоні за відсутності пересування транспорту в ній [1].

В теперішній час для перевезення агротехнічних вантажів на полі використовують вантажні автомобілів. Проте ущільнення ґрунту від їх рухів є найбільшим, у порівнянні з колісними та гусеничними тракторами, тому альтернативним є використання іншого транспорту, який має меншу масу і рух якого займає якомога менше площі на полі. Так як ми розглядаємо систему мостового землеробства, то мета такого транспорту рухатись від агротехнічних ділянок поля до тієї зони де вантажний транспорт не спричинятиме негативної дії на його поверхню, тобто до межі закінчення поля де починається асфальтна або ґрунтова дорога.

Останнім часом зарубіжні фірми застосовують ролико-лопатні

гідростатичні трансмісії, які мають більш високі техніко-економічні показники у порівнянні з іншими типами трансмісій.

Для транспортного засобу, що використовується для обслуговування мостового землеробства на наш погляд необхідно застосовувати ролико-лопатну гідростатичну трансмісію, яка має найкращі показники [2].

Ролико-лопатна гідромашина серії ГМ виконана по симетричній схемі. Усередині корпусу розташований ротор з лопатками. У корпусних деталях зроблені осьові циліндрові отвори, в яких встановлені ролики-роздільники циліндрової форми з пазами, призначеними для вільного пропускання лопаток. Обертання ротора синхронізоване з обертанням всіх роликів. Симетрично розташовані канали, призначені для підведення і відведення рідини [3].

На відміну від інших відомих конструкцій гідростатичного приводу: поршневих, шестеренчастих і інших, малошумні ролико-лопатні гідромашини не мають частин, що труться, і можуть працювати на будь-яких рідинах, аж до морської води (у спеціального виконання). Ролико-лопатні гідромашини можна застосовувати в широкому швидкісному діапазоні від 0,1 до 5000 об/хв. На базі ролико-лопатних гідромашин створена ціла гамма гідромоторів для транспортних засобів різних галузей промисловості. У конструкції ролико-лопатних гідромашин передбачено гідравлічне розвантаження всіх основних деталей, що забезпечує високу надійність в експлуатації і безшумність в роботі, відсутність вібрації. На відміну від аксіально-поршневих і шестерних гідромашин, які зазвичай випускаються в трьох виконаннях: для правого і лівого обертання (насосний режим) і моторного виконання, ролико-лопатні гідромашини -універсальні. Одна і та ж гідромашина може працювати в будь-якому режимі і при будь-яких напрямках обертання ротора. На відміну від прогресивної гідрореверсивної динамічної передачі тут реверсування може виконуватися простим перемиканням потоку рідини за допомогою компактного золотника плоского типу.

Ролико-лопатні гідромашини можуть на вимогу замовника випускатися з двома вихідними валами. Якщо застосувати вмонтований планетарний редуктор, то можна реалізувати дуже високі крутні моменти, величина яких досягає 200 т.м.

В порівнянні з аксіально-поршневими трудомісткість виготовлення ролико-лопатних гідромашин в нормо-годинах в 2-3 рази менше. Більше 90% деталей ролико-лопатної гідромашини виготовляються прогресивним способом на верстатах з ЧПУ.

У ролико-лопатних гідромашинах тиск зрушування з місця в режимі гідромотора на холостому ходу на порядок нижче, ніж у гідромоторів інших типів (поршневих, лопатевих, героторних і інших) і складає величину, що не перевищує 0,1 МПа.

Список використаних джерел

1. Улексін В.О. Перспективи використання мостового землеробства. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету, № 1. Дніпропетровськ, 2002. С. 27–29.
2. Демидко О.О. та ін. "Шляхи економічного використання енергоносіїв на механізованих роботах". Вісник аграрної науки. № 7. 1998р.
3. Мисків Т.Г., Данілова Ж.Д., Жовнич В.І. Аналіз гібридного приводу автомобіля Toyota Prius. Lviv Polytechnical National University Institutional URL: <http://ena.lp.edu.ua>, 2016.
4. Надикто В.Т. та ін. Нові мобільні енергетичні засоби України: Теоретичні основи використання в землеробстві // В.Т. Надикто М.Л. Крижачківський, В.М. Кюрчев, С.Л. Обдула. Мелітополь: «Видавничий будинок ММД», 2005. 337 с.

УДК 658.58:621.577:629.3.064

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОКОНДИЦІОНЕРІВ В УМОВАХ ФОП МАЛИНА О.О.

Шишкін Д. Е., здобувач магістратури,
Басрукова Г. В, к.т.н., доц.,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Ефективне та якісне обслуговування автокондиціонерів є запорукою їх тривалої та безперебійної роботи, а також комфорту та безпеки водіїв і пасажирів. Для фізичної особи-підприємця (ФОП) Малина О.О., яка пропонує послуги з діагностики, ремонту та заправки систем кондиціонування автомобілів, життєво важливим є не лише наявність відповідного обладнання, але й чітке дотримання основних принципів обслуговування. Проблема полягає в тому, що відсутність стандартизованих підходів або ігнорування ключових етапів процесу може призвести до низки негативних наслідків. Це включає неповне відновлення працездатності системи, швидкий повторний вихід її з ладу, пошкодження компонентів через неправильне поводження з холодоагентами або оливою, а також потенційні ризики для довкілля та здоров'я працівників через витік холодоагенту. Динамічний розвиток автомобільних технологій та постійна зміна типів холодоагентів (від R134a до R1234yf) вимагає від спеціалістів ФОП Малина О.О. не лише глибоких знань, а й неухильного дотримання сучасних протоколів обслуговування. Тому існує нагальна потреба в чіткій систематизації та впровадженні

основних принципів, які гарантують високу якість послуг, безпеку та ефективність роботи в умовах даного підприємства.

Основні матеріали дослідження. Для формування та обґрунтування основних принципів обслуговування автокондиціонерів було проведено комплексне дослідження, що охоплювало декілька ключових напрямків.

Було проаналізовано рекомендації та технічні посібники провідних світових виробників автомобільних кондиціонерів та автомобілів, таких як Denso, Sanden, Bosch, а також автоконцернів, що вказують на специфічні вимоги до обслуговування своїх систем. Це дозволило виявити загальноприйняті стандарти та найкращі практики в галузі. Було вивчено нормативні документи та стандарти, що регулюють роботу з холодоагентами, зокрема екологічні норми щодо контролю витоків та утилізації, а також вимоги безпеки праці. Особлива увага була приділена правилам поводження з холодоагентом R1234yf, який є легкозаймистим, та його відмінностям від R134a. Було проаналізовано інформацію з галузевих видань, професійних семінарів та онлайн-ресурсів, що надають практичні поради та роз'яснення щодо технічних аспектів обслуговування, діагностики несправностей та вибору витратних матеріалів. Було враховано досвід та зворотний зв'язок від кваліфікованих майстрів, що працюють у сфері обслуговування автокондиціонерів. Матеріали дослідження також включали дані про типові несправності систем кондиціонування, причини їх виникнення та ефективні методи їх усунення, з акцентом на комплексний підхід до діагностики, а не просто «заправки».

Результати та висновки. На основі проведеного дослідження були сформульовані та систематизовані основні принципи обслуговування автокондиціонерів, які є критично важливими для ФОП Малина О.О. для забезпечення високої якості послуг та сталого розвитку бізнесу:

Комплексна діагностика перед заправкою. Повний аналіз системи, що включає візуальний огляд на предмет механічних пошкоджень, перевірку електричних компонентів, тестування на витoki за допомогою електронного тестера або УФ-барвника.

Дотримання специфікацій виробника. Кожна марка та модель автомобіля має свої вимоги до типу холодоагенту, об'єму заправки, типу та кількості компресорної оливи. Використання неправильної оливи може призвести до серйозного пошкодження компресора, а відхилення від норм заправки – до неефективної роботи системи.

Правильне поводження з холодоагентами та оливою. Це включає використання спеціалізованих станцій для відкачування, вакуумування та заправки, що мінімізує втрати холодоагенту та його контакт з навколишнім середовищем.

Безпека праці та екологічна відповідальність. При роботі з холодоагентами необхідно використовувати засоби індивідуального

захисту, забезпечувати достатню вентиляцію робочої зони. Усі відпрацьовані холодоагенти повинні бути рекуперовані та утилізовані відповідно до екологічних норм, а не випускатися в атмосферу.

Кваліфікація персоналу та постійне навчання. Майстри ФОП Малина О.О. повинні регулярно проходити навчання та підвищувати свою кваліфікацію, особливо з появою нових технологій та холодоагентів.

Отже, успішне обслуговування автокондиціонерів в умовах ФОП Малина О.О. базується не просто на заправці холодоагенту, а на цілісному підході, що поєднує ретельну діагностику, суворе дотримання технічних регламентів, використання якісного обладнання та витратних матеріалів, а також високий рівень професіоналізму та екологічної відповідальності персоналу. Дотримання цих принципів гарантує довготривалу та ефективну роботу систем кондиціонування, задоволеність клієнтів та сталий розвиток підприємства.

УДК 631.331

ВПЛИВ ВИХРОВОГО ШУМУ НА ВТРАТИ В РОБОЧОМУ КОЛЕСІ ВІДЦЕНТРОВОГО РАДІАЛЬНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Мельник В. І., д.т.н., проф.,

Зеленський О. П. д-р філософії (механічна інженерія),

Зеленський А. П. д-р філософії (механічна інженерія)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Постановка проблеми. Розглядаючи стрімкий розвиток механізації посівних процесів у агропромисловому комплексі, постає завдання, по підвищенню ефективності роботи посівних машин, в умовах різноманіття агротехнологічних вимог сучасного землеробства. Таке завдання спонукає до постійного розвитку конструкцій висівної техніки та вдосконалення її агрегатів. Аналіз сівалок, обладнаних пневматичними висівними системами надлишкового тиску, засвідчують, що використання вакуумних висівних апаратів дають можливість досягти високого рівня автоматизації та стабільність процесу висіву насіння, а також гарантувати надійну роботу сівалки на підвищених швидкостях. Розглядаючи роботу пневматичних сівалок, виділяють недоліки пневматичних магістралей, висівних апаратів та генератору вакууму (вентилятора). В рамках дослідження приділено увагу вивченню поведінки повітряного потоку в агрегатах та його каналах за різних граничних умов, більш ретельно проведено аналіз роботи відцентрового радіального вентилятора (ВРВ).

Основні матеріали дослідження. Шум, що виникає в конструкції ВРВ суттєво впливає на його роботу, збільшуються втрати, знижується ефективність, збільшується вібрація та зношення його елементів. Наслідком є нестабільна робота пневматичної системи сівалки та зниження якості висіву сільськогосподарських культур. В рамках проведених досліджень нової конструкції сівалки, побудованої за принципом модульності, з використанням пневматичної системи блочного типу (ПССБТ) з індивідуальним відцентровим радіальним вентилятором (ІВРВ), приділено увагу зміні геометричних параметрів конструкції для зниження втрат та підвищення якості роботи пневматичної системи. Для досягнення стабільної роботи ІВРВ, пневматичних трубопроводів та висівного апарату запропоновано внести конструктивні зміни: додатково встановити спрямляючий апарат, змінити кути входу в робоче колесо (РК) та поставити кокіль.

Метою дослідження є аналіз впливу конструктивних змін ІВРВ на рівень вихрового шуму та втрат в системі. Об'єктом дослідження є шум, що виникає в ІВРВ. Предметом є зміни в конструкції, що впливають на рівень шуму і як наслідок на втрати пневматичної системи. Використано методи порівняння та аналізу зміни кута входу в робоче колесо на рівень шуму, використовуючи теоретичні та практичні дослідження.

В рамках інженерно-технологічних досліджень по розробці нової конструкції сівалки та модернізації існуючих конструкцій розглянуто особливості роботи ІВРВ, та вплив деяких параметрів на величину вихрових втрат [1, 2]. Розглядаючи конструкцію РК ІВРВ, дослідження концентрувалось на встановленні впливу вхідного кута лопатки РК – $\beta_{1л}$.

Формула за якою визначається вхідний кут лопатки $\beta_{1л}$:

$$\beta_{1л} = \beta_1 + \Delta\beta, \quad (1)$$

де β_1 – кут натікання повітряного потоку на лопатку РК.

Розмір вхідного кута лопатки РК $\beta_{1л}$ впливає на дифузорність міжлопаткового каналу. Згідно з проведеним регресійним аналізом прийнято кут рівний 64° . Величина вхідного кута лопатки РК $\beta_{1л}$ значною мірою впливає на значення швидкості w_1 .

Вибрана величина, вхідного кута лопатки РК $\beta_{1л}$, пов'язана з низкою конструктивних та газодинамічних параметрів ІВРВ. Вона приймається з урахуванням цих величин.

Зменшення вихрових втрат в ІВРВ безпосередньо пов'язане з умовами входу повітряного потоку до решітки РК. Тому обтікання решітки лопаток РК, повітряним потоком, намагаються забезпечити плавним, з оптимальним кутом атаки, умовою є «безударний» вхід. Для досягнення цієї мети виникає потреба встановлення СА та кокіля на РК. Установка СА дозволяє вирівняти повітряний потік і підвищити швидкість в районі отворів диска, що висіває, з величини $37,61$ до $56,77$ м/с. Але не слід забувати, що установка СА призведе до появи

шуму (тонального шуму), що виникає внаслідок взаємодії двох решіток.

Вплив вихідного кута лопатки РК – $\beta_{2л}$ [3, 4]. Формула за якою визначається вихідний кут лопатки $\beta_{2л}$:

$$\beta_{2л} = \beta_2 + \Delta\beta, \quad (2)$$

де β_2 – кут виходу повітряного потоку з лопатки РК.

Згідно з проведеним регресійним аналізом приймаємо значення вихідного кута лопатки РК – $\beta_{2л}$ рівне 125° . Величина вихідного кута лопатки РК $\beta_{2л}$ значною мірою впливає на дифузорність міжлопаткового каналу.

Основні геометричні параметри моделей РК ІВРВ, обраних для виконання експериментальних досліджень, щодо впливу геометричних параметрів на вихрові втрати, надані в таблиці 1.

Як видно, з таблиці 1, геометричні розміри представлених РК однакові, але відрізняються тільки величинами вхідного кута $\beta_{1л}$ та вихідного кута $\beta_{2л}$ лопаток. В ході експериментальних досліджень, на стенді розробленого в рамках аналізу роботи ІВРВ, виконані виміри вихрового шуму за допомогою детектору шуму ДТ 855, при різних частотах обертання РК. При цьому повітряний потік підводився в осьовому напрямку до РК. Результати вимірів шуму занесені до таблиці 2.

Досліджування роботи ІВРВ проводили для РК різного виконання, з різними величинами вхідного $\beta_{1л}$ та вихідного кута $\beta_{2л}$ лопаток. Для наочності отриманих результатів було побудовано графік залежності рівня інтенсивності шуму від частоти обертання РК рис. 1.

Таблиця 1

Основні геометричні параметри моделей РК ІВРВ

№ колеса	D_0 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	b_1	b_2	$\beta_{1л}$	$\beta_{2л}$	$z_{РК}$
1	33	38,5	110	13,2	13,2	64	125	18
2	33	38,5	110	13,2	13,2	110	70	18

Таблиця 2

Результати вимірювань шуму РК ІВРВ

№ п/п	Частота обертання РК n , рад/с	Рівень інтенсивності шуму L_1 , дБ	Рівень інтенсивності шуму L_2 , дБ
1	1068	81	86
2	1131	82	87
3	1257	85	88
4	1350	86	91
5	1413	88	93
6	1476	88,3	95
7	1572	88,5	97

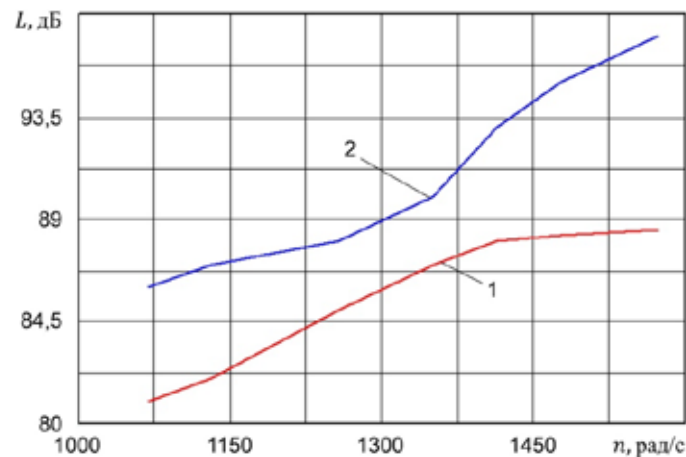


Рис. 1. Вплив вхідного $\beta_{1л}$ та вихідного кута $\beta_{2л}$ лопаток РК на рівень шуму: 1 – крива шуму РК №2, 2 – крива шуму РК №1

З рис. 1 видно, що при збільшенні частоти обертання РК величина шуму зростає. Зниження загального рівня шуму ІВРВ з запропонованої моделі РК №1 – L_1 , при частоті обертання 1350 рад/с склало на 5 дБ відносно моделі РК №2 – L_2 , що становить близько 5,5%. Стає зрозуміло, що впливаючи на величину вхідного $\beta_{1л}$ та вихідного кута $\beta_{2л}$ лопаток РК, здійснюється зміна рівня шуму в вентиляторі.

Висновки. У процесі дослідження, приділено увагу куту розкриття вихідного патрубку. Встановлено, що зменшення кута розкриття каналу призводить до зниження інтенсивності вихроутворення в міжлопаткових каналах і шуму. Експериментально встановлено, що зростання втрат у корпусі призводить до збільшення шуму. Виникає припущення про наявність оптимальних геометричних співвідношень з акустичної точки зору, які можна використовувати при проектуванні ІВРВ.

Список використаних джерел

5. S. L.Dixon, C. A.Hall, Fluid mechanics and thermodynamics of turbomachinery, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA ,The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK: Sixth edition, 2010. 459 р.

6. ДСТУ 3251-95 Вентилятори радіальні та осьові. Методи випробувань в умовах експлуатації. [Чинний від від 01.07.1997] Вид.офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 1997. 126 с.

7. Зеленський А.П. Експериментальний стенд для дослідження параметрів повітряного потоку в проточній частині індивідуального відцентрового радіального вентилятора. // XXV Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми землеробської механіки», 17–19 жовтня 2024 року, м. Харків / Державний

біотехнологічний університет. Харків, 2024. с. 175–177.

8. Frank, M. (2016). White fluid mechanics (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education. 1023 p.

УДК 621.313.333.004.58

ПЕРІОДИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ РОБОЧИХ МАШИН З ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

Вовк О. Ю., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку промисловості переважна більшість робочих машин і механізмів мають електроприводи, силовими елементами яких є асинхронні двигуни. Такі електроприводи складають близько 95 % від усіх електроприводів [1, 2]. Це обумовлено надійною конструкцією, порівняно незначною вартістю виготовлення, високими енергетичними показниками та іншими характеристиками зазначених електродвигунів [3, 4]. Проте під час експлуатації в Україні на підприємствах різної спрямованості щорічно виходять з ладу майже чверть встановлених асинхронних двигунів, а має відмовляти не більше 2 – 3 % [5, 6]. Однією з причин існування проблеми експлуатаційної надійності асинхронних двигунів є недостатність інформації про їх функціональний стан, який визначається шляхом діагностування [7, 8]. На функціональний стан приводних електродвигунів також впливає ступінь роботоздатності механічних частин робочих машин. Будь-які несправності, погіршення тертя між їх окремими частинами призводять до додаткового навантаження на приводні електродвигуни і до прискорення їх зношення. Дослідженням у напрямку діагностування зазначених електродвигунів і робочих машин, для приводу яких вони застосовуються, присвячено багато робіт ([9, 10] та інші). У них наводяться результати розробок методів і засобів діагностування як електродвигунів і робочих машин в цілому, так і окремих їх вузлів. Аналіз робіт, пов'язаних з діагностуванням двигуна і робочої машини в цілому, виявив головні їх недоліки. А саме: вони не встановлюють пошкоджений вузол і мають значну вартість технічної реалізації.

Основні матеріали дослідження. З метою періодичного контролю функціонального стану асинхронного двигуна в цілому і окремих його вузлів пропонується застосовувати втрати активної потужності в окремих вузлах електродвигуна та його сумарні втрати активної потужності. Як діагностичні параметри, за якими пропонується оцінювати поточний функціональний стан асинхронного

двигуна, застосовано такі величини:

$$B_{oc} = \frac{DP_{e1}}{DP_{e1(\delta)}} \times 100; B_{op} = \frac{DP_{e2}}{DP_{e2(\delta)}} \times 100; B_{m2} = \frac{DP_{m2}}{DP_{m2(\delta)}} \times 100; B_{mx} = \frac{DP_{mx}}{DP_{mx(\delta)}} \times 100, \quad (1)$$

де B_{oc} , B_{op} , B_{m2} , B_{mx} – відносні втрати потужності відповідно в обмотці статора, в обмотці ротора, в магнітопроводі, в механічній системі, %; $DP_{e1(\delta)}$, DP_{e1} – відповідно базові та поточні електричні втрати в обмотці статора, $Вт$; $DP_{e2(\delta)}$, DP_{e2} – відповідно базові та поточні електричні втрати в обмотці ротора, $Вт$; $DP_{m2(\delta)}$, DP_{m2} – відповідно базові та поточні втрати в магнітопроводі, $Вт$; $DP_{mx(\delta)}$, DP_{mx} – відповідно базові та поточні механічні втрати, $Вт$;

$$B_{\delta\sigma} = \frac{DP_{\Sigma}}{DP_{\Sigma(\delta)}} \times 100, \quad (2)$$

де $B_{\delta\sigma}$ – відносні сумарні втрати активної потужності у електродвигуні, %; $DP_{\Sigma(\delta)}$, P_{Σ} – відповідно базові та поточні сумарні втрати активної потужності, $Вт$.

Базові втрати потужності визначаються на початку експлуатації під час налагодження робочої машини після її монтажу. Через певний проміжок часу експлуатації визначаються поточні втрати потужності.

Блок-схема періодичного контролю функціонального стану приводного асинхронного двигуна має вигляд, наведений на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема періодичного контролю функціонального стану приводного асинхронного двигуна.

З метою періодичного контролю функціонального стану механічної частини робочої машини, яку приводить у рух асинхронний двигун, пропонується застосовувати потужність, яка витрачається на тертя елементів механічної частини не завантаженої робочої машини. Вона визначається як різниця між механічною потужністю на валу електродвигуна, який працює з приєднаною не завантаженою робочою машиною, і механічними втратами в електродвигуні. Як діагностичний параметр, за яким пропонується оцінювати поточний функціональний стан механічної частини робочої машини, застосовано таку величину:

$$B_{pm} = \frac{P_{x.x.pm}}{P_{x.x.pm(\theta)}} \cdot 100, \quad (3)$$

де B_{pm} – відносна потужність, яка витрачається на тертя елементів механічної частини не завантаженої робочої машини, %; $P_{x.x.pm(\theta)}$, $P_{x.x.pm}$ – відповідно базова та поточна потужності, які витрачаються на тертя елементів механічної частини не завантаженої робочої машини, Вт.

Базове значення вказаної потужності визначається на початку експлуатації під час налагодження робочої машини після її монтажу, поточне значення – через певний проміжок часу експлуатації.

Блок-схема періодичного контролю функціонального стану механічної частини робочої машини має вигляд, наведений на рис.2.

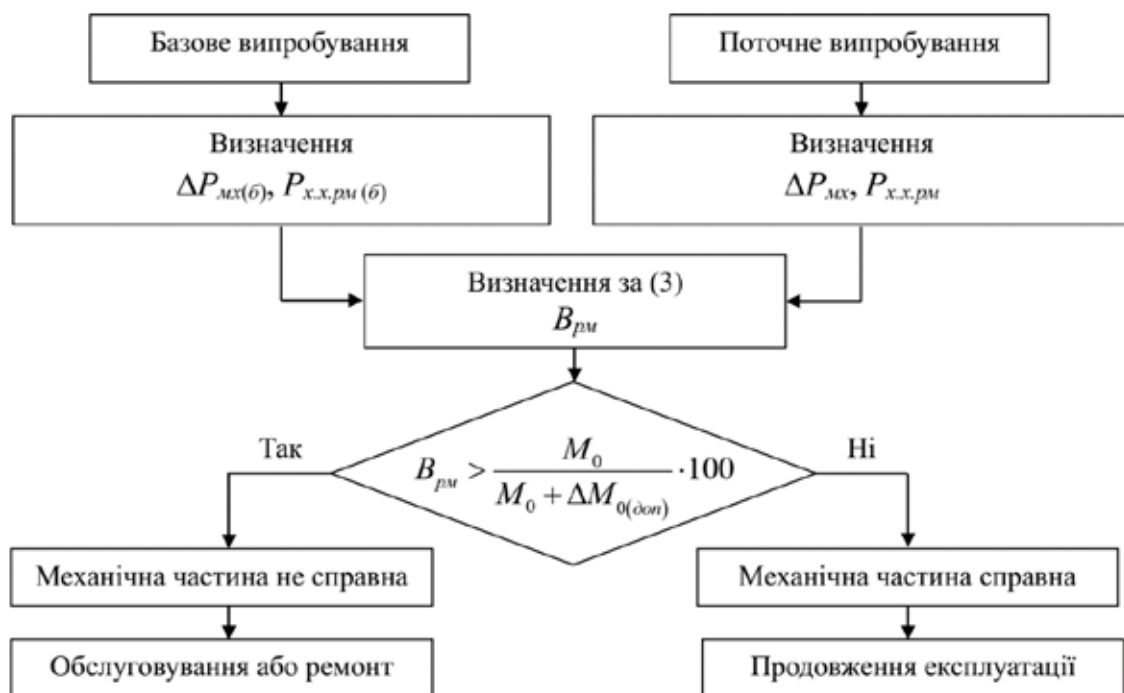


Рис.2. Блок-схема періодичного контролю функціонального стану механічної частини робочої машини.

На рис.2 позначено: M_0 – момент зрушення робочої машини, Нж; $\Delta M_{0(\text{доп})}$ – допустиме абсолютне відхилення моменту зрушення робочої машини, Нж.

У лабораторних умовах запропонований метод діагностування було перевірено на стрічковому транспортері. У нього спочатку було введено погіршення змащування механічної частини, а потім виткове замикання обмотки статора приводного електродвигуна. У обидвох випадках запропонований метод діагностування виявив ці несправності.

Висновки. Таким чином, у результаті досліджень запропоновано метод діагностування робочих машин, які приводяться у дію електроприводами з асинхронними двигунами. Він спрямований на періодичний контроль функціонального стану як приводних електродвигунів, так і механічних частин робочих машин в експлуатаційних умовах.

Список використаних джерел

1. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2017. Вип. 7, т. 1. С. 126–134.
2. Квітка С. О., Безменнікова Л. М., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Методи управління та апаратна реалізація сучасних перетворювачів частоти. *Праці ТДАТУ*. 2013. Вип. 3, т. 2. С. 164–171.
3. Квітка С. О., Безменнікова Л. М., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій захисту групи трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Праці ТДАТУ*. 2012. Вип. 12, т. 2. С. 23–27.
4. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Стребков О. А., Волошина А. А. Розробка системи забезпечення ресурсоенергозберігаючого експлуатаційного режиму роботи асинхронного електродвигуна. *Енергетика і автоматика*. 2016. № 4(30). С. 89–97.
5. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Безменнікова Л. М. Періодичне діагностування механічної частини робочої машини з асинхронним електроприводом в експлуатації. *Праці ТДАТУ*. 2012. Вип. 12, т. 2. С. 54–58.
6. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій контролю функціонального стану та захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник ХНТУСГ*. 2014. Вип.153. С. 85–87.
7. Вовк О. Ю., Квітка С. О. Періодичний контроль функціонального стану асинхронних електродвигунів за енергетичними показниками. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 4. С. 115–125.
8. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій контролю функціонального стану і захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник ХНТУСГ*. 2017. Вип.186. С. 90–92.
9. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Безменнікова Л. М. Обґрунтування параметрів функціонального стану асинхронних електродвигунів. *Праці ТДАТУ*. 2008. Вип. 8, т. 9. С. 129–137.

10. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Експлуатаційний контроль функціонального стану осердя та механічної системи асинхронних електродвигунів. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2017. Вип. 7, т. 1. С. 85–93.

УДК 631.331

АНАЛІЗ РОБОТИ ПНЕВМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ СІВАЛКИ З КОНСТРУКЦІЙНИМИ ЗМІНАМИ

Мельник В. І.¹, д.т.н., проф.,
Зеленський А. П.¹, д-р філософії,
Зеленський О. П.¹, д-р філософії,
Зеленська М. А.², здобувач СВО магістр

¹Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,

²Університет Марії Кюрі-Склодовської, м. Люблін, Польща

Постановка проблеми. Дослідження присвячене удосконаленню роботи пневматичної системи сівалки точного висіву, для отримання більш стійкої роботи під час висіву просапних культур та підвищення продуктивності господарств. Основну увагу зосереджено на аналізі та дослідженні функціонування пневматичної системи класичного типу, та нової конструкції побудованої з використанням індивідуального відцентрового радіального вентилятора з висівним апаратом.

Основні матеріали дослідження. Метою дослідження є аналіз переваги змін в конструкції класичної системи та пневматичної системи сівалки блочного типу (ПССБТ) з індивідуальним відцентровим радіальним вентилятором (ІВРВ). Об'єктом дослідження є тиск створюваний ІВРВ та ВРВ та його ефективність. Предметом є вплив конструктивних змін на рівень тиску.

Основним критерієм, що характеризує роботу пневматичної системи сівалки є кінцева якість висіву насіння. Потік насіння, що висівається, повинен бути строго дозованим, безперервним, та рівномірним. А це можливо за умови присмокування насіння до всіх отворів висівного диска. Звідси витікає завдання про необхідність підтримання тиску в певних рамках, не зважаючи на те, що кількість отворів диска, що працюють, постійно змінюється. Під час аналізу насіння різних культур встановлено, що для ефективного транспортування до зони вивантаження вимагає різних величин зусилля присмокування та утримання насіння у отворах висівного диска. Встановлено, що потрібно дотримуватися постійного контролю

параметрів повітряного потоку в пневматичній системі.

В ході проведеного аналізу та порівняння класичної схеми пневматичної системи та ПССБТ з ІВРВ встановлено переваги запропонованої схеми. Переваги в том, що тиск створюваний ІВРВ більше ніж у класичній схемі, при тих же граничних умовах, (рис. 1) графік 1 та 3. Наприклад значення тиску, який утримує насіння в отворах висівного диску не буде зменшуватись при зменшенні витрати повітря до $0,031 \text{ кг/м}^3$, тобто тиск буде зростати до значення 95800 Па [1,2]. З'являється можливість, при необхідності, змінювати частоту обертання робочого колеса (РК), при цьому тиск, що виробляється більше, ніж виробляється тиск класичною схемою, графік 2 та 3 показує роботу де встановлюється в пневматичний канал перепускний клапан. Розглядаючи комбіновану роботу пневматичної системи нового типу – ПССБТ, де організовано регулювання частоти обертання РК, та встановлено перепускний клапану, що дає можливість підвищити стійкість роботи системи.

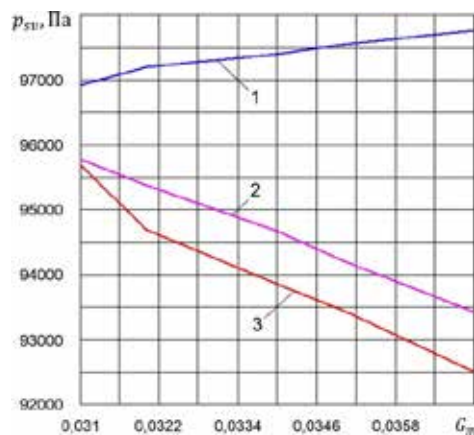


Рис. 1. Графік залежності тиску, що видається p_{sv} від параметрів – витрати повітря G_m

Щоб досягти стабільної роботи ПССБТ з ІВРВ потрібно підтримка постійного статичного тиску в області отворів висівного диску, не менше $p_{sv} \geq 5000 \text{ Па}$ та швидкості руху повітряного потоку $c \geq c_{\text{вит}}$ (більше швидкості витання посівного матеріалу) [3,4]. Для аналізу поведінки та величини параметрів повітряного потоку в каналах пневматичної системи було розглянуто математичну модель ПССБТ з ІВРВ та клапаном регулювання потоку повітря, результат представлено на (рис. 2).

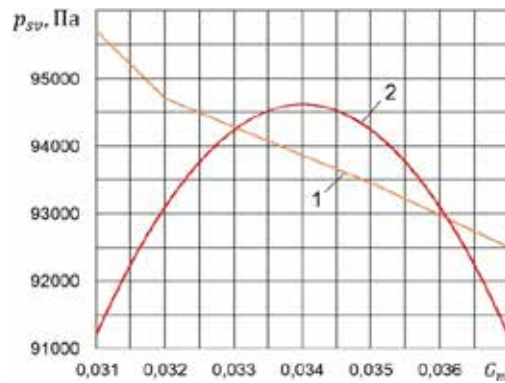


Рис. 2. Графік залежності тиску, що видається, від витрати повітря: 1– ІВРВ без клапану; 2– ІВРВ з клапаном

За результатами проведених порівнянь роботи показників ІВРВ з клапаном регулювання витрати повітря та без нього встановлено, що при мінімальному значенні витрати повітря G_m (в робочому діапазоні) значення тиску p_{sv} на 3,28% у вентиляторі нової конструкції менше. При оптимальному значенні витрати повітря G_m значення тиску p_{sv} на 5,39% у вентиляторі нової конструкції з перепускним клапаном більше. Можливість регулювання частоти обертання РК, а значить і зміни тиску, що створюється p_{sv} у потрібному напрямку, встановлення в каналі пневматичної системи перепускного клапана, дає переваги новій системі над старою.

Висновки. Впровадження запропонованих змін у конструкцію пневматичної системи для покращення якості присмоктування висівного насіння просапних культур, до отворів висівного диска, призведе до більш якісного посіву.

Список використаних джерел

- Schlichting, H., & Gersten, K. (2017). Boundary-Layer theory (9th ed.). Berlin: Springer-Verlag, 805 p.
- Сисолін П. В., Сало В. М., Кропивний В. М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн. 1. Машини для рільництва: обробіток ґрунту, сівба, садіння, внесення добрив. – К.: Урожай, 2001. 382 с.
- Жуковський С. С. Аеродинаміка вентиляції : навч. посіб. для вищих навч. закладів / С. С. Жуковський, В. Й. Лабай. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2003. 370 с.
- Ing. Dr. techn. Back O. Ventilatoren entwurf und berechnung. Halle (Saale), 1955. 362 p.

УДК 621.436

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Куликівський В. Л., к.т.н., доц.,

Боровський В. М., ст. викл.

Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Постановка проблеми. Найбільш відповідальною системою дизельного двигуна є паливна апаратура високого тиску (ПАВТ). Конструктивною особливістю системи живлення дизельних двигунів є наявність прецизійних пар тертя, механічних пружних вузлів, високоточних та інших типів ущільнюючих і рухомих з'єднань [1]. Від видозмін та перетворень, які виникають у цих елементах під час експлуатації, залежать і зміни вихідних параметрів системи живлення. Тому, вдосконалення методів контролю технічного стану елементів системи живлення та прогнозування ймовірностей виходу їх з ладу, що водночас дозволить підвищити надійність експлуатації дизельного двигуна є актуальним завданням.

У ПАВТ близько 60 % відмов припадає на паливний насос високого тиску, форсунки та автоматичну муфту випередження впорскування палива. На підставі досліджень фізичної сутності процесу впорскування палива у циліндри двигуна можна обґрунтувати вибір діагностичних параметрів ПАВТ та розробити дієвий спосіб визначення передавальних функцій несправностей, що впливають на тягово-швидкісні характеристики, економічні та екологічні показники дизельного двигуна.

Основні матеріали дослідження. Для оцінки працездатності паливних насосів високого тиску (ПНВТ) використовуються різноманітні прилади, що дозволяють: проводити діагностування прецизійних пар; визначати продуктивність насосних секцій та нерівномірність подачі палива (по секціям); перевіряти початок подачі дизпалива секціями насоса. Всі існуючі прилади здебільшого оцінюють працездатність паливних насосів високого тиску за регламентованими вихідними параметрами процесу паливоподачі та дублюють інформацію, яку одержують під час випробуваннях ПНВТ на стаціонарних стендах. Використання наявних приладів не дозволяє широко застосовувати їх для технічного обслуговування елементів системи живлення дизельних двигунів з таких причин:

- значна трудомісткість процесу в порівнянні з контролем на стаціонарних стендах;
- неповний обсяг діагностичної інформації, що відображає працездатність елементів, паливних насосів високого тиску.

За допомогою різноманітних засобів контролю проводилися дослідження параметрів для оцінки технічного стану паливних насосів високого тиску, а саме:

- 1) циклова подача на різних режимах (номінальний, холостого ходу) та її нерівномірність за секціями;
- 2) кут випередження циклової подачі першої секції щодо осі симетрії першого кулачка;
- 3) нерівномірність кута випередження подачі інших секцій щодо першої;
- 4) параметри оцінки роботи регулятора ПНВТ;
- 5) тиск, що створюється насосною секцією.

Зазначені параметри, окрім останнього (5) є комплексними регламентованими вихідними показниками процесу паливоподачі, що виявляють або вказують на працездатність усієї системи живлення. Значення параметрів регламентуються нормативно-технічною документацією. Весь процес технічного обслуговування спрямований на підтримання даних параметрів у допустимих межах, під час діагностування їх слід оцінювати першочергово та у повному обсязі. У результаті аналізу параметрів (1-5), які визначаються діагностичним обладнанням, встановлено, що кожен прилад вимірює не більше двох показників (величин).

Якщо під час діагностування паливних насосів високого тиску використовувати всі рекомендовані прилади, то кількість вимірюваних, досліджуваних параметрів все одно буде неповною, фрагментарною. Тому, неприпустимо говорити про достовірну оцінку працездатності паливних насосів високого тиску існуючими приладами. Водночас зі збільшенням кількості використовуваних приладів починають зростати витрати часу на діагностування, що може перевищити трудомісткість визначення працездатності паливних насосів високого тиску на випробувальному стенді.

Спираючись на вищезазначене можна дійти висновку, що граничний технічний стан плунжерної пари визначається не лише її зносом, а й сукупністю властивостей та параметрів інших елементів паливної секції. Тому, навіть найточніша та повна інформація щодо стану плунжерної пари не дасть цілісного уявлення про порушення процесу паливоподачі, при невідомому стані інших елементів, а отже, не може використовуватися під час обслуговуванні системи живлення дизельних двигунів.

Таким чином, аналіз відомих засобів та методів (рис. 1) діагностування елементів системи живлення показує, що жоден з них не вирішує усіх поставлених завдань. На жаль, методів комплексної перевірки роботи елементів системи живлення не існує. Роботу елементів системи живлення можна оцінити щодо впливу їх стану на процес паливоподачі. Оскільки оцінка подачі палива визначається за регламентованими вихідними параметрами, тому необхідно

встановити зв'язок між технічним станом елементів системи живлення і вихідними показниками процесу паливоподачі.



Рис. 1. Класифікація методів діагностування елементів системи живлення дизельних двигунів

Найбільшою мірою вимогам, що висуваються до способів або прийомів діагностування елементів системи живлення, задовольняють такі методи:

- віброакустичний;
- за сигналом тиску палива у лінії нагнітання;
- за величиною ходу голки розпилювача форсунки.

Перші два методи виокремленні багатьма дослідниками як такі, що дозволяють підвищити достовірність діагностування дизельних двигунів.

Найбільш перспективним способом, що дозволяє вирішувати основні завдання щодо оцінки технічного стану системи живлення є метод діагностування за амплітудно-фазовими параметрами паливоподачі (за сигналом тиску палива в лінії нагнітання). Суть методу полягає у тому, що за допомогою датчика тиску, встановленого на штуцер ПНВТ чи перед форсункою, програмно-керованим пристроєм реєструються осцилограми тиску палива на різних режимах роботи елементів системи живлення. Осцилограми мають ряд характерних точок, координати яких несуть інформацію про технічний стан складових системи, зокрема пружних елементів насоса та форсунки. Оскільки процес паливоподачі формують усі елементи системи живлення, то тиск палива, як показник даного процесу має відображати всі зміни стану складових, механізмів за їх взаємозв'язку

один з одним.

Метод діагностування за амплітудно-фазовими параметрами паливоподачі є інноваційним і нині достатньо вивченим, хоч не отримав ще належного поширення. Насамперед через безліч зв'язків між діагностичними параметрами, які не дозволяють однозначно оцінити технічний стан елементів системи живлення при комплексному зносі її складових (деталей, механізмів) та значну відмінність в характері вихідного сигналу датчика тиску, залежно від місця його встановлення. Дані недоліки призвели до того, що були досліджені не надчутливі до зміни технічного стану системи живлення параметри сигналу тиску. Сучасний розвиток вимірювальної техніки, електроніки, експлуатації системи живлення, вивчення теорії процесу паливоподачі дозволяє уникнути зазначених помилок при подальшому удосконаленні цього перспективного методу. Більш глибоке вивчення, опрацювання прийомів діагностування за амплітудно-фазовими параметрами з урахуванням вимог, що висуваються до методу, на основі проведеного вище аналізу, дозволить отримувати більш повну і точну інформацію про працездатність паливної апаратури, особливості її функціонування та технічний стан з урахуванням основних елементів системи живлення. Такий обсяг діагностичної інформації дасть змогу перейти до обслуговування системи живлення дизельних двигунів за технічним станом.

Висновки. Проаналізовано ефективність відомих методів визначення технічного стану елементів системи живлення, до того ж ґрунтуючись на результатах попереднього дослідження є можливість зробити такі висновки:

- близько 45 % порушень і виходів з ладу двигуна пов'язані з відхиленнями у роботі та відмовою ПАВТ;

- існуючі методи визначення технічного стану елементів системи живлення зазвичай вимагають тимчасової зупинки техніки, для часткового розбирання вузла або агрегату, що знижує строк служби паливної апаратури на 10...15 %;

- методика досліджень процесу паливоподачі за амплітудно-фазовими показниками сигналу високого тиску палива повною мірою відповідає сучасним вимогам із визначення технічного стану елементів системи живлення дизельних двигунів.

Список використаних джерел

1. Мельник Ю. В., Мельник А. Л. Дослідження надійності роботи та засобів діагностування технічного стану паливної апаратури. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2021. № 5(301). С. 114–118.

UDC 631.363.2**LUBRICANTS FOR THE MAIN COMPONENTS OF PELLET PRESSES**

Komar A. S., engineer

Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

Wood is becoming increasingly important as a fuel worldwide. Wood pellets are considered a true replacement for fossil fuels. Both private and public entities are increasingly switching to the use of wood pellets for heating as a substitute for petroleum products, a trend supported and encouraged by European governments.

Providing the domestic wood processing market with high-quality lubricants is a priority.

Lubricants for Pellet Mill Gearboxes. Large industrial pellet mills operate continuously and under maximum loads. This operating mode is only possible with trouble-free operation of the gearbox bearings, which is ensured by high-quality transmission oils and a fault-free lubrication system.

Pellet mill gearboxes are subjected not only to constant loads but also to a number of adverse factors:

- high temperatures;
- heavy dust;
- humidity.

All these conditions increase the demands on the transmission oils used. Granulators operate at fairly high temperatures. The housing can reach temperatures of up to 90°C, so it's recommended to use oil that operates in temperatures ranging from -30°C to +100°C. To prevent the oil from overheating and losing its density, a gear pump station circulates it through an air cooler. Another station circulates the oil through bearings located above the oil bath.

Key characteristics of granulator gearbox oils:

- High extreme-pressure properties;
- Anti-corrosion properties;
- Anti-friction properties;
- High kinematic viscosity;
- High flash point.

Gearbox oil must maintain high load-bearing capacity in steel gears, as well as in bearing lubrication systems using oil mist and splash lubrication, and must possess thermal and oxidative stability and anti-friction properties.

Oil is changed according to the schedule in the lubrication chart or when its properties deteriorate or completely disappear.

Lubricant for husk granulator rollers. The lubricant supply to the rollers must be continuous, using mechanical and pneumatic stations with

plunger pumps.

During pellet production, the product is moistened (by approximately 10%), requiring high anti-corrosion properties for protection. Rollers constantly operate in dusty conditions, and the mechanical stability of the lubricant must ensure adequate sealing, as bearing reliability and service life are directly affected by contamination. High kinematic viscosity is essential here, as the roller operating temperature reaches 100°C.

The rollers are treated with a high-viscosity, low-speed grease, VG500, made with base oils and a lithium complex thickener, designed for the extreme conditions of roller bearings. It offers a stable structure under high-temperature, shock, and vibration conditions, and excellent flow through the lubrication channels.

References.

1. Комар А. Features of biomass granulation. *Перспективна техніка і технології в АПК: матеріали Міжнародної наукової конференції студентів, магістрантів і аспірантів*. Минск: БГАТУ, 2021. С. 125–127.
2. Болтянський Б. В. Конструктивно-технологічне вдосконалення вальцевих грануляторів з плоскою матрицею. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2023. Вип. 13, т. 1. №11. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-1-11>
3. Болтянська Н. І. Визначення умови економічної доцільності підвищення надійності прес-гранулятора. *Проблеми надійності машин*. 2019. Вип. 205. С. 398–405.
4. Болтянська Н.І., Комар А.С. Переробка пташиного посліду на добриво шляхом його гранулювання. *Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва: Тези V Міжн. наук.-практ. конф.* Умань, 2019. С. 18–20.
5. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Теоретичні аспекти вибору лінії гранулювання посліду перепелів. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (01–24 листопада 2023 року)*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. С. 345–348.
6. Болтянська Н. І., Комар А. С. Аналіз конструкцій пресів для приготування кормових гранул та паливних брикетів. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2018. Вип. 8, т. 2. С. 44–56.

Let us consider the forces acting on the plunger, heel and sleeve of the block in accordance with (Fig. 1): $F_{\text{жс}}$ – the force is caused by the action of the working fluid on the end of the plunger (decomposed on its spherical support into a force that presses the plunger heel against the inclined washer F_1 and tangential force F_2 , which determines the torque of the block; F_p – the force that pushes the plunger heel away from the swash plate (or hydraulic pump cradle) and provides hydrostatic support for the plunger heel on the inclined surface of the swash plate.; F_T – friction force in the coupling "ring support of the heel - support of the cradle" (for a hydraulic pump); F_T^\square – friction force friction force in the coupling "block sleeve - plunger"; F_u, F_y – inertial and centrifugal forces acting on the plunger, heel, separator; F_C – force of the springs on the separator to fix the plunger heel.

The effect of inertial F_u and centrifugal forces F_y on the plunger is not significant and is approximately 2% of the acting force [5, 6]. In addition, the forces F_u і F_y mutually compensated with force F_C , which is created by the separator springs. It is obvious that the mechanical losses will depend on the friction forces F_T і F_T^\square in the conjunction "ring support of the heel - cradle support", as well as "block sleeve - plunger".

At the nominal technical condition of the heel, a liquid lubrication regime takes place between the friction pairs, which ensures the absence of direct contact of metal surfaces. In this case, the friction force does not depend on the state of the friction surfaces, but is determined only by the internal properties of the lubricant [6]:

$$F_T = -t \times s \frac{W}{H}, \quad (1)$$

where t – dynamic viscosity of a liquid; s – area of friction surfaces; W – speed of movement of friction pairs; H – working fluid layer thickness.

However, during operation of the hydraulic drive, abrasive particles of various sizes get into the parts operating in the "heel ring support - inclined washer" and "heel ring support - cradle support" couplings, which are pressed into the softer surface of the brass or bronze heel, forming hydroabrasive channels of various depths and profiles.

The presence of these channels leads to a redistribution of the working fluid flow in the hydrostatic bearing, violates its axial rigidity and creates prerequisites for the occurrence of non-parallelism between the heel ring support and the cradle or inclined washer support [7 - 9].

The non-parallelism of the surfaces of the parts in the "heel ring support - cradle support" coupling during operation leads to the occurrence of boundary lubrication conditions, when some areas of the working surfaces of the mating parts have metal contact. Under boundary lubrication conditions, the friction force can be considered as the force of dry friction at

the peaks of irregularities and liquid friction in the cavities formed by the profile of the end surface of the annular support. [6]:

$$F_T = f \times \frac{\alpha P}{\epsilon} \times S_T + t \frac{W}{H} \times S_M \frac{\ddot{\theta}}{\phi} \quad (2)$$

where f – friction coefficient for boundary conditions; S_T – area where solid bodies come into contact; H – thickness of the lubricant layer in the channels that are formed as a result of wear; S_M – area where the lubricant layers shift.

Further wear of the annular support of the plunger heel ends with a transition from boundary friction conditions to an increase in the dry contact areas between the surfaces of the thorn.:

$$F_T = j \times F_1, \quad (3)$$

where j – dry friction coefficient; F_1 – the force that presses the plunger heel against the friction surface.

A change in the operating conditions of the parts in the connection leads to an increase in the friction force and is manifested by a violation of the thermal regime of their operation.

An increase in the temperature regime of the parts in the connections "annular heel support - cradle support" for an axial-piston hydraulic pump, and "annular heel support - inclined washer" for a hydraulic pump, ultimately leads to complete crushing of the annular heel support with subsequent rolling of its output channel, which ensures the supply of working fluid to the heel and the operation of the hydrostatic bearing as a whole (Fig. 3, 4).



Common type of plunger heel wear



4. Complete wear of the heel ring support with rolling of the hydrostatic bearing hole

The operation of the connection parts under such conditions is accompanied by a sharp increase in the overturning moment. M_{Π} , which is defined by the expression:

$$M_{\Pi} = F_T \cdot l, \quad (4)$$

where M_{Π} – moment of force directed to tip the plunger; l – height of the center of the spherical support of the plunger.

The increase in the overturning moment is the main reason that leads to the destruction of the plunger heel bearing (Fig. 5). The heel breaking out of the plunger bearing leads to a sudden emergency failure, because the direct contact of the spherical surface of the plunger with the inclined washer leads to the seizure of metals, which causes the jamming of the pumping unit of the axial-piston hydraulic machine.



Fig. 5. Heel separation from the plunger bore

Thus, the considered relationship between the wear of the heel ring support and the operability of the hydraulic drive shows that it leads to disruption of the hydrostatic bearing in the connection, which causes an increase in friction forces, a change in the temperature regime, which during operation leads to mechanical losses in the units, significant structural changes and geometry of the heel ring support and ends with an emergency failure as a result of the plunger jamming in the block sleeve. To confirm this working hypothesis, there is a need to conduct experimental studies that allow determining the relationship between the technical condition of the heel ring support and the temperature regime of the connection.

At the same time, the conducted studies have shown that one of the measures that will allow avoiding an emergency failure caused by wear of the heel ring support and jamming of the plunger in the sleeve is to reduce the friction forces in the contact of the plunger with the sleeve at the moment of its skew, and the duration of this contact. This can be done by structural changes to the block sleeve, which will reduce the action of forces in the contact zone of the plunger with the sleeve during its skew due to damping of vibration loads and absorption of shocks by using elastic-damping elements in the sleeve design.

The conducted studies show that the presence of tangential forces that arise when the heel slides along the support during the rotation of the block

causes the plunger to “skew” in the sleeve, which leads to characteristic wear of parts and causes an increase in mechanical and volumetric losses, and in the future can lead to jamming of the plunger in the sleeve and, as a rule, an emergency failure.

To prevent this failure, it is recommended to make a constructive change to the block sleeve, which will reduce the action of forces in the area of contact of the plunger with the sleeve during its skewing due to damping of vibration loads and absorption of shock loads.

The proposed design of the sleeve is shown in Fig. 6.

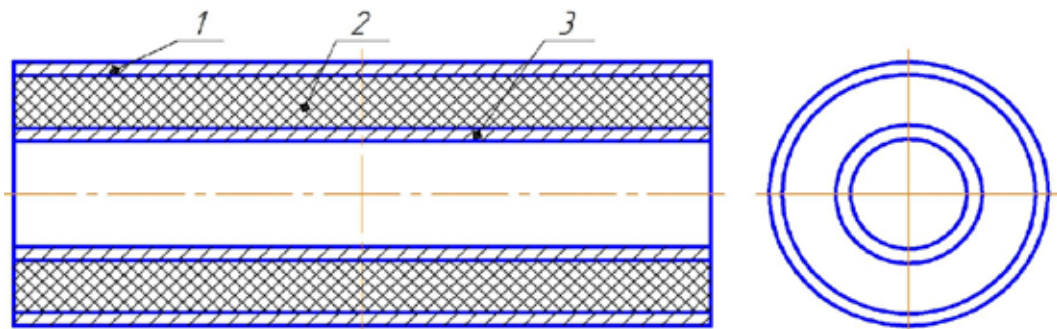


Fig. 6. Block sleeve design: 1 – outer sleeve; 2 – elastic-damping element; 3 – inner sleeve

The sleeve consists of an outer 1 and an inner 3 sleeves, which are interconnected by an elastic-damping element 2.

The proposed design of the sleeve works as follows. When the plunger is skewed, friction forces arise at the points of contact between it and the sleeve, which increase due to an increase in the overturning moment, which is caused by tangential forces that arise when the heel slides along the support during rotation of the block. The increase in friction forces between the plunger and the sleeve leads to an increase in the pulsation of the working fluid and, as a result, vibration loads. To dampen the latter, an elastic-damping element 2 is placed between the inner 3 and outer 1 sleeves, which deforms and absorbs wave energy.

In addition, damping reduces the duration of contact between the sleeve and the plunger when they are in the zone of maximum tangential forces, which significantly improves the operating conditions of the mating parts, increases the reliability of the units, and prevents a decrease in the number of emergency failures.

Conclusions. Analytical studies of the influence of wear of the annular support of the plunger heel on the performance of the hydraulic drive, due to the growth of mechanical losses, allow us to draw the following conclusions:

1. Analysis of the forces acting on the heel and plunger, as well as the technical condition of the annular support of the plunger heel, showed that the growth of its wear violates the axial rigidity of the hydrostatic bearing and is accompanied by non-parallelism between the friction surfaces, which leads to a change in the operating conditions of the connection, the transition

from liquid friction through the limit to dry and ends with an emergency failure due to the heel digging out from the plunger jamming.

2. Reducing the number of emergency failures caused by jamming of the plunger in the block sleeve is possible due to structural changes to the block sleeve, which will reduce the action of forces in the contact zone of the plunger with the sleeve during its skewing due to damping of vibration loads and absorption of shock loads.

References

1 Viunyk O., Demchenko M. Results of analysis of reliability indicators of axial-piston hydraulic machines *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матер. V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Мелітополь, 02-27 листопада 2023 р. / ТДАТУ. Мелітополь, 2023. С. 597-598

2 Viunyk O., Khokhlov D. Results of the research analysis of the influence of contamination of the working fluid on the reliability of the hydraulic drive *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матер. V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Мелітополь, 02-27 листопада 2023 р. / ТДАТУ. Мелітополь, 2023. С. 496-498

3 Viunyk O., Boltukov K. Axial-piston hydraulic machines - field of application and performance indicators. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матер. V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Мелітополь, 02-27 листопада 2023 р. / ТДАТУ. Мелітополь, 2023. С. 500-501

4. Гідропривід об'ємний ГСТ-90. Технічний опис і інструкція з експлуатації. Кіровоград, 1994. 12 с.

5. Технологія ремонту машин та обладнання: курс лекцій / О. І. Сідашенко та ін. Харків: ХНТУСГ, 2017. 361 с.

6. Практикум з ремонту машин / за ред. О.І.Сідашенко та О.В.Тіхонова. Харків: ХНТУСГ, 2007. 415 с.

7 Збірник методичних матеріалів з устрою, обслуговування та ремонту ГСТ 33/90/112. Кіровоград: ВАТ «Гідросила», 2005. 176 с.

8 Електронний каталог ВАТ «Гідросила». URL: <http://www.hydrasila.com> [дата звернення 31.10.2025].

9. Бондар А. М. Технічний сервіс мехатронних систем: навчально-методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2021. 141.

UDC 621.7.024.4

SELECTION OF OPTIMIZATION CRITERIA AND FACTORS AFFECTING THE CLEANING PROCESS OF REPAIR OBJECTS

Dashyvets H., Ph.D. Eng.

Garbut D., student

Dmytro Motorny Tavrija State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

Problem Statement. Cleaning technology is one of the key factors determining the technical level of repair and maintenance production. Removal of contaminants is a prerequisite for high-quality servicing of machinery, productive disassembly without damaging dismantled parts, accurate defect detection and inspection, as well as obtaining reliable coatings during galvanic, polymer, surfacing, and other restoration operations. Inefficient cleaning technologies and equipment also negatively affect sanitary and hygienic working conditions and worker productivity. In particular, the quality of component cleaning directly influences the service life of repaired machines.

The use of modern synthetic cleaning solutions leads to dissolution, adsorption, emulsification, dispersion of contaminants, and other processes. Control over the cleaning process can be achieved through operating parameters such as temperature, mechanical energy, volume, specific consumption and intensity of cleaning solutions, process duration, and its stages. This study investigates the selection of optimization criteria and factors influencing the cleaning process of repair objects.

Primary Research Materials. The primary objective of the study is to obtain an experimental mathematical model of the immersion cleaning process. The developed model will provide practical recommendations for immersion cleaning of assemblies and enable regulation of process parameters to achieve maximum cleaning efficiency.

Before planning the experiment, it is necessary to select an optimization criterion, i.e., the parameter by which the cleaning process is evaluated and which links all factors into a mathematical model. The optimization criterion must have a clear physical meaning and quantitative measure. Ideally, it should serve as a comprehensive and exhaustive characteristic of the study.

Possible optimization criteria for the cleaning process include:

- cleaning quality (surface cleanliness of external and internal surfaces rated 6-7 points),
- minimal energy consumption of all types,
- minimal cleaning time,
- minimal environmental impact of cleaning processes,
- safe sanitary and hygienic working conditions.

Since the primary purpose of cleaning is contaminant removal, the most significant optimization criterion for substantiating and calculating optimal parameters of immersion cleaning is cleaning quality.

The task is to construct a mathematical model that maximizes or minimizes the optimization criterion through appropriate selection of

influencing factors.

After choosing the optimization criterion, it is necessary to identify all possible factors affecting its value. Factors must be non-correlated and independent. Non-correlation implies the ability to vary any factor level regardless of the levels of other factors.

The selection of key factors influencing the cleaning process was based on prior literature review and analysis. In total, fourteen factors directly affect immersion cleaning [1]:

- 1) composition of cleaning agents,
- 2) solution temperature,
- 3) chemical activity of cleaning agents,
- 4) concentration of cleaning agents,
- 5) frequency of low-frequency oscillations,
- 6) amplitude of low-frequency oscillations,
- 7) average velocity of object movement during high-frequency oscillations,
- 8) frequency of high-frequency oscillations,
- 9) cleaning agent velocity,
- 10) contaminant concentration in the cleaning solution,
- 11) dimensions of the working zone of cleaning equipment,
- 12) cleaning duration,
- 13) efficiency of filtering elements,
- 14) number of containers.

All these factors directly influence the process and must therefore be considered in detail.

When selecting factor variation levels, maximum and minimum permissible values were taken into account, ensuring proper functioning of cleaning equipment.

The chosen optimization criterion – cleaning quality [2] – depends on many factors, the most important being solution temperature, concentration and chemical activity of cleaning agents, parameters of object movement in liquid, and contaminant concentration in the solution.

Based on prior studies and scientific analysis, eight factors were selected for further investigation: composition of cleaning agents, solution temperature, concentration of cleaning agents, frequency of low-frequency oscillations, amplitude of low-frequency oscillations, average velocity of object, movement during high-frequency oscillations, frequency of high-frequency oscillations, cleaning duration, efficiency of filtering elements.

It can be assumed that these factors most strongly influence cleaning quality.

The calculation of the concordance coefficient ($W = 0.92$) demonstrated a high level of agreement among experts.

Identifying the smallest number of most influential factors simplifies further description and study of the factor space with minimal labor and resource costs, while maintaining sufficient reliability of results.

Subsequent ranking of factors allowed the selection of four most significant ones from the fourteen influencing immersion cleaning [3]:

- 1) solution temperature,
- 2) frequency of low-frequency oscillations,
- 3) amplitude of low-frequency oscillations,
- 4) average velocity of object movement during high-frequency oscillations.

Conclusions. The study identified the factors most affecting the cleaning quality of machine components during repair. This enables determination of optimal parameter values for solution temperature, low-frequency oscillation frequency, low-frequency oscillation amplitude, and average velocity of object movement during high-frequency oscillations.

References

1. Технологія ремонту машин та обладнання: курс лекцій / О. І. Сідашенко та ін. Харків : ХНТУСГ, 2017. 361 с.
2. Dashyvets H., Garbut D. Analysis of methods for assessing the quality of cleaning repair objects. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (01–25 листопада 2024 року)*. Запоріжжя, 2024. С. 224–226.
3. Дашивець Г. І., Бужора Д. А. Обґрунтування і оптимізація параметрів процесу очищення деталей зануренням. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі : матер. II Міжнар. наук.-практ. конф., м. Мелітополь, 02-27 листопада 2020 р. / ТДАТУ. Мелітополь, 2020. С. 599–604.*

UDC 621.22

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE NATURE AND DYNAMICS OF WEAR OF PLUNGER PAIR PARTS

Viunyk O., Eng.

Kovshar A., student

Dmytro Motorny Tavriya State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

Problem Statement. The work is part of a series of articles devoted to increasing the durability of plunger pairs of axial piston pumps. The purpose of the research is to increase the durability of mobile machines and improve the operational characteristics of axial piston pumps by minimizing power losses based on modeling of tribological processes in plunger pairs [1 – 3].

Primary Research Materials. To achieve the stated goal, the experimental research program should include the following:

1. Conducting research to identify the nature and magnitude of wear of parts in the couplings of the plunger pair: “block sleeve-plunger”, “ring support of the plunger heel-swash plate”.

2. Experimental determination of the influence of wear of parts in the plunger pair of the pumping unit of an axial-piston hydraulic pump on its volumetric and mechanical losses.

3. Substantiation of constructive design solutions for parts of the plunger pair of an axial-piston hydraulic pump taking into account the results of analytical and experimental research.

It was previously noted that structural changes in the parameters of the technical condition of parts in the plunger pair are characterized by wear of working surfaces in the couplings: “block sleeve-plunger”, “ring support of the plunger heel-swash plate”.

The nature and values of wear of the connections “block sleeve - plunger”, “annular support of the heel - inclined washer” are assessed by direct visual inspection, photographing of the working surfaces, and measuring using the following methods [4, 5].

The type of wear of the parts of the plunger pair is determined visually.

The wear of the parts of the connection “block sleeve - plunger” is determined by determining the actual dimensions of the parts.

Plungers are measured in four cross-sections and in two mutually perpendicular planes (Fig. 1, a) lever clamp *CP - 25* ДСТУ 11098-2005 with the division price – 0,002 mm.

The bushings are measured in four sections and in two mutually perpendicular planes (Fig. 1, б) calipers *HI 18 - 50* ДСТУ 9244-2005 with the division price – 0,001mm.

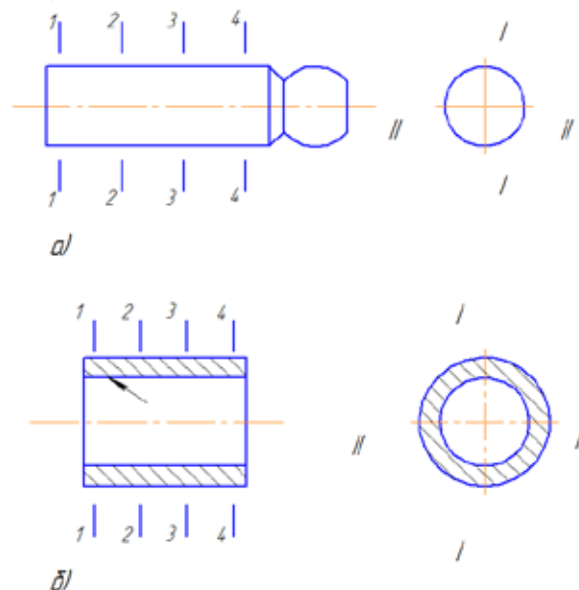


Fig. 1. Measurement scheme of the mating parts “block sleeve - plunger”: a) – plunger; b) – sleeve

The wear of the height of the plunger heel ring support is determined by

a micrometric depth gauge of the type $ГМ - 100$ ДСТУ 7470 – 2008 with the division price – 0,01mm (рис. 2). The depth gauge rod is installed in the central part of the heel, which is not subject to wear, which makes it possible to detect the actual height of the ring support. The measurement is carried out in two mutually perpendicular planes, and the obtained measurement results are calculated as an average value.

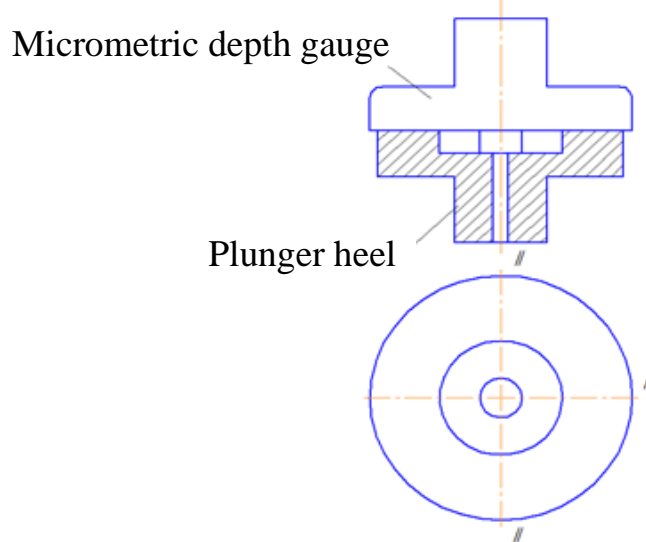


Fig. 2. Scheme for measuring the height of the ring support of the plunger heel

The height wear of the ring support is determined by [6]:

$$h_w = h_{nom} - h_{ae}, \quad (1)$$

де h_w – wear of the ring support in height, mm;

h_{nom} – nominal height of ring support, mm;

h_{ae} – average effective height of the ring support, mm.

The analysis of the results of the simulation is carried out in accordance with the methods of mathematical statistics and the theory of plausibility.

Conclusions. For experimental monitoring of the functional properties between changing the structural parameters of the technical mill of the parts of the plunger pair of the pumping unit of the axial piston hydraulic pump and its volumetric and mechanical losses, it is necessary Conducting laboratory studies to determine the complexity of the design of hydraulic units, as well as the minds of their robots.

As of today, the industry does not produce stands for running-in operations and testing of axial piston hydraulic machines. In connection with this arises the need to develop an experimental setup that could ensure the conduct of work of a pre-investigative nature, which would make it possible to identify functional relationships between the main parameters technical development of hydraulic units.

References

1 Viunyk O., Demchenko M., Results of analysis of reliability indicators of axial-piston hydraulic machines *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матер. V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Мелітополь, 02-27 листопада 2023 р. / ТДАТУ. Мелітополь, 2023. С. 597-598

2 Viunyk O., Khokhlov D., Results of the research analysis of the influence of contamination of the working fluid on the reliability of the hydraulic drive *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матер. V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Мелітополь, 02-27 листопада 2023 р. / ТДАТУ. Мелітополь, 2023. С. 496-498

3 Viunyk O., Boltukov K. Axial-piston hydraulic machines - field of application and performance indicators. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матер. V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Мелітополь, 02-27 листопада 2023 р. / ТДАТУ. Мелітополь, 2023. С. 500-501

4 Електронний каталог ВАТ «Гідросила». [Електронний ресурс]. URL: <http://www.hydosila.com> [дата звернення 21.10.2025]

5 Гідропривід об'ємний ГСТ-90. Технічний опис і інструкція з експлуатації. Кіровоград, 1994. 12 с.

6. Бондар А. М. Технічний сервіс мехатронних систем: навчально-методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2021. 141

UDC 331.103.15

ANALYSIS OF SYSTEMS FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF WORKPLACES IN A SERVICE ENTERPRISE

Dashyvets H., Ph.D. Eng.

Dyachenko V., student

Dmytro Motornyi Tavriya State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

Problem Statement. It is well established that the workplace plays a crucial role in the economic performance of an enterprise and its structural subdivisions due to the following circumstances [1]:

- 1) the workplace constitutes the primary unit of the enterprise,
- 2) the internal environment of the organization is formed from the aggregate of workplaces,
- 3) the profit generated by the enterprise derives from the cumulative financial and economic results achieved at individual workplaces,

4) the structure, equipment, functional-technological, and other characteristics of workplaces determine personnel requirements and define both quantitative and qualitative parameters,

5) management of production, economics, and personnel is implemented through the management of workplaces.

During the labor process in a service enterprise, a range of social, psychological, organizational, and economic phenomena arise:

- labor and organizational-economic relations among workers,
- socio-labor relations that integrate the workforce,
- socio-economic relations (economic, production-related),
- social relations that connect all individuals.

The readiness of a worker to engage in interaction is determined by their attitude toward the labor process, which is shaped by the evaluation – based on available information—of the expected outcome of such interaction (Fig. 1). The continuous search for optimal systems of performance evaluation, aimed at minimizing the influence of values and attitudes that govern organizational behavior, necessitates the analysis of diverse approaches to workplace study and, consequently, the criteria for assessing workplace functionality.

Main research materials. The evolution of workplace evaluation systems spans nearly one and a half centuries. The most traditional and extensively developed is the organizational-technological approach, which considers the workplace from two perspectives:

- as a primary link in the enterprise structure and an object of labor organization,

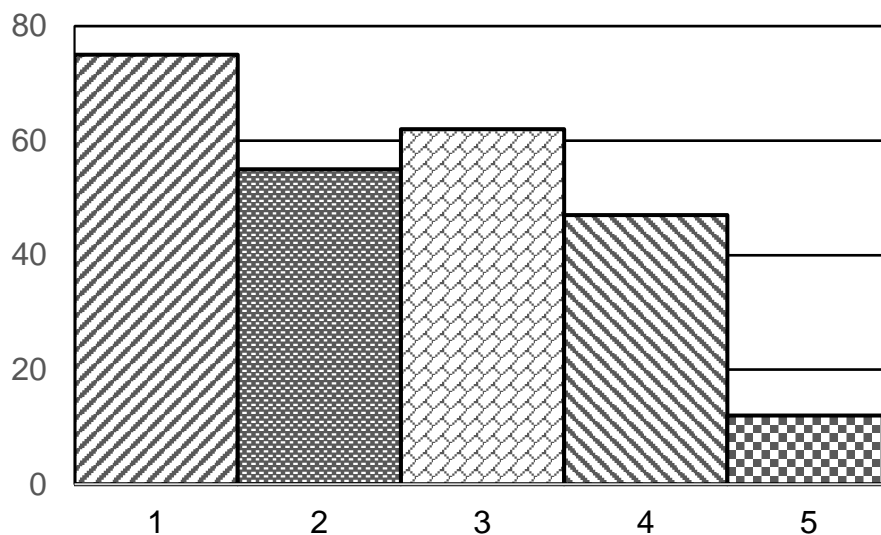


Fig. 1. Workers' interests and opportunities for their realization:

1 – wage level, 2 – social protection, 3 – job security, 4 – occupational safety, 5 – opportunities for professional growth.

- as a component of the production process within a structural subdivision, equipped with the necessary material and technical resources

assigned to specific operations within a unified technological process [2].

The sociological perspective emphasizes the content and attractiveness of workplace functions, the degree of monotony and labor intensity, the proportion of physical, intellectual, and creative work, the level of mechanization and automation, the availability of specific working conditions, and the degree of safety and comfort [3].

From an economic standpoint, the workplace is regarded as a primary source of profit, determined by the excess of income generated over the costs of its creation and maintenance. The condition, equipment, and technological integration of the workplace indicate its significance for the organization, define qualification requirements for workers, and establish its uniqueness and embeddedness in technological processes—thus forming the concept of workplace value.

In contemporary practice, greater emphasis is placed on socio-psychological and ergonomic factors that determine the workplace's value for employees, while the economic dimension receives comparatively less attention. Moreover, methodological support for designing and implementing effective evaluation systems aligned with modern scientific theories and innovative development models remains insufficient.

Besides that, there is two circumstances which complicate the development of workplace evaluation methodology – the subjective perception of the workplace (often equated with the worker themselves) and the objectively necessary division of labor within the enterprise.

This manifests in subjective assessments of the importance of individual workplaces as sources of benefits and rights to resource utilization.

To determine workplace efficiency, it is advisable to compare three parameters: costs of workplace creation; costs of workplace maintenance; volume of services delivered at the workplace.

From an economic perspective, prioritization of values shapes methodological approaches to valuation, which can be classified as:

- cost-based, where value is determined by total expenditures on workplace creation and functioning,
- result-based, where value is assessed by the return on expenditures incurred in workplace creation [4].

Regular workplace evaluation enables identification of trends in increasing or decreasing value: for the production unit (workshop) where workplaces are organized; for workers engaged in labor activities and receiving wages; for the enterprise that invested in workplace creation and anticipates profitable returns.

Despite the multifaceted consideration of workplace functions, content, and role by researchers, the development of a scientific-methodological framework for evaluating workplace efficiency remains an urgent task.

Conclusions. Viewing the workplace as an accounting object with a measurable efficiency level allows: identification of workplaces that

generate income or losses; assessment of the feasibility of retaining specific workplaces within the enterprise structure; formation of an appropriate accounting system aligned with enterprise objectives and managerial information needs, thereby enabling rational choices for enterprise development.

References

1. Гриньова В. М., Салун М. М. Організація виробництва : підручник. Київ : Знання, 2009. 582 с.
2. Дашивець Г. І., Бондар А. М., В'юник О. В. Вплив рівня інженерної підготовки виробництва на якість ремонту машин : *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*. 2022. Вип. 12, т. 1. С. 84–93.
3. Дашивець Г. І., В'юник О. В. Вплив показників робочої сили на якість ремонту машин. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*. 2025. Вип. 25, т. 2.
4. Іванілов О. С. Економіка підприємства: підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 728 с.

UDC 621.22

INTERRELATIONSHIP BETWEEN THE CLEARANCE IN THE “BUSHING-PLUNGER BLOCK” COMBINATION AND WORKING FLUID LEAKS

Viunyk O., Eng.

Lysenko D., student

Dmytro Motornyi Tavrija State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

Problem Statement. The work is part of a series of articles devoted to increasing the durability of plunger pairs of axial piston pumps. Studies conducted earlier have shown that the parameters of the technical condition that cause volume losses and affect the operability of the hydraulic drive of the transmission drive include wear of the connection “block sleeve - plunger”. In this case, we will be interested in the volume of working fluid leaks caused by wear of the connection parts.

Primary Research Materials. The issue of the relationship between the gap in the plunger and piston pairs and the leakage of the working fluid has been considered in sufficient depth in a number of works [1, 2].

Therefore, to consider our relationship, we will use the already known

dependencies, while it is necessary to take into account that the wear of the sleeve and the plunger occurs unevenly [6 – 8]. The unevenness of wear is explained by the presence of a tipping moment at the heel of the plunger, which causes its skew in the sleeve [9].

Obviously, in this regard, the value of the leakage of the working fluid must be determined taking into account the real position of the plunger in the sleeve (Fig. 1) [2]:

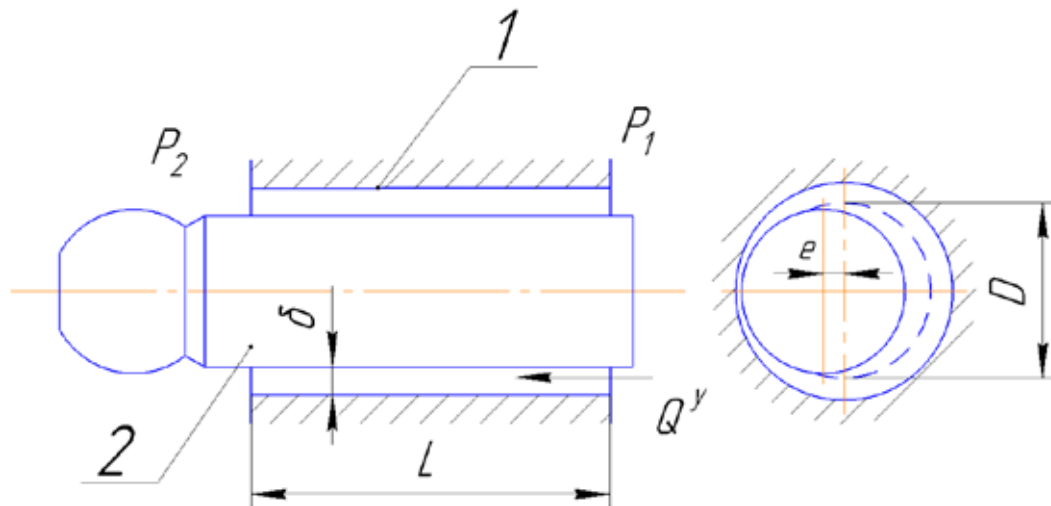


Fig. 1. Diagram illustrating an eccentric gap that occurs due to the skew of the plunger (2) in the sleeve (1).

$$Q^y = Q_k^y \frac{\pi}{e} + \frac{3}{2} e^2 \frac{\pi}{d}, \quad (1)$$

where Q_k^y – losses of working fluid through the radial clearance with a concentric arrangement of the plunger, which are determined by the expression:

$$Q_k^y = \frac{p \times D \times DR \times d^3}{12 \lambda \eta l r}. \quad (2)$$

where D – average gap diameter;

DR – pressure drop of the working fluid at the design site;

d – nominal clearance in the coupling;

l – length of the section where the working fluid flow rate is determined;

e – relative eccentricity, which is equal to:

$$e = \frac{e}{d}, \quad (3)$$

where e – the displacement of the plunger axis relative to the sleeve axis.

Taking into account the above, at maximum eccentricity, the leakage value is determined by the following expression:

$$Q^y = 2,5 \times Q_k^y, \quad (4)$$

Substituting into the expression (4) value Q_k^y from (2) we obtain an expression for determining the leakage of the working fluid in the connection "block sleeve – plunger":

$$Q^y = \frac{2,5\rho \times D \times DP \times d^3}{12 \times \eta \times r}, \quad (5)$$

In expression (5), the working fluid leakage is determined for one coupling. When the pumping unit of an axial piston hydraulic pump contains nine plungers, with five plungers operating in the high-pressure line $DP_1 = 21,0$ MPa, and four in the low pressure line $DP_2 = 1,45$ MPa. Thus, the total leakage of the working fluid will be determined by the gap in the friction pair "block sleeve - plunger", as well as the number of these pairs. Then the total leakage of the working fluid in the combination "block sleeve - plunger" can be determined from the expression:

$$Q^y = \frac{2,5\rho \times D \times DP \times d^3}{12 \times \eta \times r} \times (DP_1 \times z_1 + DP_2 \times z_2), \quad (6)$$

where DP_1 – working fluid pressure in the high-pressure line;

DP_2 – working fluid pressure in the low pressure line;

z_1, z_2 – respectively, the number of plungers in the high and low pressure lines.

The calculation of the working fluid consumption depending on the gap in the "block sleeve-plunger" coupling was carried out using the following data: coupling diameter $D = 0,02$ m; gap in the coupling $d = 0,046 \times 10^{-6}$ m; length of the section where the working fluid flow rate is determined $l = 4 \times 10^{-2}$ m; pressure drop of the working fluid between the high-pressure line and the low-pressure line $DP_1 = 3,5; 15,0; 21,0 \times 10^{-7}$ H/m; pressure drop of the working fluid between the low pressure line and the drainage line $DP_2 = 0,14 \times 10^{-7}$ H/m; number of plungers in the high-pressure line $z_1 = 5$, number of plungers in the low pressure line $z_2 = 4$; working fluid density $r = 900$ kg/m³; coefficient of kinematic viscosity $\eta = 12 \times 10^{-6}$ m²/s.

The calculation results are summarized in a table. 1.

Analysis of the obtained results shows that at the values of the gap in the friction pair "block sleeve - plunger", equal to 40 microns, working fluid leaks are approaching limit values (225 cm³/s) and constitute 221 cm³/s. However, to obtain an accurate estimate of the limit value of the gap, as well as to determine the proportion of working fluid leaks caused by wear of the parts of the "block sleeve – plunger" coupling, it is necessary to conduct an experimental study of the relationship between the gap and working fluid leaks, as well as to determine the dynamics of the gap.

Table 1

Values of estimated total working fluid consumption due to the gap in the “block sleeve-plunger” coupling

Gap value d , microns	Working fluid consumption Q^y , cm ³ /s for the following values DP_1, DP_2		
	$\Delta P_1=3,5$ MPa $\Delta P_2=1,4$ MPa	$\Delta P_1=15,0$ MPa $\Delta P_2=1,40$ MPa	$\Delta P_1=21,0$ MPa $\Delta P_2=1,40$ MPa
10	0,59	2,47	3,45
20	4,72	19,80	27,60
30	15,93	66,70	93,20
40	37,80	158,10	221,00
50	73,80	308,00	431,20
60	127,40	533,50	745,20

Conclusions. Theoretical studies of the relationship between the gap of the “block sleeve – plunger” coupling and working fluid leaks allow us to draw the following conclusions:

1. The average value of the gap should be considered as a structural parameter of the technical condition of the “block sleeve – plunger” coupling parts (d) since the plunger is located in the sleeve with a skew and causes uneven wear of the sleeve.

2. To obtain an accurate estimate of the limit value of the gap and the proportion of working fluid leaks caused by wear of the mating parts of the "block sleeve - plunger", it is necessary to conduct an experimental study of the relationship between the gap and working fluid leaks, as well as to determine the dynamics of the gap.

References

1. Технологія ремонту машин та обладнання: курс лекцій / О. І. Сідашенко та ін. Харків : ХНТУСГ, 2017. 361 с.
2. Практикум з ремонту машин / за ред. О.І.Сідашенко та О.В.Тіхонова. Харків: ХНТУСГ, 2007. 415 с.
- 3 Збірник методичних матеріалів з устрою, обслуговування та ремонту ГСТ 33/90/112. Кіровоград : ВАТ «Гідросила», 2005. 176 с.
- 4 Електронний каталог ВАТ «Гідросила». URL: <http://www.hydrasila.com> [дата звернення 19.10.2025].
- 5 Гідропривід об'ємний ГСТ-90. Технічний опис і інструкція з експлуатації. Кіровоград, 1994. 12 с.
- 6 Viunyk O., Demchenko M., Results of analysis of reliability indicators of axial-piston hydraulic machines *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матер. V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Мелітополь, 02-27 листопада 2023 р. / ТДАТУ. Мелітополь, 2023. С. 597-598

7 Viunyk O., Khokhlov D., Results of the research analysis of the influence of contamination of the working fluid on the reliability of the hydraulic drive *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матер. V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Мелітополь, 02-27 листопада 2023 р. / ТДАТУ. Мелітополь, 2023. С. 496–498

8. Бондар А. М. Технічний сервіс мехатронних систем: навчально-методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2021. 141

9 Viunyk O., Boltukov K. Axial-piston hydraulic machines - field of application and performance indicators. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матер. V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Мелітополь, 02-27 листопада 2023 р. / ТДАТУ. Мелітополь, 2023. С. 500–501.

UDC 62-772

METHOD OF CONSUMPTION IN SPARE PARTS FOR MACHINE REPAIR

Dashyvets H., Ph.D., Eng.

Komar A.S., Eng.

Dmytro Motorny Tavriya State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

Problem Statement. The system of material and technical support for the machine and tractor fleet has a significant impact on its operational readiness. The efficiency of machinery operation can be enhanced through the development of new methods or the improvement of existing approaches for forecasting the required quantity of spare parts, which represent temporarily unused economic resources. Inventory levels must not exceed established norms, and spare parts should not remain in storage for extended periods without utilization, in order to avoid immobilization of the enterprise's working capital. Conversely, excessive reduction of spare part inventories poses the risk of increased costs associated with prolonged downtime due to the absence of necessary components for repair. Therefore, determining the optimal quantity and nomenclature of spare parts is one of the priority tasks in managing operating costs and improving the technical readiness of machinery.

Research Materials. The factors influencing the formation of spare part inventories can be classified into four groups: design-related, operational, technological, and organizational [1].

A comprehensive solution to the problem of assessing spare part requirements necessitates the identification of patterns governing the wear rate of key machine assemblies. All factors contributing to the wear of components and assemblies can be divided into two groups:

Group 1 – speed and load regime factors: pressure and relative velocity of the working surfaces in contact. Group 2 – technological and operational factors: quality of assembly and adjustment, type and quality of fuels and lubricants used, frequency of maintenance, driving practices, and similar parameters.

Analysis of the factors affecting spare part inventory formation has established that the most influential variables are: intensity of machine utilization, reliability of aggregates, assemblies, and components, fleet size and age, as well as cumulative operating hours since commissioning.

The forecasted demand for spare parts of a specific designation for a machine fleet of size N_M in the upcoming year Z can, in simplified form, be calculated using the following formula:

$$Z = \frac{W_P \cdot N_M \cdot n}{t}, \quad (1)$$

where W_P – average annual operating time of a single machine of a given brand;

n – number of components of a specific designation installed on one machine;

t – service life of a component until it reaches its wear limit.

The prediction of spare part requirements is complicated by:

- the probabilistic nature of the distribution of service lives of operating components;
- the heterogeneous age structure of the machine fleet.

It is evident that as machines age, the number of components requiring replacement increases. Machine aging, associated with chronological service life, contributes to accelerated wear of components due to distortions in structural geometry and degradation of base elements (e.g., loss of axis parallelism, misalignment of mating surfaces, wear of bearing seats, etc.).

The principal methods employed include:

- statistical methods (based on accounting records, monitoring, and specialized observations);
- analytical methods (probabilistic approaches, econometric and mathematical models, solutions to static optimization problems);
- research methods (simulation modeling, forecasting, and queuing theory) [2].

Among these, statistical forecasting methods are predominant. They rely on probabilistic characteristics of the distribution of component service lives and involve

- 1) establishing the initial distribution of component service life and its variation with aging;

- 2) analytically determining the probability of spare part demand for each year of machine operation;
- 3) assessing the age composition of the machine fleet during the forecast period;
- 4) calculating annual spare part requirements for future years.

The service life of components is determined through micrometric measurements and statistical analysis of replacement data obtained during repairs and technical maintenance.

All machine components can be divided into two groups:

- components with a constant average service life during pre-repair and inter-repair periods;
- components with a decreasing average service life after successive replacements.

For components of the first group, it must be considered that the probability of replacement in the n -th period, installed during the i -th time interval, $P_P(X_n)$, is equal to the probability of replacement in the $(n-i)$ -th interval of the initial distribution, $P_P(X_{n-i})$.

To calculate spare part requirements for the entire machine fleet, the fleet is divided into age groups m_1, m_2, \dots, m_n . In general form, the demand for spare parts of a given designation is expressed as

$$Z = \sum_{n=1}^{T_0} m_{n-k} \sum_{i=1}^n P_P(x_{n-i}) \int_{i=1}^i f(x) dx, \quad (2)$$

where T_0 – service life of the machine, in years;

k – forecast year counted from the moment of calculation;

m_{n-k} – number of machines belonging to the $(n-k)$ -th age group at the moment of calculation;

$f(x)$ – probability density function of the component's resource, which remains constant over any period and is defined for the pre-repair interval.

For the second group of spare parts, it is necessary to determine the probabilistic characteristics of the dispersion of component resources after each replacement. However, if one assumes that the distribution law remains unchanged, an alternative approach emerges: the regularity of changes in the mean resource after each replacement can be studied as a function of time [3]. By determining the number of replacements for each year and grouping the machine fleet by age, it becomes possible to forecast the demand for spare parts while accounting for the impact of machine aging on their resource:

$$Z = \sum_{n=1}^{T_0} m_{n-k} \cdot P_P(x_n). \quad (3)$$

Conclusions. The solution to the problem of forming a reserve of spare parts in service enterprises has a direct impact on the efficiency of machine utilization. For calculating the reserve of spare parts, a statistical method can be applied that takes into account both operating hours and time.

References

1. Поляков А. П., Антонюк О. П. Аналіз факторів, які впливають на формування номенклатури та кількості запасних частин автотранспортного підприємства. *Вісник СНУ ім. В. Даля*. 2011. № 6(160). С. 139-143.
2. Метод формування необхідної кількості запасних частин для ремонту засобів транспорту / А. П. Поляков, О. П. Антонюк, Д. О. Галушак, О. О. Галушак. *Наукові праці ВНТУ*. 2012. № 2. С. 1-5.
3. Надійність сільськогосподарської техніки: підручник / М. І. Черновол, В. Ю. Черкун, В. В. Аулін та ін. Кіровоград: КОД, 2010. 320 с.

СЕКЦІЯ 5. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В ТЕХНОЛОГІЯХ АПК, ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

УДК 504.06

ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ: ЕКОЛОГІЧНИЙ І РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ АСПЕКТ

Квашук О. В., викл., викл.-метод.,
ВСП «Уманський фаховий коледж технологій та бізнесу» УНУ,
м. Умань, Україна

Постановка проблеми. Міжнародний аспект енергозбереження та розвитку відновлюваних джерел енергії в агропромисловому комплексі набуває особливої ваги в умовах глобальної трансформації енергетичного сектору та реалізації Цілей сталого розвитку ООН. Україна, інтегруючись у світовий енергетичний простір, активно долучається до міжнародних програм і проєктів, спрямованих на підвищення енергоефективності та впровадження відновлюваних джерел енергії в аграрному секторі. Співпраця з Європейським Союзом, Програмою розвитку ООН (UNDP), Програмою FAO та іншими міжнародними організаціями створює можливості для обміну технологіями, залучення інвестицій, розвитку «зелених» інновацій і впровадження найкращих світових практик у сфері енергозбереження та екологічного управління ресурсами. Така міжнародна взаємодія сприяє не лише підвищенню конкурентоспроможності українського агропромислового комплексу, а й забезпечує його сталий розвиток у контексті глобальної енергетичної безпеки та екологічної рівноваги.

В сучасних умовах необхідним є узагальнювати знання про енергозбереження та роль відновлювальних джерел енергії у технологіях АПК, аналіз екологічних переваг та ресурсозберігаючих ефектів, а також формулювання рекомендацій щодо впровадження в Україні.

Основні матеріали дослідження. Система енергозбереження в АПК в Україні включає: організаційно-технічні заходи, що включають нормативно-правове забезпечення, стандарти, облік енергії, вибір енергоефективного обладнання; економічний механізм, що зумовлює функціонування фондів, пільг, кредитів, стимулів; диференційованих тарифів; розвиток науково-технічних програм, основою яких є дослідження і впровадження енергоощадних технологій, використання відновлювальних джерел енергії, місцевих та нових видів палива, використання біоенергії.

Серед основних напрямів використання відновлюваних джерел енергії в АПК України найважливішими є:

1. використання відходів рослинництва, тваринництва, переробки у вигляді біомаси та біогазу, що дозволяють закрити частину потреби в теплі чи електроенергії, зменшити навантаження на довкілля;

2. застосування сонячних електростанцій, вітропарків чи малих вітрових установок, що можуть забезпечити електропостачання до обладнання, насосів, освітлення і навіть автономного теплопостачання;

3. гідроенергетика малої потужності, що передбачає використання малих річок, агроводосховищ для генерування енергії без значного змінення екосистем;

4. геотермальні джерела, сонячні колектори, теплові насоси, які застосовуються особливо в регіональних або локальних системах теплопостачання.

Використання відновлюваних джерел енергії та енергоефективних технологій у агропромисловому комплексі дає ряд переваг для цього сектору економіки країни. По-перше, мова йде про зниження викидів парникових газів, адже біоенергія та відходи менше забруднюють порівняно з викопним паливом. По-друге, збереження земель, водних ресурсів та ґрунту дозволяє здійснювати природне управління відходами, використовувати розумні технології, мінімізувати забруднення. По-третє, використання енергоефективних технологій сприяє покращенню біорізноманіття завдяки правильному виборі технологій.

Проте впровадження відновлюваних джерел енергії та енергоефективних технологій у агропромисловому комплексі країни має ряд проблем та викликів. Наприклад, фінансові (високі капіталовкладення в обладнання, малий доступ до кредитів або державних грантів, висока вартість монтажу та обслуговування); інфраструктурні – нестача електромереж, слабка чи віддалена логістика, низька якість обладнання, відсутність кваліфікованих кадрів; законодавчі – невизначеність у тарифах, нестабільність регуляторного середовища, відсутність стимулів; технічні та технологічні – недостатня адаптація відновлюваних джерел енергії до місцевих кліматичних умов, потреб у зберіганні енергії, низький рівень автоматизації, ефективності, втрати в мережах, невідповідність технологій специфікації аграрного виробництва; соціально-економічні – низька обізнаність фермерів, страх ризику, обмеженість ресурсів на навчання, підтримку, технологічне оновлення.

Враховуючи глобальні виклики енергетичної безпеки, зміну клімату та екологічні обмеження, застосування відновлюваних джерел енергії та енергоефективних технологій в агропромисловому комплексі стає ключовим напрямом сталого розвитку. Формування системних рекомендацій щодо їх упровадження передбачає поєднання технічних, економічних, організаційних і екологічних рішень, спрямованих на

підвищення енергоефективності виробництва, зниження вуглецевого сліду та раціональне використання природних ресурсів. Саме тому важливим завданням є розроблення науково обґрунтованих пропозицій, що враховують світовий досвід, регіональні особливості України та сучасні тенденції у сфері «зеленої» енергетики. Перш за все мова йде про: необхідність розвитку національних і регіональних програм підтримки, що забезпечуватимуть випуск пільгових тарифів для обладнання відновлюваних джерел енергії, субсидій, грантів; підтримку енергетичного аудиту і сертифікації за рахунок створення фондів підтримки аграрної енергетики; технологічні інновації і модернізацію шляхом поєднання сонячної, біоенергії, теплових насосів; використання сучасної автоматики, інтелектуальних систем управління енергоспоживанням; розвиток акумуляторних систем і локального зберігання енергії; освітню і просвітницьку роботу; інформаційну підтримку фермерів про вигоди від інвестицій у енергоефективні рішення; екологічно безпечне планування; оцінку екологічного впливу, щоб уникати негативних наслідків; балансу між виробництвом енергії та збереженням екосистем. Окремим важливим перспективним завданням, що враховує світовий досвід та регіональні особливості України є інтеграція в міжнародні проекти та використання досвіду інших країн, обмін технологіями, участь у грантових програмах ЄС та міжнародних організацій, адаптація кращих практик під українські умови (клімат, географія, сільське будівництво, структура фермерських господарств).

Висновки. Відновлювані джерела енергії і енергоефективні технології мають великий потенціал для трансформації АПК в Україні – вони можуть забезпечити значне зниження енерговитрат, поліпшення екологічного стану, зниження залежності від імпортованих енергоресурсів, захист природних ресурсів і підвищення конкурентоспроможності. Для реалізації цього потенціалу необхідно поєднати зусилля держави, науки та бізнесу, забезпечити надійне фінансування, нормативну підтримку, а також просвітницьку діяльність. Тільки системний підхід дозволить зробити аграрні технології дійсно сталими – економічно, екологічно та соціально.

Список використаних джерел

1. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти: колективна монографія. Полтава: ПДАУ, 2019.

2. Матеріали конференції «Альтернативні джерела енергії, енергозбереження та екологічні аспекти в аграрному секторі». Харків: Харківський нац. техн. ун-т сільського господарства ім. Петра Василенка, 2023.

3. Оцінка енергетичної ефективності відновлюваних джерел енергії на основі біоконверсійних культур. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7.

УДК [004.9:621.311.243]:631.11

МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ АГРОПІДПРИЄМСТВ У MATLAB

Дяденчук А. Ф., к.т.н.,
Філіпович Є. В., магістрант
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Постановка проблеми. Сучасні агропромислові підприємства характеризуються високим рівнем енергоспоживання, зокрема при експлуатації систем поливу, вентиляції, освітлення та технологічного обладнання. Зростання вартості електроенергії та необхідність зменшення викидів парникових газів обумовлюють перехід до використання відновлюваних джерел енергії. Одним із найперспективніших напрямів є впровадження фотоелектричних систем живлення. Однак ефективність таких систем залежить від багатьох чинників: інтенсивності сонячного випромінювання, температури, конфігурації панелей, кутів нахилу, а також режимів споживання енергії.

Для підвищення ефективності проектування та експлуатації фотоелектричних систем останнім часом пропонується застосовувати моделювання в середовищі Matlab. Одним із ключових напрямів є математичний опис роботи фотоелементів на основі рівняння Шоклі, що дозволяє враховувати нелінійні залежності між струмом і напругою [1, 2]. У працях [3, 4] розглянуто моделювання PV-систем з інверторами та накопичувачами енергії, що дозволяє аналізувати їх роботу в реальному часі. Дослідження [5] присвячено оптимізації орієнтації фотоелектричних модулів для аграрних об'єктів з урахуванням сезонних змін інсоляції.

Таким чином, аналіз літератури свідчить про ефективність використання Matlab як інструменту моделювання фотоелектричних систем. Її гнучкість і точність дозволяють адаптувати моделі до специфічних умов агропідприємств з урахуванням кліматичних, технічних та економічних чинників. Незважаючи на значний науковий доробок, актуальним залишається розроблення адаптивних моделей, здатних враховувати змінну інсоляцію, режим споживання енергії та технічні обмеження аграрної інфраструктури.

Основні матеріали дослідження. Моделювання фотоелектричних систем живлення агропідприємств пропонується виконувати за допомогою однієї моделі (Single Diode Model), яка є найпоширенішою у наукових публікаціях та Matlab-документації для моделювання сонячних панелей [6, 7]. Пропонована модель описує вольт-амперну характеристику (ВАХ) одного фотоелемента, який є

основним елементом даної моделі і може бути описаний рівнянням:

$$I = I_{ph} - I_s \left(e^{\frac{V+IR_s}{nV_t}} - 1 \right) - \frac{V + IR_s}{R_{sh}}$$

де I_{ph} – фотострум;

I_s – струм насичення діода;

R_s, R_{sh} – послідовний та паралельний опори;

n – коефіцієнт ідеальності діода;

V_t – термічна напруга.

У рамках дослідження розглядалася модель фотоелектричної установки потужністю 10 кВт, яка може використовуватися для живлення системи крапельного зрошення площею до 5 гектарів або вентиляційної системи тваринницького комплексу. Основною метою моделювання було оцінити можливість забезпечення стабільного живлення таких систем у денний час за різних рівнів сонячної радіації.

Для моделювання обрано параметри (табл. 1), які відповідають характеристикам реальних комерційних сонячних модулів потужністю 300-500 Вт. Типова панель містить 60-72 комірки, що забезпечує напругу 30-40 В при струмі 8-9 А. Така модель дозволяє адекватно оцінити поведінку системи за змінної інсоляції – критичного чинника для сільського господарства, де рівень освітленості постійно змінюється. Обрані параметри є типовими, експериментально підтвердженими та рекомендованими у науковій літературі. Вони забезпечують реалістичну поведінку вольт-амперної характеристики фотоелемента за стандартних умов, дозволяючи досліджувати вплив освітленості, температури та конфігурації панелей.

Таблиця 1

Вхідні параметри для розрахунку ВАХ фотоелемента

Параметр	Значення
Фотострум I_{ph} , А	5
Струм насичення діода I_s , А	10^{-10}
Послідовний опір R_s , Ом	0,4
Паралельний опір R_{sh} , Ом	10^3
Коефіцієнт ідеальності діода n	1,3
Термічна напруга V_t , В	$25,9 \cdot 10^{-3}$

Отримані дані (рис. 1) дозволяють оцінити зміну струму при різних значеннях напруги та побудувати ВАХ, що характеризує поведінку фотоелемента.

Розрахунки показали, що модель адекватно відтворює характерну нелінійну залежність між струмом і напругою. При напрузі, близькій до нуля, струм становить близько 5 А (режим короткого замикання), а при напрузі понад 0.55 В – зменшується до нуля (режим холостого ходу).

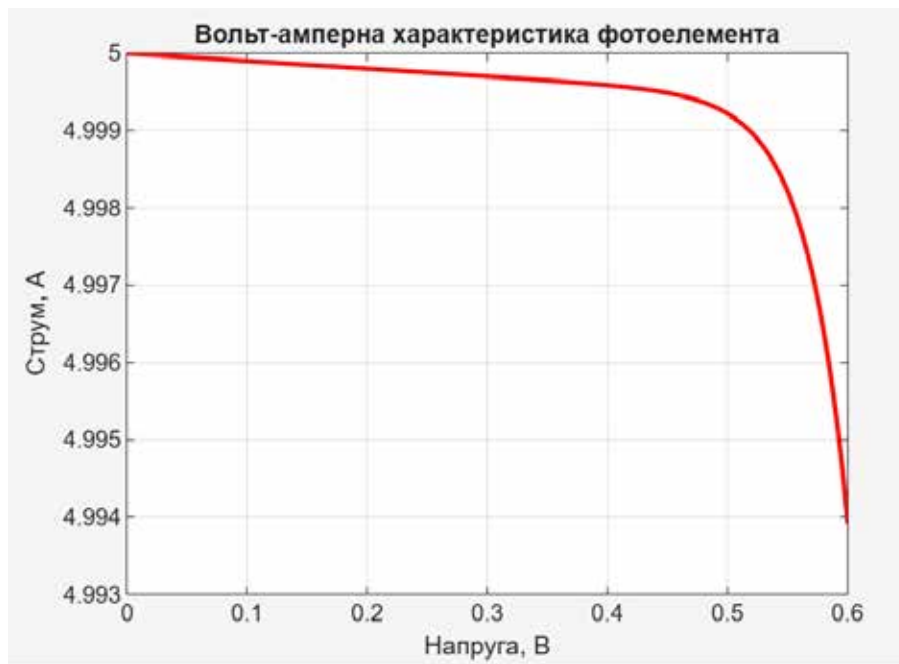


Рис. 1. ВАХ фотоелемента

Максимальна потужність елемента для даної моделі становить приблизно 2,4 Вт, що узгоджується з параметрами типової кремнієвої комірки при площі $\sim 0,015$ м². Додатково змінювали параметр I_{ph} для імітації різної сонячної інсоляції: 2, 3, 5 А для 400, 600 та 1000 Вт/м² відповідно. Результати показали, що зменшення освітленості знижує як струм, так і потужність фотоелемента майже пропорційно, тоді як форма кривої залишається подібною.

Отже, Matlab забезпечує можливість ефективного аналізу роботи фотоелектричних елементів і дозволяє досліджувати вплив параметрів освітлення та температури на вихідні характеристики, визначати робочу точку та ефективність фотоелемента, використовувати результати для подальшого проектування систем живлення агропідприємств.

Висновки. Результати моделювання свідчать, що впровадження фотоелектричних систем на агропідприємствах може забезпечити значну економію енергоресурсів, особливо в регіонах із високою сонячною активністю. Отримані результати можуть бути використані для планування автономних енергосистем для ферм, теплиць, насосних станцій, систем зберігання та переробки сільськогосподарської продукції.

У роботі показано, що Matlab є ефективним інструментом для моделювання фотоелектричних систем. Використання моделей дозволяє оптимізувати конфігурацію системи за кількістю модулів і ємністю акумуляторів, оцінити вплив кліматичних умов на продуктивність та визначити економічну доцільність переходу на відновлювані джерела енергії.

Подальші дослідження будуть спрямовані на інтеграцію

фотоелектричних систем з іншими джерелами – біогазовими або вітровими, а також розроблення інтелектуальних систем керування енергоспоживанням.

Список використаних джерел

1. Golan G., Axelevitch A. Progress in vacuum photothermal processing (VPP). *Microelectronics Journal*. 2006. Vol. 37, No. 5. P. 459–473.
2. Díaz S. R. A generalized theoretical approach for solar cells fill factors by using Shockley diode model and Lambert W-function: A review comparing theory and experimental data. *Physica B: Condensed Matter*. 2022. Vol. 624. Article 413427.
3. Harika G., Jayakumar N., Thirivonasundari D. Design and Simulation of Dual Inverter Based Energy Storage Systems for Wind Energy Systems Using MATLAB/SIMULINK. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*. 2014. Vol. 4, Is. 4 (Version 7). P. 05–12.
4. Hemavathi S. Modeling and energy optimization of hybrid energy storage system. *Hybrid Renewable Energy Systems*. 2021. P. 97–114.
5. Tamoor M., Bhatti A. R., Farhan M., Rasool A., Sherefa A. Optimizing tilt angle of PV modules for different locations using isotropic and anisotropic models to maximize power output. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Article 30197.
6. Villalva M. G., Gazoli J. R., Ruppert Filho E. Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays. *IEEE Transactions on Power Electronics*. 2009. Vol. 24, No. 5. P. 1198–1208.
7. MATLAB Documentation: Solar Cell Block – Simscape Electrical. URL: <https://www.mathworks.com/help/sps/ref/solarcell.html> (дата звернення 26.10.2025).

УДК 631.95

ВПЛИВ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТИВ НА СТАН АГРОЕКОСИСТЕМИ

Диня В. І.¹, к.т.н., доц.

Диня У. Я.², спеціалістка циклової комісії інженерних та аграрних дисциплін

¹Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна

²ВСП Бережанський фаховий коледж НУБіП України, м. Бережани, Україна

Проблема екологічної безпеки в аграрному виробництві є однією з ключових у сучасному землеробстві. Вплив машинних агрегатів на навколишнє середовище охоплює три основні природні складові — ґрунт, повітря та воду, а також живі організми, включаючи людину. Технічні засоби землеробства, забезпечуючи підвищення продуктивності, водночас стають джерелом техногенного навантаження на екосистеми.

Одними із основних факторів екологічного впливу машинних агрегатів на ґрунт та екосистему є вплив робочих органів машин на ґрунт, від чого залежить його структура, щільність і пористість. Також, важливу роль відіграє взаємодія машин із технологічними речовинами та їх втратами, а саме залишки пального, олив, мастил та охолоджувальної рідин, що в процесі виконання техногічних операцій залишається на поверхні ґрунту та повітрі, а нерівномірність внесення та передозування засобів захисту рослин і добрив створюють токсичне навантаження на біоценоз. Крім того, негативний вплив також справляють привід, які ущільнюють ґрунт, а саме залишки зношеної гуми, а також вібрації, шум і газові викиди, що шкодять оператору сільськогосподарської машини.

Ґрунт є найбільш уразливою ланкою екосистеми. Надмірне ущільнення веде до зниження пористості, порушення водного й повітряного режимів, зменшення активності мікроорганізмів. Стандартом передбачено, що питомий тиск на ґрунт нормальної вологості не повинен перевищувати 100 кПа у весняний період і 120 кПа — у літньо-осінній. Проте сучасні потужні трактори та агрегати часто перевищують ці норми (гусеничні трактори — 150...200 кПа, а колісні трактори — 200...300 кПа) .

Систематичне ущільнення формує ущільнені горизонти («плужну підощву»), які перешкоджають проникненню вологи та повітря, погіршують розвиток кореневої системи рослин і знижують родючість ґрунту.

Водночас помірне ущільнення (щільність 0,8–1,2 г/см³) має позитивний ефект, який покращує контакт насіння з ґрунтом, забезпечує рівномірне проростання та сприяє розвитку кореневої системи. Отже, в процесі виробництва важливо визначити оптимальний рівень ущільнення, що залежить від типу ґрунту, вологості та виду культур.

Важливо відмітити, що відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згоряння містять шкідливі сполуки: оксиди азоту (NO_x), вуглецю (CO₂, CO), вуглеводні та сажу. У середньому трактор потужністю 150 к.с. за годину роботи виділяє близько 9–12 кг CO₂, що негативно впливає на мікроклімат та екосистему поля, а паливно-мастильні матеріали, що потрапляють у ґрунт і воду, створюють плівку, яка порушує газообмін, уповільнює біохімічні процеси та призводить до загибелі ґрунтових мікроорганізмів. На флору і фауну діють також залишки гербіцидів,

пестицидів і добрив, які потрапляють у середовище через недосконалість машин і нерівномірність розподілу технологічних речовин.

Для оператора шкідливим є вплив шуму, вібрації та загазованості в кабіні, що спричиняє професійне виснаження та зниження працездатності.

Отже, екологічно ефективна техніка має забезпечувати мінімальні втрати енергії та матеріалів при збереженні агротехнічних вимог. Машини, що зменшують витрати пального, добрив і пестицидів, мають не лише економічні, а й екологічні переваги, які можна досягти шляхом зниження маси агрегатів та питомого тиску на ґрунт, удосконалення ходових систем (широкопрофільні шини або гусеничний привід привід), автоматизації процесів і використання GPS-навігації та регулярного технічного контролю справності машин.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що зменшення питомого тиску на ґрунт до нормативних величин (до 120 кПа) сприяє підвищенню врожайності зернових культур на 8–12%. Використання систем точного внесення добрив і пестицидів дозволяє скоротити споживання технологічних речовин на 20–30%, зменшуючи тим самим токсичне навантаження на ґрунт і воду, а

Використання енергоощадних тракторів та сучасних агрегатів з електронним контролем витрат пального забезпечує зниження викидів CO₂ на 10–15% порівняно з традиційними моделями.

Машинні агрегати є одним із головних джерел техногенного впливу на агроєкосистеми, зокрема на ґрунт, повітря і воду, а основними екологічними проблемами є надмірне ущільнення ґрунту, втрати технологічних речовин, забруднення атмосферного повітря та деградація біоценозів. Тому, підвищення екологічності можливе шляхом удосконалення конструкції машин, зменшення енергетичного навантаження, автоматизації дозування матеріалів і впровадження систем точного землеробства, а ресурсоощадність і раціональне використання технічних засобів в свою чергу є ключовими чинниками екологічно сталого розвитку землеробства.

Список використаних джерел

1. Землеробство: Підручник / І.Д. Примаєв, Л.В. Єзерковська, Ю.В. Федорук та ін. Вінниця : ТОВ "ТВОРИ", 2020. 578 с.
2. Гудзь В. П., Примаєв І. Д., Будьонний Ю. В., Танчик С. П. Землеробство: Підручник. 2-ге вид. перероб. та доп. / За ред. В. П. Гудзя. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 464 с
3. Екологічне землеробство. Підручник / С. В. Бегей, А. І. Шувар. Львів: Новий світ – 2000, 2007. 429с.
4. Екологічні аспекти автотранспортного комплексу: монографія / І. Е. Линник, О. І. Лежнева, Є. В. Дорожко та ін. Харків: Видавництво «Смуґаста типографія», 2020. 194 с.

УДК 621.3.049.77:631.3

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПЛЕКСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЙ

Окушко О. В.¹, к.т.н.,

Ковтун П. М.², викл.,

¹Національний університет біоресурсів і природокористування
України, м. Київ, Україна

²ВСП НУБіП України «Немішаєвський агротехнічний коледж», с.м.т.
Немішаєво, Київська обл., Україна

Постановка проблеми. Сучасне сільськогосподарське виробництво є високоенергоємним, і його ефективність значною мірою залежить від технічного стану електрообладнання, машин та механізмів. Проте значна частина технологічних процесів виготовлення, відновлення та ремонту сільськогосподарської техніки базується на застарілих, енергозатратних та трудомістких методах. Це стосується очищення деталей, обробки поверхонь, нанесення покриттів, відновлення зношених елементів та контролю якості ремонтних робіт.

В умовах зростання вартості енергоресурсів і потреби в екологічно чистих технологіях актуальним є впровадження електротехнологій – технологічних процесів, що базуються на безпосередній дії електричної енергії у різних формах (електричні, магнітні, електромагнітні поля, струми високої та надвисокої частоти тощо).

Використання таких методів дозволяє суттєво підвищити якість ремонтно-відновлювальних робіт, скоротити витрати електроенергії, зменшити обсяги використання шкідливих розчинників і підвищити конкурентоспроможність сільськогосподарського виробництва.

У розвинених країнах (США, Японія, Німеччина, Канада, Великобританія) електротехнології охоплюють понад 80 % технологічних процесів виготовлення і ремонту електрообладнання. Щорічні інвестиції в розвиток цієї галузі сягають 30 – 40 млн доларів. В Україні ж потенціал таких технологій використовується менш ніж на третину, що зумовлює необхідність їх активного впровадження у практику підприємств аграрного сектору.

Метою дослідження є аналіз, удосконалення та практичне впровадження сучасних електротехнологій у процесах виготовлення, відновлення та ремонту сільськогосподарської техніки та електрообладнання, спрямованих на підвищення енергоефективності, якості ремонту, довговічності машин і зменшення негативного впливу на довкілля.

Основні матеріали досліджень. Одним із найефективніших

напрямів є ультразвукова очистка деталей і вузлів. Цей метод дає змогу скоротити час очищення у 3 – 15 разів і зменшити споживання мийних речовин на 50 – 60 %. Оптимальний діапазон частот становить 16 – 60 кГц при інтенсивності 0,5 – 5 Вт/см². Ультразвукове поле створює кавітаційні мікробибухи в рідині, що забезпечують глибоке очищення навіть важкодоступних порожнин і отворів.

Для малих фермерських господарств використовуються установки типу УМ-60-0,2 (60 Вт, 25 кГц), а для промислових підприємств – модульні системи УЗУ-0,1 ... 0,4 потужністю 0,1 – 0,4 кВт.

Ультразвукові ванни дозволяють ефективно очищати деталі тракторів, електродвигунів, трансмісій, ізоляторів і контактних вузлів. Час очищення зменшується з 15 – 20 до 3... 5 хвилин.

Окрім того, ультразвук застосовується для відновлення шліфувальних стрічок, очищення ріжучих інструментів, контактів реле, комутаційних елементів і щіток електричних машин. Регенерація абразивного матеріалу сягає 60–70 %, що забезпечує суттєву економію ресурсів.

Важливим аспектом експлуатації електрообладнання є контроль якості трансформаторних олив. Запропоновано метод акустичного контролю електричної міцності на основі вимірювання швидкості проходження ультразвукового імпульсу через рідину.

Швидкість ультразвуку прямо корелює з електричною міцністю та вологістю масла, що дозволяє оперативно оцінювати стан діелектрика без руйнування зразка. Така діагностика підвищує надійність трансформаторів і знижує ризик аварійних пробоїв ізоляції.

Крім того, в процесах ремонту застосовується електромагнітна фільтрація технічних рідин – очищення моторних і трансмісійних олив від феромагнітних домішок. Використання магнітного поля продовжує термін служби мастил на 20 – 30 %, підвищує стабільність роботи вузлів тертя і знижує витрати на заміну рідин.

У процесах фарбування та захисту поверхонь електростатичний метод займає провідне місце. Електрофарбування базується на діях електростатичного поля, яке переносить заряджені частинки фарби до заземленої поверхні. У результаті втрати лакофарбових матеріалів знижуються до 3–5 %, а якість покриття (адгезія, рівномірність, товщина шару) підвищується на 20 – 30 %.

Основні переваги: економія фарби до 90 %, можливість фарбування деталей складної конфігурації, зменшення шкідливих викидів, автоматизація процесу.

Для стаціонарних ліній використовують установки Cascade, Classic, LEPS, Micropack, а для пересувних робіт — ручні розпилювачі Sames-Kremlin, Graco, Старт-50. Ці системи ефективні для фарбування корпусів електродвигунів, щитових шаф, опор ліній електропередач, металоконструкцій та сільськогосподарських машин.

Особливо перспективним є нанесення порошкових покриттів. Порошкові фарби на основі поліуретану, епоксидних і поліефірних смол утворюють стійке покриття товщиною 50 – 70 мкм, яке замінює багатошарові рідкі покриття. Такі технології належать до “чистих”, оскільки не потребують розчинників і утворюють мінімальні відходи ($\leq 5\%$).

Метод електроосадження дозволяє отримувати рівномірні, корозійностійкі покриття на деталях складної конфігурації, включаючи зварні вузли. Він широко застосовується для фарбування автомобільних кузовів, ґрунтування машинобудівних деталей і відновлення зношених поверхонь.

Товщина плівки становить 15 – 30 мкм при мінімальних витратах матеріалу, що робить метод економічно вигідним і екологічно безпечним.

Недоліком є потреба у значних капітальних витратах на обладнання, проте це компенсується високою продуктивністю.

Інший напрям – газоплазмове напилення, яке використовується для відновлення насосно-компресорного устаткування, валів, корпусів електродвигунів, елементів контактних вузлів. За допомогою плазмового струменя наносяться покриття з металів і сплавів (Fe, Ni, Cu, Al, Zn), а також кераміки. Отримані поверхні мають високу зносостійкість і електроізоляційні властивості.

Польові випробування на підприємствах показали, що впровадження електротехнологій дозволяє: скоротити тривалість ремонтних робіт у 3 – 5 разів, зменшити витрати електроенергії на 30 – 40 %, знизити споживання матеріалів на 50 – 60 %, підвищити довговічність покриттів у 1,3 – 1,5 рази, поліпшити екологічні умови праці за рахунок відмови від токсичних розчинників.

Завдяки випуску широкого асортименту малогабаритного електротехнологічного обладнання існують усі передумови для його застосування не лише на великих промислових підприємствах, але й у фермерських господарствах та районних ремонтних майстернях.

Висновки.

1. Електротехнології забезпечують комплексне підвищення ефективності ремонтно-відновлювальних процесів у сільськогосподарському машинобудуванні – від очищення до нанесення покриттів.

2. Використання ультразвукових, електромагнітних, електростатичних та плазмових методів дозволяє суттєво зменшити енерго- та матеріаломісткість виробництва, підвищити якість ремонту і довговічність техніки.

3. Розширення практичного впровадження електротехнологій сприятиме енергоефективності, екологічній безпеці, рентабельності та конкурентоспроможності агропромислового комплексу України.

Список використаних джерел

1. Inozemtsev G.B. 2016. Promising methods of manufacturing and repairing electrical equipment in the conditions of the agroindustrial complex / G.B. Inozemtsev, O.V. Okushko // Energy automatics. №4. (Ukraine)
2. Inozemtsev G.B. 2013. Electrical processing of agricultural products; Monography. / G.B. Inozemtsev, O.M. Bereka, O.V. Okushko. K.: TOV "Agrar Media Group", 293. (Ukraine)
3. Inozemtsev G.B. 2011. Ways to prevent spark gaps in electrical equipment / G.B. Inozemtsev, O.V. Okushko / Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine. Vol. 3. Kiev. 62–67. (Ukraine)
4. Radko I.P. 2013. Development of environmentally friendly contact parts for electrical appliances / MOTROL Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. Vol. № 15 (4), 43–47.
5. Radko I.P. (2017). Development of mathematical model of sewage of optical radiation by a wool cover in an animal's organism / I.P. Radko, L.S. Chervinsky / Engineering, power engineering, transport of agroindustrial complexes. Vol. №1, 75–79. (Ukraine)
6. Okushko O.V. (2018) Application of modern electrotechnologies during repair and restoration works / O.V. Okushko, P.M. Kovtun. Scientific Bulletin NUBiP of Ukraine. Vol. № 283, 194–198. (Ukraine)

УДК 620.92**АЛЬТЕРНАТИВНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

Тимошенко Г. А., зав. навч. лаб.,

Мороз К. В., зав. навч. лаб.,

Лисенко В. В.,

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Розвиток сучасного сільського господарства неможливий без забезпечення стабільного та економічно доцільного енергопостачання. З огляду на підвищення вартості традиційних енергоресурсів, зростання попиту на електроенергію та потребу зменшення антропогенного впливу на довкілля, усе більшої актуальності набуває питання впровадження альтернативних джерел енергії в аграрному секторі. Україна має значний потенціал у цьому напрямі, адже її природно-кліматичні умови сприяють використанню сонячної, вітрової, біо- та гідроенергетики для забезпечення

енергетичних потреб сільських територій. Однією з ключових проблем аграрних підприємств залишається висока енергозалежність від централізованих мереж і нестабільність енергопостачання у віддалених районах. Використання відновлюваних джерел енергії дозволяє частково або повністю покрити потреби господарств у електроенергії, теплі та паливі, забезпечуючи їхню енергетичну автономність. Важливо, що альтернативні технології можуть ефективно поєднуватися з існуючими системами енергозабезпечення, створюючи комбіновані рішення, які підвищують надійність і зменшують витрати.

Основні матеріали дослідження. До найбільш перспективних джерел енергії для сільського господарства належать:

Сонячна енергетика, що використовується для живлення насосних станцій, систем зрошення, теплиць, вентиляційних установок і побутових потреб ферм. Завдяки зниженню вартості сонячних панелей і розвитку технологій зберігання енергії, такі системи стають дедалі доступнішими навіть для малих фермерських господарств.

Вітрова енергетика, яка ефективна для відкритих сільських територій із середньорічною швидкістю вітру понад 5 м/с. Невеликі вітрові турбіни можуть забезпечувати енергопостачання для окремих господарств або групи об'єктів, зменшуючи навантаження на енергомережі.

Біоенергетика, що базується на переробці відходів тваринництва, рослинництва та харчової промисловості у біогаз, біоетанол чи тверде біопаливо. Біогазові установки дозволяють перетворювати органічні залишки у джерело енергії, одночасно вирішуючи проблему утилізації відходів та скорочення викидів парникових газів.

Малі гідроустановки, які можуть бути ефективними на територіях з річками або каналами, забезпечуючи постійне виробництво електроенергії без шкоди для навколишнього середовища.

Метою дослідження є виявлення та оцінка можливостей використання альтернативних джерел енергії в аграрному виробництві України, а також визначення шляхів підвищення енергетичної незалежності сільських підприємств. Основні завдання полягають у вивченні технічних характеристик сучасних енергоустановок, аналізі їхньої економічної ефективності, екологічних переваг і доцільності впровадження для різних типів господарств.

Результати та висновки. Результати проведених досліджень свідчать, що впровадження сонячних і вітрових систем дозволяє знизити обсяги споживання електроенергії з централізованих мереж на 30–60%, тоді як біогазові установки забезпечують до 40% потреб у тепловій та електричній енергії. Крім того, використання альтернативних джерел сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин у довкілля, зниженню рівня забруднення ґрунтів і води, а також формуванню більш сталих екосистем навколо аграрних підприємств.

Важливою перевагою альтернативної енергетики є її адаптивність

до місцевих умов. Так, у південних регіонах України доцільним є використання сонячних електростанцій, тоді як у лісостеповій зоні ефективно функціонують біоенергетичні комплекси на основі відходів сільськогосподарського виробництва. Комбінування різних джерел енергії дозволяє забезпечити безперебійне енергопостачання навіть за несприятливих погодних умов. Для студентів аграрних університетів і коледжів такі проєкти стають чудовою навчальною базою, де можна на практиці вивчати принципи роботи сучасних енергетичних систем.

Отримані результати мають практичну цінність для використання при розробці енергетичних проєктів, створенні демонстраційних об'єктів і навчальних лабораторій. Вони можуть стати основою для підготовки рекомендацій щодо впровадження автономних систем енергопостачання на базі аграрних підприємств різного масштабу.

Таким чином, розвиток альтернативної електроенергетики у сільському господарстві – це не лише відповідь на економічні виклики сучасності, але й важливий внесок у формування екологічно безпечного, конкурентоспроможного та енергетично незалежного аграрного сектору України.

УДК 621.362:620.92

АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ СОНЯЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ

Моргун В. В., здобувач ВО,

Басрукова Г. В., к.т.н., доц.,

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

У сучасному світі, де питання енергетичної безпеки та сталого розвитку стають дедалі актуальнішими, використання відновлювальних джерел енергії набуває особливого значення. Сонячна енергія, завдяки своїй доступності та екологічності, є одним із найперспективніших напрямків у цій сфері. Проте, реалізація потужностей для виробництва електричної енергії за допомогою сонячних панелей пов'язана з певними технічними та економічними викликами. У цьому творі буде проаналізовано проблеми, що виникають при використанні сонячних панелей, основні матеріали, що використовуються у виробництві, а також результати дослідження.

Постановка проблеми. Постановка проблеми щодо впровадження сонячних панелей у виробництво електричної енергії включає в себе кілька ключових аспектів:

По-перше, незважаючи на численні переваги використання

сонячної енергії, такі як зменшення викидів парникових газів і зниження залежності від викопних видів пального, сонячна генерація все ще стикається з проблемами ефективності та вартості. Виробництво та установка сонячних панелей можуть вимагати значних капіталовкладень, які не завжди виправдані для малих і середніх підприємств.

По-друге, енергія, отримана від сонця, є залежною від погодних умов і часу доби, що створює виклики для стабільності постачання електроенергії. Усе це передбачає необхідність в детальному аналізі якості та витрат на обладнання для виробництва електричної енергії.

Основні матеріали дослідження. Основними матеріалами, що використовуються у виробництві сонячних панелей, є кремній, якісний скло та алюміній. Кремній, як основний напівпровідник, відповідає за перетворення сонячної енергії на електрику.

Він поділяється на два *типи*:

монокристалічний,
полікристалічний.

Монокристалічні сонячні панелі є більш ефективними, оскільки мають вищу продуктивність при обмежених площах, але й витрати на їх виробництво значно вищі. Монокристалічні сонячні панелі зазвичай мають характерний темно-чорний колір і виготовлені з одного кристала кремнію, що робить їх більш ефективними порівняно з полікристалічними панелями. Монокристалічні панелі мають зрізані кути, що також відрізняє їх зовнішній вигляд. Завдяки високій щільності електронів, їх ефективність варіюється від 17% до 22% і більше, що робить їх ідеальними для обмежених просторів.

Полікристалічні модулі дешевші у виробництві, але їх ефективність нижча. Класичним етапом виробництва сонячних панелей є створення тонкого шару кремнію, де вкраплення окремих атомів веде до формування електронних переходів, що генерують електричний струм. Полікристалічні сонячні панелі мають характерний синій колір і текстуровану поверхню, що виникає через використання кількох кремнієвих кристалів. Такі панелі часто виглядають менш однорідно, ніж монокристалічні, із видимими вкрапленнями. Ефективність полікристалічних панелей зазвичай становить від 13% до 18%. Вони є більш доступними за ціною і підходять для великих установок, де витрати на територію не є критичними.

Крім кремнію, для виготовлення сонячних панелей використовуються також такі матеріали, як тонкослойні фотовольтаїчні матеріали, які дозволяють знизити витрати на сировину. Наприклад, органічні елементи на базі вуглецю мають потенціал у зниженні вартості виробництва сонячних панелей, хоча їх ефективність поки що поступається традиційним кремнієвим технологіям. Важливими є також компоненти для монтажу й безпеки панелей, такі як алюмінієві рами та закриття з міцного скла, що

забезпечують довговічність і стійкість до погодних умов.

Результати та висновки. Результати досліджень у цій галузі свідчать про те, що швидкий розвиток технологій сонячних панелей призвів до зменшення їх вартості на 80% протягом останніх десяти років. Завдяки цьому, економічна доцільність сонячних електростанцій зростає, і вони стають конкуренцією навіть для традиційних джерел енергії. У багатьох країнах, включаючи Україну, спостерігається збільшення інвестування в сонячну енергетику, що дозволяє забезпечити енергетичну незалежність та зменшити негативний вплив на екологію.

Висновки з проведеного аналізу демонструють, що хоча сонячні панелі стикаються з певними викликами, їх потенціал у виробництві електричної енергії є значним. Зі зниженням вартості та підвищенням ефективності технологій, впровадження сонячної енергії стає не тільки раціональним, а й необхідним кроком до сталого розвитку енергетичних систем у світі. Тому інвестиції в дану галузь та дослідження нових матеріалів є критично важливими для подальшого розвитку сонячних технологій.

УДК 658:621.311

РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ШЛЯХОМ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕГРОВАНІХ ПРОЄКТІВ З ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Бабич М. І., к.т.н.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Постановка проблеми. Забезпечення енергетичної безпеки є стратегічним пріоритетом для будь-якої держави, особливо в умовах геополітичної нестабільності та глобальних енергетичних трансформацій [4]. Для України, яка перебуває в процесі переходу до сталої енергетики, актуальним завданням є зменшення залежності від викопних енергоносіїв і формування децентралізованої системи енергопостачання на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

У цьому контексті особливу увагу заслуговує поєднання потенціалу ВДЕ та гідроенергетики, що дає змогу досягти балансу між стабільністю генерації та екологічною стійкістю [3].

Основні матеріали дослідження. Відновлювана енергетика забезпечує значне зниження викидів вуглецю, сприяє енергонезалежності та створює нові можливості для регіонального

розвитку. Проте одним із її недоліків є нестабільність генерації через залежність від погодних умов. У свою чергу, гідроенергетика характеризується високим коефіцієнтом використання встановленої потужності, можливістю акумулювання енергії та гнучким регулюванням навантаження в енергосистемі.

Інтеграція цих напрямів дає змогу створити ефективну модель гібридних енергетичних систем, у яких гідроелектростанції (ГЕС) забезпечують балансування енергомережі при коливаннях генерації з ВДЕ. Такий підхід сприяє підвищенню надійності енергопостачання, зниженню втрат і оптимізації експлуатаційних витрат.

Для обґрунтування параметрів інтегрованої енергетичної системи на базі відновлюваних джерел та гідроенергетики розроблено алгоритм (рис. 1), який охоплює чотири стадії її розвитку: невпорядковану реальну систему, віртуальну систему, впорядковану віртуальну та впорядковану реальну систему [2].

Ключовим учасником проекту є замовник – споживач, інвестор чи держава, які формулюють вимоги до системи. Вони визначають вибір джерел енергії з урахуванням дослідження характеристик середовища (зв'язок а на рис. 1), зокрема гідрологічних параметрів річок або сонячного потенціалу території. Паралельно здійснюється вибір енергетичного та допоміжного обладнання з урахуванням умов експлуатації.

На основі отриманих даних про середовище та технічні характеристики обладнання формується алгоритм імітаційної моделі комбінованої системи, яка враховує сумісну роботу різних типів відновлюваних джерел та гідроенергетики. Ефективність моделі оцінюється за системними показниками – виробітком енергії, собівартістю, прибутковістю, коефіцієнтом заміщення тощо [1].

Далі визначається критерій оптимізації, що залежить від вимог замовника: мінімальні капіталовкладення, собівартість, термін окупності або максимальний виробіток енергії. Використання цих критеріїв дає змогу оптимізувати параметри комбінованої системи (оптимізаційний зв'язок в на рис. 1) та перевести її в упорядкований стан.

Завершальним етапом є визначення послідовності впровадження проекту, яка впливає на загальну ефективність системи. Важливо забезпечити узгодженість критеріїв на всіх стадіях життєвого циклу та врахувати умови фінансування. Коли остаточно конфігурація системи визначена, здійснюється аналіз проміжних варіантів і пошук максимальної середньозваженої ефективності (оптимізаційний зв'язок г). У процесі реалізації відбувається уточнення моделі та її параметрів (зв'язок д на рис. 1).

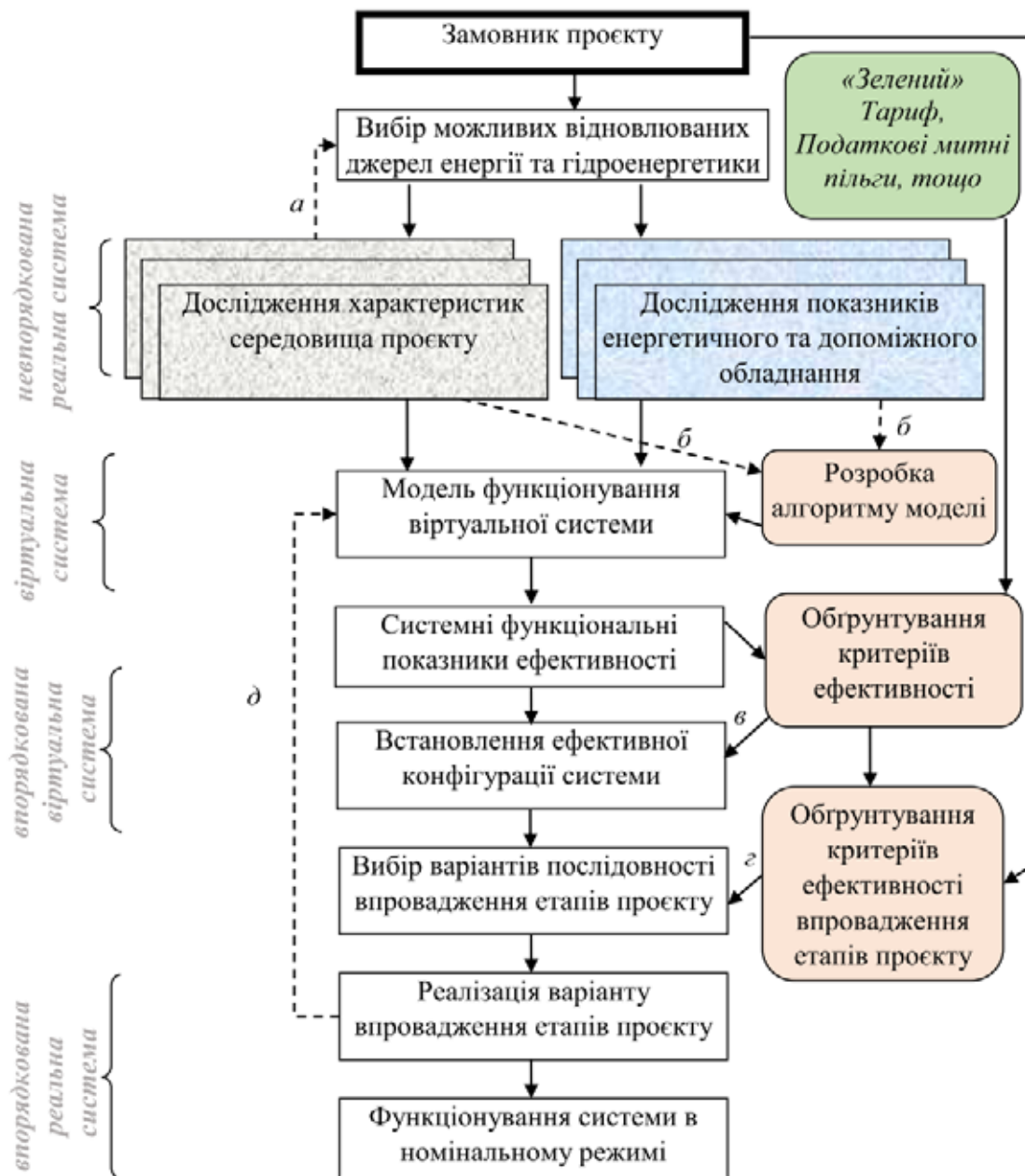


Рис. 1. Алгоритм розроблення та реалізації інтегрованого проєкту з відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики

Висновки. Оскільки комбінована енергетична система належить до складних об'єктів, її доцільно досліджувати за допомогою методів статистичного імітаційного моделювання. Запропонований алгоритм обґрунтування параметрів враховує особливості підсистем та їх взаємозв'язки, що забезпечує системний підхід до управління проєктом і визначення критеріїв ефективності. Для практичної реалізації проєкту необхідні подальші дослідження характеристик середовища та параметрів обладнання, які є унікальними для кожного конкретного випадку.

Список використаних джерел

1. Бабич М.І. Обґрунтування системних функціональних показників малих дериваційних гідроелектростанцій. *Технологічний аудит і резерви виробництва*. 2015. № 6/1 (26). С. 31–36.

2. Бабич М.І., Боярчук В.М., Коробка С.В., Пташник В.В. Підвищення рівня енергетичної безпеки за рахунок впровадження комплексних проєктів з відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2024. Вип. 24, т. 1. С. 296–304.

3. Добрянська Н. А. Лагодієнко В. В., Торішня Л. А. Перспективи використання відновлювальних джерел енергії в Україні. *Український журнал прикладної економіки*. 2020. Том 5, № 2. С. 206–213. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2020-2-25>.

4. Накашидзе Л. В., Гільорме Т. В. Оцінка енергетичної безпеки при впровадженні технологій використання енергії відновлювальних джерел. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2015. № 8. С. 54–59.

УДК 331.4:620.92:621.31

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ ПРИ КОРИСТУВАННІ СОНЯЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ

Моргун В. В., здобувач ВО,

Басркуова Г. В, к.т.н., доц.,

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Швидкий розвиток технологій відновлюваної енергетики, зокрема сонячної, призвів до значного збільшення встановлення та використання сонячних панелей по всьому світу. Хоча сонячна енергія є екологічно чистою та ефективною альтернативою традиційним джерелам, процеси її встановлення, обслуговування та утилізації несуть певні ризики для здоров'я та безпеки працівників. Ігнорування цих ризиків може призвести до нещасних випадків, професійних захворювань та зниження загальної продуктивності. Проблема полягає у відсутності комплексного підходу до ідентифікації та мінімізації потенційних небезпек, пов'язаних із роботою з сонячними панелями, що включають електричні, хімічні, фізичні та ергономічні ризики. Незважаючи на загальносвітову тенденцію до "зеленої" енергетики, недостатня увага приділяється стандартизації протоколів безпеки, навчанню персоналу та розробці специфічного обладнання для захисту. Особливо гостро це питання

стоять у країнах, що розвиваються, де швидкий темп впровадження сонячних технологій часто випереджає розробку та імплементацію адекватних норм безпеки. Таким чином, існує нагальна потреба в розробці ефективних заходів, які б гарантували безпечні умови праці на всіх етапах життєвого циклу сонячних панелей: від виробництва та встановлення до експлуатації та демонтажу. Це не тільки захистить працівників, але й сприятиме сталому розвитку галузі в цілому.

Основні матеріали дослідження. Для розробки ефективних заходів безпеки було проведено аналіз наявної наукової літератури, міжнародних стандартів безпеки праці (наприклад, OSHA, ISO 45001), рекомендацій виробників сонячних панелей та інверторів, а також матеріалів, що описують реальні випадки нещасних випадків та травм у галузі сонячної енергетики. Особлива увага була приділена вивченню електричних небезпек, таких як ураження електричним струмом від постійного та змінного струму, які можуть виникати під час монтажу, підключення та обслуговування систем. Розглядалися також ризики, пов'язані з падіннями з висоти під час роботи на дахах та інших підвищених платформах. Хімічні ризики, пов'язані з контактом з матеріалами, що використовуються у виробництві панелей (наприклад, кадмій, свинець у деяких типах фотоелементів) або електролітами акумуляторних батарей у системах зберігання енергії, також були частиною аналізу. Дослідження охоплювало питання пожежної безпеки, оскільки несправності в електропроводці або перегрів компонентів можуть призвести до займання. Ергономічні аспекти, такі як навантаження на спину при перенесенні важких панелей, а також ризики, пов'язані з впливом сонячного випромінювання на працівників, що тривалий час перебувають на відкритому повітрі, також були враховані. Для формування практичних рекомендацій було використано кращі світові практики з навчання персоналу, використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) та впровадження систем управління охороною праці. Дослідження також включало огляд технологічних рішень, спрямованих на підвищення безпеки, таких як системи швидкого відключення (rapid shutdown systems) для зменшення ризиків ураження електричним струмом під час пожеж.

Результати та висновки. На основі проведеного дослідження було розроблено комплексний набір заходів щодо забезпечення безпечних умов праці при користуванні сонячними панелями. Виявлено, що ключовими напрямками для вдосконалення є:

1. Ретельна оцінка ризиків на кожному етапі проекту – від проектування до утилізації. Це дозволить виявити специфічні небезпеки та розробити індивідуальні стратегії їх мінімізації.

2. Обов'язкове та регулярне навчання всього персоналу, що працює з сонячними панелями. Програми навчання повинні охоплювати електричну безпеку, роботу на висоті, правила поведінки з хімічними речовинами, надання першої медичної

допомоги та використання ЗІЗ. Працівники повинні бути ознайомлені з особливостями роботи як з постійним, так і зі змінним струмом, а також з потенційними небезпеками, пов'язаними з інверторами та акумуляторами.

3. Забезпечення та обов'язкове використання відповідних ЗІЗ, таких як діелектричні рукавички та взуття, захисні каски, страхувальні системи при роботі на висоті, захисні окуляри та спецодяг.

4. Впровадження жорстких протоколів безпеки для всіх робіт, включаючи процедури блокування та маркування (LOTO) для запобігання випадковому включенню живлення, а також використання спеціалізованого інструменту з ізоляцією.

5. Регулярний технічний огляд та обслуговування обладнання та систем, що включає перевірку ізоляції проводів, стану панелей та інверторів, а також системи заземлення.

6. Впровадження сучасних технологій безпеки, таких як системи швидкого відключення, що дозволяють миттєво знеструмити сонячну систему у випадку аварії або пожежі.

УДК 621.311.212

ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ДЕРИВАЦІЙНИХ СПОРУД ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Бабич М. І., к.т.н.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Постановка проблеми. Дериваційні споруди є невід'ємним елементом гідроелектростанцій дериваційного типу, які використовують природний рельєф місцевості для створення напору води без необхідності будівництва великих гребель. Їх основна функція полягає у транспортуванні води від водоприймальної споруди до напірного водоводу або турбіни з мінімальними втратами енергії. Раціональний підбір типу дериваційної споруди має визначальний вплив на ефективність, надійність і вартість проєкту гідроелектростанції (ГЕС) [2, 4].

Основні матеріали дослідження. В структуру дериваційних споруд ГЕС входять водозабірні споруди, дериваційні канали або тунелі, напірні басейни, напірні водоводи, відвідні канали (рис. 1) [3].



Рис. 1. Дериваційна схема створення напору на гідроелектростанції

Для обґрунтування структури і типу дериваційних споруд необхідно врахувати комплекс природних, технічних та економічних чинників.

Географічні та гідрологічні умови. Конфігурація рельєфу, ухил місцевості, стабільність водного потоку та тип ґрунтів визначають доцільність застосування відкритих каналів, тунелів або напірних трубопроводів. У гірських районах частіше використовують дериваційні тунелі, а на рівнинних ділянках – відкриті або напівзакриті канали.

Характеристика витрат води і напору. За малих і середніх напорів доцільним є використання відкритих каналів, за високих – сталевих або залізобетонних напірних водоводів. Оптимізацію здійснюють з урахуванням допустимих втрат напору, гідравлічної стійкості та швидкості потоку.

Матеріали та конструктивні рішення. Вибір матеріалу (бетон, сталь, армопластик, композити) залежить від напору, агресивності середовища та вимог до довговічності споруди. Для зменшення гідравлічного опору застосовують гідроізоляційні покриття або облицювання каналів.

Гідравлічні та експлуатаційні умови. Необхідно враховувати можливість замулення, ерозії, утворення повітряних пробок та кавітації. Для цього передбачають системи промивки, вентиляції та аварійного спуску води.

Економічна доцільність і технічна ефективність. Оптимальний варіант дериваційної системи визначається мінімізацією капітальних витрат при забезпеченні необхідного ККД. Для обґрунтування застосовують методи багатокритеріальної оптимізації, що враховують

технічні, енергетичні та фінансові параметри.

Для гірських річок Карпатського регіону доцільним є застосування такої схеми дериваційних споруд ГЕС, яка включає водозабір, напірний резервуар, дериваційний напірний канал, турбінний трубопровід, гідроагрегат і водозлив (рис. 2) [1].

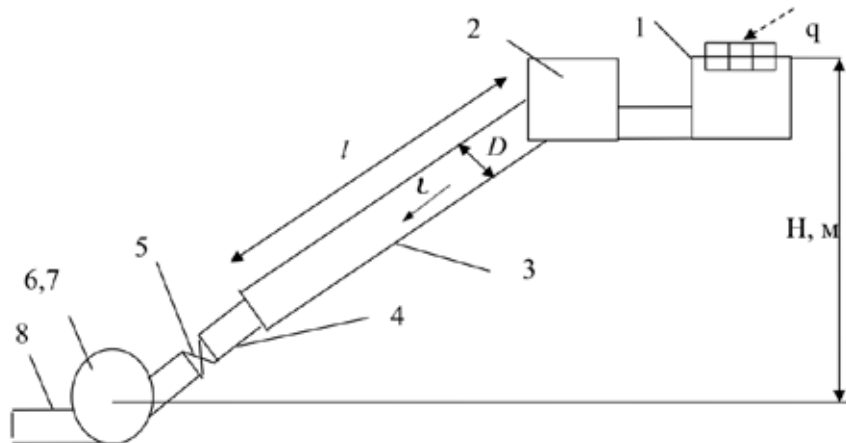


Рис. 2. Схема дериваційних споруд ГЕС: 1 – водозабір; 2 – напірний резервуар; 3 – дериваційний канал; 4 – турбінний трубопровід; 5 – заслінка; 6 – турбіна; 7 – генератор; 8 – водозлив

Відповідно до схеми на рисунку 2, вода з річки проходить через решітки у водозабірний басейн, очищується та надходить до напірного резервуару. Звідти через дериваційний канал і турбінний трубопровід вона подається на турбіну, де здійснюється перетворення енергії потоку. Після цього вода відводиться у річку через водозлив.

Висновки. Вибір типу та параметрів дериваційних споруд ГЕС має ґрунтуватися на системному аналізі природних і технічних умов району будівництва. Основними критеріями ефективності є мінімальні втрати напору, надійність експлуатації, економічна доцільність та довговічність конструкцій. Обґрунтовано, що для гірських регіонів доцільно застосовувати гідротехнічні споруди без водосховищ, зокрема дериваційного типу. Використання запропонованої дериваційної схеми створення напору забезпечує ефективніше використання енергетичного потенціалу гірських річок, зменшує екологічний вплив і потребує менших капіталовкладень.

Список використаних джерел

1. Бабич М. І., Боярчук В. М., Сиротюк С. В., Коробка С. В., Михалюк М. А., Стукалець І. Г., Баранович С. М. Визначення витрати води і напору дериваційних гідроелектростанцій для виробництва електроенергії на гірських річках. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2024. № 24(2), С. 109–120. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-2-9>

2. Бабич М. І., Коробка С. В. Методика обґрунтування параметрів турбіни та дериваційного каналу мікрогідроелектростанції для умов гірської річки. *Науковий вісник Таврійського державного*

агротехнологічного університету. 2023. No 13(1). 8 с. <https://doi.org/10.31388/sbtsatu.v13i1.388>

3. Самойленко Є. Г. Основи проектування гідроенергетичних вузлів : підручник. Запоріжжя, ЗДІА, 2011. 388 с.

4. Ghadimi A., Razavi F., Mohammadian B. Determining optimum location and capacity for micro hydropower plants in Lorestan province in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011. Vol. 15(8). P. 4125–4131. DOI:10.1016/j.rser.2011.07.003

УДК 621.316.929

КОМПЕНСУЮЧІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

Попова І. О., к.т.н.,

Чаусов С. В., к.т.н.,

*Таврійська державна агротехнічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Постановка проблеми. В українській промисловості і агропромисловому комплексі найбільш розповсюдженими споживачами електричної енергії є електричні машини (асинхронні двигуни, трансформатори, зварювальні апарати, індукційні печі та інші) з постійним нелінійним і різко змінним навантаженням. Найбільш часто маємо діло із змішаним активно-індуктивним навантаженням, в яких реактивна потужність витрачається на створення магнітного поля. Тобто з мережі споживається не тільки активна, а і реактивна потужність., що викликає дисбаланс у електромережі.

Реактивна потужність в електромережі погіршує її роботу, підвищує втрати активної потужності в мережах, збільшує падіння напруги і відхилення напруги на затискачах електроспоживачів. Тому компенсація реактивної потужності необхідна на всіх підприємствах для покращення електропостачання і підвищення енергоефективності всіх споживачів [2].

Аналіз останніх досліджень. Показником споживання реактивної потужності є коефіцієнт потужності $\cos\varphi$, який визначається як

$$\cos j = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}, \quad (1)$$

де P , Q , S – відповідно, активна, реактивна і повна потужності електричних споживачів, Вт, VAR, VA.

При низьких коефіцієнтах потужності споживачів, для забезпечення передачі їм заданої активної потужності, треба вкладати додаткові витрати на спорудження більш потужних електростанцій, збільшувати пропускну потужність мереж і трансформаторів та внаслідок цього нести додаткові експлуатаційні витрати.

Передача реактивної потужності по мережі призводить до додаткових втрат напруги в них. Розмір втрат активної потужності ΔP в мережі, в залежності від коефіцієнта потужності $\cos\varphi$, активного опору і напруги мережі, визначається

$$\Delta P = \frac{P^2}{U_1^2 \times \cos^2 \varphi} \times r, \quad (2)$$

де P – сумарна активна потужність споживачів мережі, Вт;

U_1 – напруга на початку лінії електропередачі мережі, В;

r – активний опір лінії електропередачі, Ом;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності споживачів мережі.

З рівняння (2) слідує, що втрати потужності прямо пропорційні сумарній активній потужності споживачів, приєднаних до електричної мережі, і зворотно залежать від добутку квадрата напруги лінії і квадрата коефіцієнта потужності $\cos\varphi$ навантаження, таким чином, для зменшення втрат потужності необхідно прагнути до підвищення коефіцієнта потужності, оскільки низький $\cos\varphi$ несе: високі втрати активної потужності в мережі, за рахунок протікання реактивної потужності в мережі; великі перепади напруги в мережах; необхідність збільшення габаритної потужності генераторів, перерізів кабелів, потужностей силових трансформаторів [1]. З цього слід, що компенсація реактивної потужності край необхідна.

Основна частина. В основу принципу компенсації реактивної потужності покладене явище резонансу струмів між ділянками з індуктивними та ємнісними опорами: коли за рахунок досягнення резонансних умов безпосередньо біля навантаження, коливання електричної енергії здійснюється в контурі «навантаження - компенсаційна установка», тим самим істотно зменшується «перекачування» енергії лінії електропередачі, не виключаючи їх перегрів, і, отже, перевитрати електричної енергії. В цьому разі результуюча реактивна енергія, споживана навантаженнями дорівнює

$$Q_p = Q_L - Q_k. \quad (3)$$

де Q_L – реактивна потужність, що споживається індуктивними навантаженнями (асинхронними двигунами), ВАР;

Q_k – реактивна потужність, що виробляється компенсуючим пристроєм, ВАР.

Таким чином, реактивна потужність, що споживається від електростанції, зменшується, тобто компенсується на величину потужності, виробленої пристроєм компенсації реактивної потужності. На практиці для компенсації реактивної потужності використовують

різні пристрої: конденсаторні батареї, синхронні компенсатори, шунтуючі реактори, статичні тиристорні компенсатори, фільтри вищих гармонік.

Конденсаторні батареї видають реактивну потужність в електричній системі. Оскільки знижуються перетоки потужності в самій мережі, це призводить до зменшення втрат активної потужності, зниженню втрат напруги, знижується навантаження на лінії електропередачі і трансформатори.

Синхронний компенсатор являє собою синхронний двигун полегшеної конструкції, призначений для роботи на холостому ході. При роботі в режимі перезбудження він генерує реактивну потужність.

Шунтуючі реактори, що споживають реактивну потужність, компенсують надлишок реактивної потужності, знижують її перетікання і зменшують струм у лініях і трансформаторах, внаслідок, знижують активні втрати потужності.

Статичні тиристорні компенсатори як видають, так і споживають реактивну потужність, але вони дозволяють плавно і швидко регулювати реактивну енергію. Статичні тиристорні компенсатори в електричних мережах призначені для підвищення пропускної спроможності і стійкості лінії електропередачі, стабілізації напруги у вузлах навантаження, зменшення втрат електроенергії і підвищення її якості.

При виборі пристроїв компенсації реактивної потужності слід враховувати їхню складність ремонту і експлуатації, вартість та ефективність. Наприклад, статичні тиристорні компенсатори мають складну конструкцію і високу вартість. Синхронні компенсатори для ефективного роботи повинні встановлюватися якомога ближче до споживача, щоб не навантажувати мережу реактивними струмами. Синхронні компенсатори встановлюють на напругу більше 6-10 кВ районних підстанцій. Фільтрокомпенсуючі пристрої дуже коштовні, тому їх раціонально застосовувати тільки для стаціонарних навантажень. Недоліком шунтуючих реакторів є те, що вони викликають падіння напруги мережі.

Найбільш конструктивно простими і економічними пристроями є конденсаторні батареї. Найбільш широко використовують статичні конденсатори на напругу до 1000 В і 6-10 кВ. Вони мають тривалий строк служби, мають можливість підключатися безпосередньо до шин як низької, так і високої напруги, мають малі власні втрати активної потужності. Статичні батареї конденсаторів прості в експлуатації, мають порівняну легкість операцій при монтажі, можлива як їх як внутрішні так і зовнішня установка, мають відносно невелику вартість; надійні, оскільки один пошкоджений конденсатор не може впливати на роботу батареї статичних конденсаторів; безпасні в експлуатації; мають можливість використання як ступеневого, так і плавного регулювання потужності конденсаторної батареї з метою

попередження загрозливого підвищення напруги; є фільтрами вищих гармонік струмів.

Батарея статичних конденсаторів (БСК) складається із конденсаторної батареї, струмообмежуючого реактора, шафи комутації і захисту БСК з вимірюючими трансформаторами струмів. Основний елемент БСК – косинусні конденсатори для кожної фази [2]. Конструкція конденсаторної батареї представляє собою збірку з блоків силових високовольтних конденсаторів, розміщених у зварених металевих рамах. Блоки з'єднуються між собою паралельно і послідовно, встановлюються вертикально у декількох рівнях на опорних ізоляторах. Трифазна батарея містить три однофазні конструкції, які з'єднуються у зірку або трикутник в залежності від режиму роботи нейтралі. Системи компенсації бувають *одиночні* – там де потрібна компенсація потужних (більш 20 кВт) споживачів або споживана потужність постійна впродовж довгого часу; *групові* – у випадку компенсації індуктивних навантажень, підключених до одного розподільчого пристрою або розташованих рядом; *централізовані* – для підприємств зі змінною потребою реактивної потужності. В цьому випадку конденсаторна батарея оздоблюється спеціальним контролером, комутуючою і захисною апаратурою. Перевагою централізованої компенсації є відповідність включеної потужності конденсаторів в конкретний момент часу без перекомпенсації або недокомпенсації. При виборі конденсаторної установки потрібну потужність визначають

$$Q_C = P \times (tgj_1 - tgj_2), \quad (3)$$

де $tgj_1 = \frac{Q_1}{P_1}$ – співвідношення активної та реактивної потужностей споживачів до установки БСК;

$$tgj_2 = \frac{Q_2}{P_2} \quad \text{– бажане або що задається енергосистемою}$$

співвідношення потужностей споживачів після установки БСК.

На практиці коефіцієнт потужності після компенсації знаходиться в межах від 0,93 до 0,99.

Фільтри реактивної потужності або вищих гармонік є доволі перспективним способом компенсації реактивної потужності. Фільтри призначені для динамічної компенсації реактивної потужності та зниження гармонійних спотворень в електричних мережах. Принцип роботи таких фільтрів полягає у генерації компенсуючих струмів ємнісного характеру, що компенсують споживання реактивної потужності нелінійними навантаженнями. Застосування фільтрів для компенсації реактивної потужності має низку переваг: фільтри здатні швидко реагувати на зміни споживання реактивної потужності та гармонійних спотворень; забезпечують точну та надійну компенсацію, що дозволяє покращити якість електричної енергії; фільтри мають

високу енергоефективність та можуть знизити втрати електроенергії в системі; вони дозволяють зменшити гармонічні спотворення, що сприяє стабільнішій роботі електричного обладнання. Фільтри широко використовуються у різних галузях промисловості та електроенергетики [2, 3]. Фільтри знаходять застосування в електроприводах, системах електропостачання лікарень (магніторезонансні томографи) та лабораторій, а також у електричних мережах з високим вмістом нелінійних навантажень (для подачі живлення для комп'ютерних центрів, де висока ступінь навантаження та гармонійні спотворення вимагають активної компенсації реактивної потужності. Застосування таких фільтрів для компенсації реактивної потужності є ефективним вирішенням проблеми, пов'язаної з реактивною потужністю електроенергетичних системах

Сучасним засобом компенсації реактивної потужності є застосування статичних компенсаторів реактивної потужності (Static Var Compensator, SVC). SVC – це електронний пристрій, призначений для керування реактивною потужністю в електричній мережі. Пристрій складається з силового трансформатора, керованого тиристорним перетворювачем, і фільтрів, які запобігають попаданню високочастотних перешкод у мережу. SVC також здатний згладжувати перехідні процеси та пригнічувати коливання напруги, що важливо для систем з високою часткою відновлюваної енергії, як вітряні і сонячні станції [4].

Системи компенсації бувають наступних видів: *одиночна* – там де потрібна компенсація потужних (більш 20 кВт); *групова* – у випадку компенсації індуктивних навантажень, підключених до одного розподільчого пристрою; *централізована* – для підприємств зі змінною потребою реактивної потужності.

Висновки. Використання активних фільтрів, статичних компенсаторів реактивної потужності та розумних мереж дозволяє компенсувати реактивну потужність більш точно та ефективно, що сприяє зниженню втрат енергії та підвищенню енергоефективності системи. Взагалі, пристрої компенсації дозволяють зменшити втрати активної потужності в мережі, а споживачам електричної енергії дозволяють зменшити витрати реактивної потужності до 30-40 % і зменшити оплату за електроенергію.

Список використаних джерел

1. Попова І. О., Курчанов А. А. Система компенсації реактивної потужності в сільських мережах як засіб скорочення витрат. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова: зб. тез доповідей.* Мелітополь, 2021. С. 34-35.

2. Dixon J., Moran L., Rodriguez J., Domke R. Reactive Power Compensation Technologies: State-of-the-Art. *Review IEEE Proc.* 2005. P. 2144 – 2164.

3. Akagi H. Modern Active Filters and Traditional Passive Filters / *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences*. 2006. Vol. 54, No. 3.

4. Лобода Ю. В.: Система керування статичними компенсаторами реактивної потужності в несиметричних несинусоїдних режимах розподільних мереж: дис...д-ра філософії, спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Вінниця, 2020. 156 с.

УДК 620.95

ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ У РОБОТУ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Скляр Р. В., к.т.н.,

Акулов В. Д., аспірант

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Анотація. У статті проаналізовано основні енергозберігаючі технології, що застосовуються в біогазових установках для переробки органічних відходів. Наведено кількісні орієнтири енергозаощадження для ключових рішень (рекуперація тепла, оптимізоване перемішування, енергоефективні газоочищення, цифровий контроль) та запропоновано пріоритети впровадження для різних типів господарств.

Основна частина. Сучасний розвиток агропромислового комплексу вимагає переходу до інноваційних методів управління органічними відходами та впровадження технологій, які забезпечують енергетичну ефективність і екологічну сталість. Біогазові установки, що здійснюють анаеробну переробку гною, пташиного посліду, поживних решток та інших органічних субстратів, стають фундаментальним елементом циркулярної біоекономіки [1]. З огляду на зростання вартості енергоресурсів, необхідність скорочення викидів парникових газів та прагнення аграрних підприємств до енергонезалежності, впровадження енергозберігаючих рішень у біогазові комплекси є одним із ключових напрямів технологічного розвитку.

Органічні відходи аграрного походження становлять значний потенціал для виробництва біогазу, проте їх фізико-хімічні властивості, зокрема висока вологість, низька буферність або підвищена

концентрація інгібуючих речовин, вимагають раціонального використання енергетичних ресурсів під час їхньої підготовки та ферментації. Базові статті енергоспоживання біогазового комплексу включають перемішування субстрату, підігрів реактора, транспортування відходів, перекачування ферментованої маси та роботу газоочисних систем [2]. Частка власного енергоспоживання біогазової станції може коливатись у межах 10–28% від виробленої електроенергії, що безпосередньо впливає на економічну ефективність об'єкта. Саме тому оптимізація енергетичних процесів стає ключовим предметом інженерних досліджень.

Одним із найбільш перспективних напрямів підвищення енергоефективності є впровадження систем рекуперації тепла. Більшість біогазових реакторів працюють у мезофільному режимі, що потребує стабільного підтримання температури 37–40 °С. Теплові втрати можуть бути суттєвими, особливо взимку, а їх компенсація потребує значних енергоресурсів. Інноваційні рішення передбачають використання теплообмінників для передачі тепла від дигестату, вихідного біогазу або газогенератора назад у реактор [3]. Такі системи дають змогу зменшити витрати теплової енергії на 30–45%, а в деяких випадках - забезпечити майже повну автономність підігріву за рахунок вторинних потоків.

Другим критично важливим аспектом є оптимізація процесів перемішування субстрату. Неefективне перемішування не лише збільшує споживання електроенергії, але й знижує якість ферментації, провокуючи утворення кірки та осаду. Дослідження доводять, що впровадження частотно-регульованих міксерів, перемішування за графіком, а також інтеграція гідравлічних або газових змішувачів дає змогу скоротити енергоспоживання на 20–35% при збереженні або підвищенні газопродуктивності [2,3]. Застосування алгоритмів адаптивного керування, що враховують реологічні властивості субстрату, концентрацію сухих речовин і температуру, забезпечує стабільну роботу реактора та мінімізує додаткові витрати електроенергії.

Перспективним напрямом енергозбереження є попереднє підвищення біодоступності органічної речовини без значних енерговитрат. Використання біокаталітичних препаратів, мікробних консорціумів і ферментних композицій дає змогу покращити гідроліз субстратів та скоротити час ферментації на 10–20%. До енергозберігаючих методів належать і фізико-механічні способи попереднього подрібнення відходів, зокрема низькоенергетичне дезінтегрування, кавітаційна обробка або гомогенізація, які зменшують витрати на підігрів і підвищують вихід біогазу при менших інвестиціях у внутрішнє обладнання [4].

Істотним чинником впливу на енергетичну ефективність є модернізація газоочисних систем. Традиційні методи очищення біогазу

від H_2S , CO_2 та аміаку потребують значних ресурсів на регенерацію сорбентів або примусову вентиляцію. Перспективні технології біодесульфуризації та мембранної сепарації демонструють суттєво нижче енергоспоживання та високу стабільність роботи. Їх впровадження забезпечує не лише скорочення експлуатаційних витрат, а й покращення якості біогазу для подальшої когенерації або переробки в біометан.

Перехід до цифрових технологій управління є невід'ємним чинником енергозбереження. Впровадження SCADA-систем, цифрових датчиків моніторингу, автоматизованого контролю температури та перемішування дозволяє підтримувати роботу реактора в оптимальному режимі, попереджувати енергетичні піки та знижувати навантаження на обладнання [5].

Перспективи подальшого розвитку енергозберігаючих технологій у біогазових установках ґрунтуються на інтеграції сучасних інженерних рішень, підвищенні рівня автоматизації та переході до більш ефективних систем переробки відходів. Український біогазовий сектор має вагомий потенціал для впровадження таких технологій, оскільки більшість наявних об'єктів потребують модернізації. У середньостроковій перспективі очікується поширення малих модульних біогазових установок з низьким власним енергоспоживанням, а також активне впровадження біометанових технологій, які потребують високоефективного очищення біогазу. У довгостроковому контексті енергозбереження стане ключовим критерієм проектування нових біогазових комплексів, що відповідає вимогам циркулярної економіки та європейським екологічним стандартам.

Висновки. Таким чином, впровадження енергозберігаючих технологій у біогазові установки є не лише технічно доцільним, але й стратегічно важливим для розвитку аграрної енергетики. Ефективне управління власним енергоспоживанням, скорочення теплових та електричних витрат, модернізація внутрішніх технологічних процесів і впровадження цифрових систем контролю забезпечують значне підвищення продуктивності та економічної вигоди біогазових комплексів. У перспективі це створить основу для децентралізованої та екологічно збалансованої енергетичної інфраструктури, що сприятиме сталому розвитку агропромислового сектору України.

Список використаних джерел.

1. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Формування витрат енергоносіїв на виробництво тваринницької продукції. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2021. Вип. 11, т. 1.
2. Скляр Р. В., Акулов В. Д. Щодо питання енергозбереження в біогазових установках. *Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві*: XI Міжнародна науково-технічна конференція.

Глеваха-Київ, 2023. С. 181 – 183.

3. Акулов В. Д. Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки. *Праці ТДАТУ*. 2024. Вип. 24, т. 2. С. 27-36. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-2-3>

4. Болтянський Б. В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ*. 2024. Вип. 24, т. 1. С. 89-100. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-1-6>

5. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104–114. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115>

УДК 621.313.333.004.58

ВПЛИВ ПРОВАЛІВ НАПРУГИ МЕРЕЖІ НА ШВИДКІСТЬ ВИТРАТИ РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІЇ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Вовк О. Ю., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку промисловості передбачає застосування різноманітних машин і агрегатів з електроприводами. Силовими елементами більшості цих електроприводів є трифазні асинхронні двигуни [1]. Вони мають доволі надійну конструкцію, порівняно незначну вартість виготовлення і інші суттєві якісні характеристики [2]. У той же час їх експлуатація супроводжується деякими проблемами, обумовленими певними експлуатаційними впливами, які доволі складно врахувати при проєктуванні [3]. Однією з них є живлення асинхронних двигунів електроенергією, у якої параметри відхилені від нормованих значень [4]. Суттєвий вплив на якість електроенергії здійснюють провали напруги мережі [5, 6]. Вони призводять до негативних наслідків, пов'язаних зі старінням ізоляції і зниженням енергетичних показників асинхронних двигунів [7]. Це призводить до зниження експлуатаційної надійності асинхронних двигунів у всіх галузях промисловості: щорічно виходять з ладу та ремонтуються близько 30 % зазначених електродвигунів, час напрацювання на відмову становить 0,5 ... 1,5 роки [8]. Існуючі дослідження, головним чином, спрямовані на встановлення наслідків впливу провалу напруги на енергетичні показники асинхронних двигунів. У той же час досліджень, які розглядають вплив відхилень напруги на ресурс вказаних електродвигунів небагато. Тому за мету роботи було визначено

встановлення впливу провалу напруги на ресурс асинхронних двигунів.

Основні матеріали дослідження. З метою встановлення впливу провалу напруги на ресурс асинхронного двигуна було визначено, що головним проявом провалу напруги є зменшення ковзання електродвигуна і збільшення споживаного струму. Це, у свою чергу, обумовлює збільшення теплової дії струму і зростання нагрівання електродвигуна. Тому у якості критерія оцінки впливу провалу напруги на ресурс асинхронного двигуна було прийнято швидкість теплового зношення ізоляції його обмотки статора, яка визначається так:

$$e = e_n \times \exp \left(\frac{B}{Q_n} \left(\frac{1}{t_{обм} + J_{сер} + 273} - \frac{1}{t_n} \right) \right), \quad (1)$$

де e – поточна швидкість теплового зношення ізоляції обмотки статора, баз.год./год.; e_n – номінальна швидкість теплового зношення ізоляції обмотки статора, баз.год./год.; B – параметр, що характеризує клас ізоляції обмотки статора, К; Q_n – номінальне значення абсолютної температури обмотки статора, К; $t_{обм}$ – поточне перевищення температури обмотки статора, °С; $J_{сер}$ – поточна температура навколишнього середовища, °С.

Прийнято, що асинхронний двигун працює у тривалому номінальному режимі роботи, тому поточне перевищення температури обмотки статора визначається так:

$$t_{обм} = t_n \times \frac{a + \frac{(r_1 + r_2 s_n)^2 + (x_1 + x_2)^2}{(r_1 + r_2 s)^2 + (x_1 + x_2)^2}}{a + 1 - a \times \frac{(r_1 + r_2 s_n)^2 + (x_1 + x_2)^2}{(r_1 + r_2 s)^2 + (x_1 + x_2)^2}}, \quad (2)$$

де t_n – номінальне перевищення температури обмотки статора, °С; a – коефіцієнт втрат електродвигуна; a – температурний коефіцієнт опору матеріалу провідників обмотки статора, 1/°С. де r_1, r_2, x_1, x_2 – параметри Г-подібної схеми заміщення асинхронного електродвигуна, Ом; s_n – номінальне ковзання електродвигуна; s – поточне ковзання електродвигуна.

Поточне ковзання асинхронного двигуна залежить від коефіцієнта провалу прикладеної до електродвигуна напруги (k_u), його коефіцієнта завантаження (k_3), номінального ковзання і відносного моменту зрушення робочої машини (M_{0*}). Вигляд цієї залежності визначається видом механічної характеристики робочої машини, яку він приводить у дію. Результати такого дослідження викладені у [9].

Таким чином, (1), (2) і вирази ковзання, наведені у [9], визначають залежність поточної швидкості теплового зношення ізоляції обмотки статора електродвигуна від коефіцієнта його завантаження з урахуванням провалу прикладеної до нього напруги, тобто $e = f(k_3)$.

Проведено чисельний аналіз швидкості теплового зношення ізоляції асинхронного двигуна АИР100S2 при $k_3 = 0,5 \dots 1$; $k_u = 0,9 \dots 0,8$; $J_{сер} = 40$ °С. При цьому прийнято, що він приводить у рух робочі машини з відносним моментом зрушення, який дорівнює 0,2. Результати для робочої машини з незалежною від швидкості механічною характеристикою ($x = 0$) наведені у таблицях 1, 2.

Таблиця 1

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = 0$ та $k_u = 0,9$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_i , баз.год/год	0,06	0,13	0,32	0,90	2,86	10,34

Таблиця 2

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = 0$ та $k_u = 0,8$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_i , баз.год/год	0,17	0,58	2,41	12,25	76,04	575,2

Результати для робочої машини з лінійно-зростаючою механічною характеристикою ($x = 1$) наведені у таблицях 3, 4.

Таблиця 3

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = 1$ та $k_u = 0,9$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_i , баз.год/год	0,06	0,13	0,33	0,90	2,77	9,52

Таблиця 4

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = 1$ та $k_u = 0,8$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_i , баз.год/год	0,18	0,59	2,35	11,19	63,25	421,7

Результати для робочої машини з нелінійно-зростаючою (параболічною) механічною характеристикою ($x = 2$) наведені у таблицях 5, 6.

Таблиця 5

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = 2$ та $k_u = 0,9$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_i , баз.год/год	0,06	0,13	0,32	0,90	2,86	8,81

Таблиця 6

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = 2$ та $k_u = 0,8$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_i , баз.год/год	0,17	0,58	2,41	12,26	76,04	319,5

Результати для робочої машини з нелінійно-спадаючою (гіперболічною) механічною характеристикою ($x = -1$) наведені у

таблицях 7, 8.

Таблиця 7

Залежність $e=f(k_3)$ при $x = -1$ та $k_u = 0,9$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e , баз.год/год	0,06	0,14	0,33	0,90	2,68	11,32

Таблиця 8

Залежність $e=f(k_3)$ при $x = -1$ та $k_u = 0,8$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e , баз.год/год	0,18	0,59	2,29	10,29	53,51	816,5

Результати дослідження, наведені у таблицях 1 – 8, показують, що при зниженні напруги на затискачах досліджуваного асинхронного двигуна на 10 % він може працювати без наслідків для ізоляції із завантаженням на 80 % від номінального, а при зниженні напруги на 20 % – із завантаженням на 65 % від номінального. При більшому завантаженні електродвигун необхідно вимикати через різке збільшення швидкості теплового зношення ізоляції, або вмикати пристрій для підняття напруги на затискачах електродвигуна (наприклад, вольтододатковий трансформатор).

Висновки. Таким чином, в результаті дослідження встановлено, що для збереження швидкості теплового зношення ізоляції асинхронного двигуна на номінальному рівні при провалі напруги мережі потрібно або включати пристрій для збільшення напруги, або знижувати навантаження на електродвигун до певного вказаного вище рівня.

Список використаних джерел

1. Вовк О. Ю., Квітка С. О. Періодичний контроль функціонального стану асинхронних електродвигунів за енергетичними показниками. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, т. 4. С.115–125.
2. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Розрахункове визначення втрат активної потужності в асинхронних електродвигунах за паспортними даними. *Вісник ХНТУСГ*. 2017. Вип. 186. С. 80–82.
3. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Безменнікова Л. М. Обґрунтування параметрів функціонального стану асинхронних електродвигунів. *Праці ТДАТУ*. 2008. Вип. 8, т. 9. С.129–137.
4. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2017. Вип. 7, т. 1. С.126–134.
5. Вовк О. Ю., Квітка С. О. Енергозберігаюче керування асинхронними електродвигунами прикладеною напругою. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2020. Вип. 10, т. 2. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2020-2-27>

6. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Математична модель теплового стану асинхронного електродвигуна у нестационарних режимах. *Вісник ХНТУСГ*. 2016. Вип.175. С.140–142.
7. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Теплова модель асинхронного електродвигуна в стаціонарних режимах. *Вісник ХНТУСГ*. 2015. Вип.164. С.118–120.
8. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій контролю функціонального стану та захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник ХНТУСГ*. 2014. Вип.153. С. 85–87.
9. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Вплив відхилення напруги живлячої мережі на втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Вісник ХНТУСГ*. 2015. Вип. 164. С.121–123.

УДК 662.767.2

БАГАТОШАРОВІ ЗАХИСНІ КОНСТРУКЦІЇ БІОГАЗОВИХ РЕАКТОРІВ

Скляр О. Г., к.т.н.,

Скляр Р. В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Анотація. У статті розглянуто сучасні підходи до проектування багатошарових захисних конструкцій біогазових реакторів, що визначають їхню довговічність, енергоефективність та відповідність європейським стандартам безпеки. Проаналізовано найбільш поширені типи конструкцій - сталеві, бетонні, композитні реактори та двомембранні газгольдери - з акцентом на їх багатошарових системах антикорозійного, теплоізоляційного та механічного захисту. Висвітлено вимоги нормативних документів VDI, DWA та EN щодо хімічної стійкості, газонепроникності, опору механічним навантаженням та тепловтратам. Показано, що застосування багатошарових систем значно знижує ризик корозійної деградації, підвищує стабільність ферментаційних процесів і продовжує строк служби реакторів на 15–40 років. Проведений аналіз доводить, що впровадження таких конструкцій є ключовою умовою ефективною та безпечною роботи біогазових комплексів, а також необхідним етапом інтеграції в європейський енергетичний простір. Запропоновані рекомендації можуть бути використані при проектуванні нових

установок та модернізації існуючих біогазових об'єктів.

Основна частина. Біогазові реактори функціонують у складних умовах, де поєднуються високі концентрації корозійно-активних компонентів (H_2S , органічні кислоти, аміак), постійна вологість, значні температурні коливання та механічні навантаження, пов'язані з перемішуванням і тиском газу [1]. Традиційні одношарові захисні покриття - полімерні або цементні - не забезпечують довготривалої стійкості, що призводить до прискореної корозії, деградації стінок реактора, тепловтрат та ризику утворення мікротріщин. У багатьох випадках такі пошкодження стають причиною аварійних зупинок ферментера, потрапляння газу в атмосферу, підвищення ризику займання та суттєвих економічних збитків.

Невідповідність конструкцій реакторів сучасним вимогам EN 16723, VDI 4630, DWA-A 791 та іншим європейським нормам ускладнює інтеграцію біогазових установок у європейський енергоринок. В умовах зміни клімату та зростання ролі відновлюваної енергетики постає нагальна потреба у вдосконаленні захисних багатошарових систем, які повинні забезпечити хімічну інертність, стійкість до газової дифузії, низьку теплопровідність, механічну міцність та довговічність конструкції. Це зумовлює необхідність аналізу сучасних підходів до проєктування багатошарових систем захисту реакторів, порівняння їх матеріалів та відповідності нормативним вимогам, що дозволить обґрунтувати оптимальні інженерні рішення для експлуатації біогазових комплексів у реальних умовах [2].

Біогазові реактори, виготовлені зі сталі, бетону або композитних матеріалів, потребують спеціальних систем багатошарового захисту. До таких систем належать: антикорозійні полімерні покриття, гідроізоляційні мембрани, багатошарові теплоізоляційні „сендвіч“-панелі, механічні бар'єри, а також газонепроникні еластичні оболонки для куполів. Кожен із цих шарів виконує свою функцію та підвищує загальну стійкість конструкції до навантажень, корозії, біологічної активності та тиску газу всередині реактора [3].

Одним із найбільш критичних факторів є захист внутрішньої поверхні ферментера. Високі концентрації H_2S , органічних кислот та вологість 95–100% прискорюють корозію металевих стінок. Тому сучасні реактори покривають епоксидними та поліуретановими шарами товщиною 600–1400 мкм, часто у кілька шарів, кожен з яких має різну твердість, гнучкість та хімічну стійкість. Така комбінація забезпечує високу адгезію, еластичність та довговічність покриття, а також витримує температуру ферментації 55 °C і вище.

Для бетонних реакторів застосовують полімерцементні або склопластикові вкладиші, які утворюють захисну оболонку, стійку до проникнення органічних кислот. Внутрішні полімерні бар'єри захищають не лише від корозії, але й від дифузії газів у бетон, що є

критично важливим для запобігання утворенню мікротріщин та деградації несучої здатності конструкції.

Багатошарові системи теплоізоляції відіграють ключову роль у стабільності ферментаційних процесів. Типова конструкція включає: внутрішній антикорозійний шар, шар базової гідроізоляції, мінераловатні або пінополіуретанові плити товщиною 80–200 мм, зовнішню металеву або композитну обшивку та шар захисту від ультрафіолету. Пінополіуретан має найнижчий коефіцієнт теплопровідності й забезпечує мінімальні тепловтрати, що особливо важливо для біогазових реакторів у холодному кліматі. Наявність декількох теплоізоляційних шарів стабілізує температуру всередині ферментера, зменшуючи витрати на підігрів на 20–35%.

Куполи та газгольдери біогазових установок також часто використовують багатошарові конструкції, які забезпечують газонепроникність та стійкість до ультрафіолету. Двомембранні системи складаються з внутрішньої мембрани, що утримує газ, та зовнішньої - що забезпечує механічний захист і формує надлишковий тиск. Між мембранами встановлюють вентилятори, що підтримують постійний тиск і забезпечують стабільність форми купола [4]. Полієфірні армовані ПВХ-мембрани з багатошаровою структурою забезпечують високу міцність, гнучкість і стійкість до температур $-30...+70$ °C.

Особливу увагу приділяють захисту зон, підданих високому навантаженню: патрубків, фланців, виходів мішалок і шахт для обслуговування. У цих зонах зазвичай застосовують багатошарові еластомерні накладки, армовані сталевую сіткою або склотканиною, що значно зменшує ризик прориву газу та руйнування конструкції [5].

У практиці експлуатації біогазових реакторів доведено, що багатошарові захисні системи продовжують термін служби обладнання на 15–25 років порівняно з одношаровими покриттями. Крім того, такі системи зменшують витрати на ремонт, втрати тепла, ризик пошкодження реактора та витіки біогазу [6,7]. Правильно підібрані матеріали захисту в комплексі з продуманою інженерною конструкцією дозволяють мінімізувати експлуатаційні ризики та забезпечити максимальну рентабельність біогазового виробництва.

Європейські виробники біогазових установок активно впроваджують багатошарові конструкції реакторів, які відповідають вимогам VDI 4630 (Fermentation of Organic Materials), DWA-A 791 (Construction of Biogas Plants), EN 12566, EN 16723, а також рекомендаціям German Biogas Association (FvB). Ці стандарти регламентують вимоги до матеріалів, захисних шарів, стійкості до газової дифузії, термічного захисту та експлуатаційної безпеки (таблиця 1).

Таблиця 1

Аналіз сучасних конструкцій біогазових реакторів за

європейськими стандартами

Тип конструкції реактора / елемента	Типова багатощарова структура	Основні переваги	Основні недоліки	Оптимальна сфера застосування
Сталевий реактор емалевим/епоксидним покриттям	Внутрішній шар – емаль / епоксид 600–1000 мкм; несучий шар – нержавіюча сталь 4–10 мм; теплоізоляція – мінеральна вата / ППУ 80–150 мм; зовнішня обшивка – сталь з УФ-захистом	Висока механічна міцність; добра хімічна стійкість; можливість швидкого монтажу; ремонтпридатність	Висока вартість матеріалів; чутливість до дефектів покриття; вимогливість до якості зварювання	Середні та великі біогазові станції; ферментери з підвищеним тиском газу та складними субстратами
Бетонний реактор полімерним/композитним вкладишем	Несучий шар – армований бетон; внутрішній шар – ПЕ/ПП лайнер 1–3 мм або FRP-покриття; зовнішня гідроізоляційна утеплення (вата/ППУ)	Висока несуча здатність; можливість великих об'ємів (>5000 м ³); стійкість до механічних навантажень	Без вкладиша – ризик газової дифузії та мікротріщин; складний ремонт внутрішнього покриття	Великі стаціонарні ферментери, сховища дігестату; проекти з обмеженням по висоті, але не по площі
Композитний реактор (GRP/FRP)	Внутрішній хімістійкий шар – вінілестерна смола; структурні	Повна корозійна стійкість; низька маса; низька теплопровідність	Висока вартість; специфіка ремонту; обмежені	Об'єкти з агресивними середовищами; регіони з

Тип конструкції реактора / елемента	Типова багат шарова структура	Основні переваги	Основні недоліки	Оптимальна сфера застосування
	Й шар – армований скловолокном композит (5–25 мм); зовнішній шар – захист від УФ і вологи	ніть; довгий термін служби (до 40+ років)	ня по габаритах при транспортуванні	високою вологістю та перепадами температури; преміум-сегмент біогазових станцій
Двомембранний газгольдер/купол	Внутрішня мембрана – газотримуюча ПВХ/ПЕ 1,2–2,4 мм; зовнішня – УФ-стійка армована мембрана 1,5–3 мм; міжмембранний простір – вентиляційна підтримка тиску	Висока газонепроникність; стійкість до вітрових і снігових навантажень; гнучкість, простота монтажу; можливість реконструкції	Потреба у постійному контролі тиску; старіння ПВХ під дією УФ без достатнього захисту; ризик механічних пошкоджень	Куполи ферментерів, окремі газгольдері; станції з потребою у змінному об'ємі газозберігання
Багат шарова теплоізоляційна система на стінках реактора	Внутрішній захисний шар емаль/епоксид гідроізоляція; теплоізоляція (ППУ/мінеральна вата 80–200 мм);	Значне зменшення тепловтрат ($U \leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$); стабільний температурний режим; скорочення витрат на підігрів на 25–40%	Збільшення товщини конструкції; додаткові витрати на якісний монтаж; потреба у	Усі типи реакторів, особливо в регіонах із холодним кліматом; установки мезо- й термофільного режиму

Тип конструкції реактора / елемента	Типова багатшарова структура	Основні переваги	Основні недоліки	Оптимальна сфера застосування
	паробар'єр; зовнішня металокомпозит-на обшивка з УФ-захистом		контролі містків холоду	
Захисні вузли патрубків, люків, проходів мішалок	Локальні багатшарові накладки: еластомери + армування (сталева сітка /склотканина) герметики, фланцеві ущільнення	Зниження ризику витоків газу; захист найбільш навантажених зон; підвищення загальної безпеки	Потреба у регулярному огляді; локальна складність монтажу; вплив людського фактору	Зони проходу валів мішалок, люки обслуговування патрубків подачі/відбору середовища та газу

Висновки. Аналіз сучасних конструкцій біогазових реакторів відповідно до європейських стандартів демонструє, що провідні країни ЄС застосовують комплексні багатшарові системи захисту, спрямовані на максимальну корозійну стійкість, газонепроникність і стабільність роботи реакторів у довгостроковому періоді. Стандарти VDI, DWA та EN визначають чіткі вимоги до матеріалів, методів антикорозійного захисту, теплоізоляції та механічної цілісності конструкцій, що дозволяє суттєво зменшити ризики корозійного руйнування, тепловтрат і дифузії газу. Порівняння різних типів реакторів (сталевих, бетонних, композитних) свідчить, що кожен має свої оптимальні умови застосування, але лише за умови використання багатшарових захисних рішень. Європейський підхід акцентує увагу на довговічності та мінімізації експлуатаційних ризиків, що забезпечує стабільність ферментаційних процесів і відповідність вимогам безпеки. Таким чином, модернізація конструкцій біогазових реакторів відповідно до європейських стандартів є необхідною умовою підвищення надійності, безпеки та енергоефективності біогазових комплексів.

Список використаних джерел.

1. Комар А. С., Акулов, В. Д. Технологічні аспекти оптимізації біогазових установок. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2025. Вип. 15(1). С. 129–135. <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-25-1-15>
2. Комар А. С. Огляд методів дослідження та оптимізації машинних технологій утилізації відходів тваринництва. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2023. Вип. 13, т. 2. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-2-9>
3. Акулов В. Д. Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24, т. 2. С. 27–36. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-2-3>
4. Болтянський Б., Сиротюк С., Коробка С., Стукалець І. Аналіз методів удосконалення процесу переробки органічних відходів тваринництва у метантенках. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2024. Вип. 14(1). <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-6>
5. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104–114. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115>
6. Болтянський Б. В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ*. 2024. Вип. 24, т. 1. С. 89–100. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-1-6>
7. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б. В. Болтянський та ін. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

УДК 620.92**ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ АПК**Болтянський Б. В.¹, к.т.н.,Сиротюк С. В.², к.т.н.,Болтянський О. Б.¹, асист.¹*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*²*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжиського, м. Дубляни, Україна*

Постановка проблеми. Аграрний сектор України виявив високу стійкість та адаптивність до ризиків воєнного часу – продовольчі

потреби населення країни забезпечено; ужито заходів для розбудови ланцюгів постачання й збуту агропродукції; попри ворожі дії агресора, наша держава підтвердила та закріпила свій статус гаранта продовольчої безпеки на світових ринках.

Однак, з жовтня 2022 року і до сьогодні агресія РФ на території України проявляється також масованими прицільними обстрілами об'єктів енергетичного комплексу. Це призвело до поглиблення кризових тенденцій у сільському господарстві внаслідок застосування масових аварійних вимкнень, планових обмежень енергопостачання за пріоритетності забезпечення електроенергією об'єктів критичної інфраструктури.

В умовах повномасштабної війни можливості для аграрних підприємств диверсифікувати джерела енергопостачань є вкрай обмеженими, оскільки потребують значних інвестицій. Тому надмірна залежність від централізованих джерел енергопостачання, а також збереження високих світових цін на паливно-енергетичні ресурси, містять значні ризики для багатьох підприємств АПК. Водночас необхідний комплексний міжгалузевий підхід до вирішення питань системного управління енергозбереженням в сільському господарстві [1].

Технічний прогрес відкриває нові можливості ефективного використання в сільському господарстві інноваційних джерел енергії. І тут також потрібні адекватні ринкові механізми управління їх використанням в цілях збереження ефективності виробництва.

Основні матеріали дослідження. Проблема енергозабезпечення та енергозбереження з використанням інноваційних джерел енергії в сільському господарстві знайшла певне відображення в економічній літературі та спеціальних дослідженнях. Є різні методологічні і теоретичні підходи до розуміння зв'язків ефективності аграрного виробництва у зв'язку з варіантами енергетичних витрат. Але вони більше стосуються технічної (сільськогосподарської) сторони питання. Тобто вони не враховують змін, які сталися з організацією сільськогосподарського виробництва, що вимагає обліку, насамперед господарських розрахункових інтересів у здійсненні заходів в конкретних регіональних умовах, особливості яких теж повинні бути враховані в механізмі управління енергозабезпеченням та енергозбереженням [2].

На сьогодні однією з основних проблем енергозабезпечення та енергозбереження в сільському господарстві є вирішення завдання – як з допомогою техногенних факторів підвищити освоєння відновлюваних видів енергії. Необхідність альтернативного енергозабезпечення змушує сільське господарство використовувати інноваційні джерела енергії. Україна є забезпеченою за кількістю сонця, вітру, гідроенергоресурсів, гідрогеотермальних ресурсів, біомаси, що припадають на одиницю площі. Переробку та утилізацію

твердих відходів сільського господарства необхідно здійснити за 3 напрямками з допомогою біоконверсії, термохімічної конверсії (піролізу), прямого спалювання. Всі ці технології вже апробовані і показали свою високу ефективність. Найбільш ефективним способом використання безпосередньо енергії сонця є перетворення її в теплову (для гарячого водопостачання, опалення, сушіння сіна тощо) і електричну енергію. В умовах зазначеного випереджаючого зростання цін на енергоносії у порівнянні із зростанням цін на сільськогосподарську продукцію та посилення фінансово-економічної кризи в сільському господарстві самим пріоритетним серед інших напрямків зниження собівартості продукції стає проведення енергозберігаючих заходів на всіх виробництвах, наявних на сільськогосподарських підприємствах. Функціонально енергетичний аналіз дозволяє виявити резерви енергозбереження на кожній стадії сільськогосподарського виробництва. Процес енергозбереження повинен реалізуватися на основі впровадження систем енергетичного менеджменту, що ґрунтуються на контролі і регулюванні споживання енергії з використанням сучасних засобів автоматики та методів планування цілей і завдань енергозбереження за економічними критеріями [3-6].

Загалом, для вирішення проблеми енергозабезпечення та енергозбереження об'єктів АПК, на нашу думку, необхідно здійснення наступного:

- виділення коштів зі спеціального фонду Державного бюджету України, а також частину коштів, що надходять від іноземних партнерів у межах допомоги, спрямованої на забезпечення енергетичної безпеки держави, на заходи щодо заміщення традиційних видів палива виробниками електричної та теплової енергії такими, що мають біологічне походження, а також на субвенції громадам, спрямовані на оперативне заміщення традиційного пального інноваційним (відновлюваним, у тому числі біологічним);

- запровадження в межах програми «5–7–9%» пільгового кредитування сертифікованих за європейськими стандартами вітчизняних виробництв біопалива (на закупівлю сировини, обладнання, розширення виробництва тощо) за умови постачання частини виробленої продукції установам соціальної сфери, що мають обладнання для її використання, за взаємоузгодженими цінами;

- стимулювання виробництва альтернативних видів палива (біодизелю з технічних олійних культур і технічної оливи, біостанолу з кукурудзи та пшениці, а також твердого палива з макухи й твердих відходів від вилучення жирів та олій, що їх нині у великій кількості експортує Україна) та обладнання, потрібного для їх використання, зокрема шляхом ініціювання спеціальних програм міжнародної допомоги та грантів ЮНІДО, USAID та інших міжнародних організацій – це дасть змогу українським виробникам отримувати

потрібне обладнання для розбудови власного виробництва біопалива;
- розроблення спеціальної державної програми підтримки тваринницьких комплексів та ферм, спрямованої на придбання ними обладнання та устаткування (біогазових установок) для біоенергетики, яка, зокрема, передбачатиме заходи щодо часткової компенсації вартості обладнання та устаткування, навчання спеціалістів операторів біогазових установок, а також спрощення процедур їх під'єднання до робочих газових мереж.

Висновки. Ключові напрями забезпечення стійкості аграрного сектору в умовах повномасштабної війни мають бути спрямовані на збереження ефективності ланцюга «виробництво – перероблення – зберігання – постачання населенню харчових продуктів». Вкрай важливими є нарощування виробництва сільськогосподарської продукції, пошук та створення нових (у тому числі тимчасових) об'єктів для зберігання та первинного перероблення продукції, залучення всіх можливостей державного та приватного сектору для постачання продовольства в місця їх збуту.

Суттєве збільшення використання біоенергетичного потенціалу аграрного сектору дасть можливість частково замінити традиційні види енергії інноваційними (альтернативними) як на національному, так і на місцевому рівнях споживання, зміцнити енергетичну стійкість країни.

Список використаних джерел

1. Пріоритети забезпечення стійкості промисловості й аграрного сектору економіки України в умовах повномасштабної війни: аналіт. доповідь / [О. В. Собкевич, А. В. Шевченко, В. М. Русан, Л. А. Жураковська]; за ред. Я.А. Жаліла. Київ: НІСД, 2023. 49 с.

2. Альтернативні джерела енергії у підвищенні енергоефективності та енергонезалежності сільських територій: колективна монографія / за ред. І. О. Яснолоб, Т. О. Чайки, О. О. Горба. Полтава: Видавництво ПП «Астроя». 2019. 276 с.

3. Karpań M., Klimek K., Maj G., Zhuravel D., Bondar A., Lemeshchenko-Lagoda V., Boltianskyi B., Boltianska L., Syrotyuk H., Syrotyuk S. [et al.]. Method of Evaluation of Materials Wear of Cylinder-Piston Group of Diesel Engines in the Biodiesel Fuel Environment. *Energies*. 2022. Vol.15. P. 1-29. <https://doi.org/10.3390/en15093416>

4. Болтянський Б. В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б. В. Болтянський та ін. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

5. Syrotyuk S., Boyarchuk V., Syrotyuk V., Korobka S., Syrotyuk H., Boltianskyi B. Peculiarities of modeling heat pumps in the labview environment. *Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі: матеріали XI Міжнар. наук. конференції (Львів, 04–06 жовтня 2022 р.)* / ЛНУП; За заг. ред. В.В. Снітинського.

Львів: ЛНУП, 2022. С.16-18.

6. Serhii Syrotyuk, Volodymyr Halchak, Vasyl Lopushniak, Serhii Korobka, Hanna Syrotyuk, Taras Stanytskyu, Kateryna Yankovska, Tomasz Jakubowski, Jan Gielżecki, Boris Boltyanskyi. The application of fuzzy logic algorithms in controllers for controlling the use of renewable energy sources. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2025. Vol. 101(2). P.125-132. <https://doi.org/10.15199/48.2025.02.30>

УДК 631.333.92:631.22.018

АНАЛІЗ БАРБОТАЖНИХ СИСТЕМ У БІОГАЗОВИХ УСТАНОВКАХ

Скляр Р. В., к.т.н.,

Жмак С. С., магістрант

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Ефективний теплообмін у біогазових ферментерах є критично важливим для забезпечення стабільної анаеробної ферментації, однак традиційні системи нагріву, основані на природній конвекції та механічному перемішуванні, не завжди забезпечують рівномірний розподіл температури у всьому об'ємі високо-в'язкого субстрату. У ферментерах часто утворюються холодні і перегріті зони, що уповільнює гідроліз та метаногенез, знижує біогазопродуктивність і збільшує енерговитрати. Механічні мішалки, хоча й покращують перемішування, характеризуються підвищеним енергоспоживанням і зношуванням рухомих частин, особливо при роботі з густими субстратами тваринництва [1]. У таких умовах постає проблема пошуку альтернативних або додаткових методів інтенсифікації теплообміну, здатних ефективно руйнувати прикордонні шари, підвищувати турбулентність і забезпечувати стабільну циркуляцію середовища без значного збільшення енергоспоживання. Одним із перспективних шляхів розв'язання цієї проблеми є застосування барботажних систем, здатних значно покращити теплообмін, проте їх вибір та ефективність залежить від конструкції, типу субстрату та конфігурації ферментера. Це зумовлює необхідність порівняльного аналізу найпоширеніших барботажних систем та обґрунтування оптимальних умов їх застосування.

Ефективний теплообмін у біогазових установках є ключовою умовою стабільної роботи анаеробних реакторів, особливо при використанні мезофільного (35–38 °С) або термофільного (52–55 °С)

режимів ферментації [2]. Втрата тепла, нерівномірний розподіл температури субстрату, утворення холодних зон та низька швидкість конвекційних потоків призводять до зниження біогазопродуктивності на 10–25%. Одним із найбільш перспективних напрямів підвищення ефективності теплообміну є застосування барботажної інтенсифікації, яка забезпечує покращення теплопередачі між теплообмінною поверхнею та ферментованим середовищем шляхом введення газової фази у вигляді дрібнодисперсних бульбашок.

Барботаж створює інтенсивний рух середовища, збільшує турбулентність і руйнує прикордонні стаціонарні шари, що традиційно є основним опором теплопередачі в густих органічних субстратах. У ферментерах біогазових установок високої в'язкості, де природна конвекція є недостатньою, барботажний режим значно підвищує коефіцієнт тепловіддачі, збільшуючи його у 1,5–3 рази порівняно зі стандартними схемами циркуляції [3].

Класичні теплообмінники «труба в трубі» або спіральні теплообмінні реєстри, встановлені в нижній частині ферментера, забезпечують локальне нагрівання середовища. Однак без інтенсифікації конвекції відбувається осідання важких фракцій, утворення холодних зон та уповільнення гідролізу. Введення газових бульбашок (біогазу або повітря у попередній змішувальній ємності) дозволяє створити вертикальний потік, що постійно переміщує субстрат уздовж теплообмінної поверхні [4]. Це забезпечує рівномірний розподіл температури, знижує ризик локального перегріву та сприяє більш повній ферментації органічної маси.

Сучасні біогазові установки застосовують кілька схем барботажної інтенсифікації. Перша - центральна барботажна колона, розміщена у внутрішній зоні ферментера. Газ подається знизу, піднімається по колоні та створює циркуляційні потоки по всьому об'єму реактора. Друга -бокова барботажна система, яка забезпечує локальний рух біля теплообмінників, особливо коли вони розташовані вздовж стінок. Третя - комбінована схема, що одночасно покращує перемішування та теплообмін у ферментері, підвищуючи однорідність субстрату та зменшуючи потребу в механічному перемішуванні [5].

Величезною перевагою барботажної інтенсифікації є зниження енергоспоживання. На відміну від механічних мішалок, газові інжектори не мають рухомих частин у зоні ферментера, що мінімізує ризики зношення, спрощує обслуговування та зменшує витрати електроенергії у 2–4 рази. Крім того, барботаж може використовувати відсепарований біогаз із низьким тиском, що систематично надходить у реактор, забезпечуючи повну інтеграцію системи в технологічний цикл.

Дослідження показують, що застосування барботажної інтенсифікації сприяє підвищенню теплової однорідності середовища, що є критичним для активності мезофільних та термофільних груп

мікроорганізмів [5,6]. Рівномірність температури зменшує ймовірність процесного стресу, стабілізує роботу реактора та підвищує вихід біогазу. У великих промислових ферментерах барботаж дозволяє скоротити час нагріву реактора після завантаження на 20–30%, що має значний економічний ефект, особливо в зимовий період.

Система барботажу також позитивно впливає на структуру органічної маси: газові бульбашки руйнують агломерати соломи, гною чи відходів птахівництва, покращуючи доступ ферментативних бактерій до субстрату. Це підвищує ступінь розкладу органічної речовини та сприяє збільшенню загальної метанопродуктивності.

Барботажні системи інтенсифікації широко застосовуються в анаеробних біореакторах завдяки їх здатності покращувати теплопередачу, забезпечувати рівномірний розподіл температури та зменшувати потребу в механічному перемішуванні. У практиці сучасних біогазових установок найбільшого поширення набули *чотири основні типи барботажних систем*: центральні барботажні колони, периферійні (бокові) барботажні інжектори, дифузорні барботажні решітки та комбіновані барботажно-механічні системи. Кожна з них має свої технічні особливості, переваги та обмеження (таблиця 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика основних типів барботажних систем

Тип барботажної системи	Принцип роботи	Переваги	Недоліки	Оптимальні умови застосування
Центральна барботажна колона	Вертикальна труба в центрі ферментера подає газ знизу вгору, формуючи інтенсивну циркуляцію	Надійна інтенсифікація теплообміну; добре працює при високій в'язкості; низьке енергоспоживання	Складність монтажу; потреба в балансуванні тиску; складність чистки	Великі ферментери ($\geq 2000 \text{ м}^3$), субстрати з високою в'язкістю
Периферійні (бокові) барботажні інжектори	Газ подається через бокові форсунки навколо теплообмінників	Максимальна тепловіддача на локальних ділянках; зручний доступ; низькі витрати газу	Менша глибина перемішування; можливі застійні зони	Установки з внутрішніми реєстрами теплообміну

Продовження таблиці 1

Дифузорні барботажні решітки	Газ виходить через сотні–тисячі отворів у решітці на дні ферментера	Найвища площа контакту газ–рідина; дрібнодисперсний барботаж; сильна інтенсифікація теплообміну	Високі вимоги до чистоти газу; можливе забивання; складність очищення	Гомогенні або попередньо подрібнені субстрати
Комбіновані барботажно-механічні системи	Барботаж + мішалки на низьких обертах	Максимальна однорідність; висока ефективність; зниження навантаження на мішалки	Складніша система керування; дорожче	Промислові ферментери >3000 м ³ , складні багатокомпонентні субстрати

Отже, барботажна інтенсифікація теплообміну є одним із найбільш перспективних і енергозберігаючих методів оптимізації процесів у біогазових установках. Вона поєднує технологічну простоту, низькі витрати, високу ефективність і можливість інтеграції з існуючим обладнанням.

Список використаних джерел

1. Скляр Р. В., Скляр О. Г. Обґрунтування способу перемішування субстрату для експериментальної біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2020. Вип. 10, т. 1.
2. Комар А. С. Огляд методів дослідження та оптимізації машинних технологій утилізації відходів тваринництва. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2023. Вип. 13, т. 2. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-2-9>
3. Скляр О. Г., Скляр Р. В., Комар А. С. Удосконалення конструкції біогазової установки з рекуперацією теплоти зброженої біомаси. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2024. Вип. 24, т. 3. С. 62–71. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-3-5>
4. Болтянський Б., Сиротюк С., Коробка С., Стукалець І. Аналіз методів удосконалення процесу переробки органічних відходів тваринництва у метантенках. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2024. Вип. 14(1). <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-6>
5. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104–114. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115>

6. Болтянський Б. В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ*. 2024. Вип. 24, т. 1. С. 89–100. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-1-6>

УДК 631.22

ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ УТРИМАННЯ ТВАРИН

Дереза О. О., к.т.н.

Дереза С. В., ст. викл.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Постановка проблеми. Оцінюючи сьогоденний стан вітчизняного тваринництва, можна зробити висновок, що ця галузь є однією з найбільш енерговитратних. Нині над кожним підприємством нависла загроза паливно-енергетичної кризи, адже енергоносії займають вагомую частину у собівартості продукції тваринництва. Економія енергоресурсів шляхом зниження енергоємності технологічних процесів та перехід на енергоощадні технології – важливі складові зниження собівартості одиниці тваринницької продукції [1-3]. А оскільки статистика за останні десять років свідчить про те, що частка енергоносіїв у собівартості продукції тваринництва збільшилася в декілька разів, то питання резервів економії енергоресурсів та впровадження енергоощадних технологій дозволить збільшити вихід продукції на одиницю затраченої енергії. Кожен крок має бути спрямованим на зниження собівартості та енергоємності виробництва одиниці продукції тваринництва [4-6].

Розвиток сучасних будівельних технологій у всіх технічно розвинених країнах світу направлений на розробку ефективних матеріалів, використання яких є економічно доцільним, дозволяє скоротити енергетичні затрати та витрату сировинних ресурсів [7].

На поточний момент нагальним питанням є аналіз практичного використання сучасних енергозберігаючих матеріалів та технологій при реконструкції тваринницьких приміщень різного виробничого напрямку.

Основні матеріали дослідження. Сучасні будівельні матеріали та технології на їх основі повинні відповідати наступним вимогам:

- низькі витрати енергії на їх виробництво;
- низький коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін;
- теплова інертність стіни;

- конструкція стін повинна створювати можливість дифузії водяної пари;
- гідроізоляція повинна виключати ризик зволоження стін та інших елементів приміщення;
- низька енергоємність;
- низька вага;
- низька ціна і нескладний спосіб монтажу [8,9].

Не менш важливими є і інші характеристики сучасних будівельних матеріалів: їхня звукоізоляція, міцність при ударі, легкість та технологічність демонтажу, можливість утримання в чистоті, вологостійкість, вогнестійкість, світловідбивання, стійкість до напружень, що дозволяє широко використовувати їх для зведення внутрішніх стін [10].

Вартість будівельних матеріалів і виробів складає 50-65% повного обсягу будівельно-монтажних робіт. Вміння оцінювати фізико-технічні властивості та енергоефективність будівельних матеріалів і раціональні області їх використання в будівництві дозволяє провести вибір сучасних матеріалів на базі техніко-економічного аналізу з урахуванням експлуатаційних вимог, зменшення матеріальних та енергетичних затрат [11,12].

Шляхом впровадження будівельного енергетичного менеджменту (енергоефективності) фахівці можуть отримувати більш повну картину, з однієї сторони, – енергозатрат при виготовленні будівельних виробів, а, з іншої, – споживання енергії в існуючих будівлях.

Підставою для розробки енергоощадних будівельних технологій є моделювання енергоємності будівельних процесів на всіх стадіях реалізації інвестицій. Підвищити енергоощадність реконструкції можна також через скорочення обсягів споживання енергії на виробництво будівельних матеріалів.

В сучасному будівництві переважає така конструкція зовнішніх стін, в якій розділено функції термічної ізоляції і несучої здатності. Такий розподіл виникає через різні властивості матеріалів:

- матеріали з добрими теплоізоляційними властивостями мають малу міцність (теплоізоляційні матеріали);
- матеріали з високою конструкційною міцністю і щільною структурою добре проводять тепло, через що погано ізолюють приміщення (стінові матеріали).

Для огорожувальних конструкцій (стін) тваринницьких приміщень вибирають матеріали з невеликим коефіцієнтом теплопровідності, але з вищою питомою теплоємністю.

Теплопровідність – один з найважливіших показників, що характеризують теплозахисні властивості матеріалів, за яким визначають їхню належність до групи теплоізоляційних або конструктивно - теплоізоляційних. Зокрема, теплоізоляційні матеріали

повинні мати коефіцієнт теплопровідності не більший, ніж 0,175 Вт/(мЖ) і середню густину не більш як 500 кг/м³. З теплопровідністю пов'язана така важлива характеристика матеріалів, застосовуваних для зовнішніх огорожувальних конструкцій, як термічний опір, або опір теплопередачі.

З метою зниження рівня енергоспоживання тваринницьких приміщень і наближення норм енергоспоживання України до норм високорозвинених країн Європи прийнято ряд нормативних документів. Однак їхнє впровадження в будівництво реалізується дуже повільно, у зв'язку з відсутністю коштів та механізму контролю за їх впровадженням.

Вивчення законів переносу тепла і вологи та проникання повітря в різні конструктивні матеріали дозволяє раціонально проектувати зовнішні огорожувальні конструкції будівель з урахуванням всіх факторів, які можуть вплинути на експлуатацію даних конструкцій [13]. Як наслідок, це дасть змогу збільшити термін експлуатації тваринницьких приміщень, знизити витрату теплової енергії при їх обігріві. Особливо велике значення має знання та правильне застосування теплофізичних законів в умовах широкого застосування при реконструкції нових матеріалів і технологій.

Застосування порожнистих керамічних матеріалів дає змогу зменшити товщину зовнішніх стін і знизити матеріалоемність огорожувальних конструкцій на 20-30%, скоротити транспортні витрати і навантаження на фундамент. Відповідно зменшується і трудомісткість зведення стін порівняно з повнотілою цеглою. За точністю розмірів і зовнішнім виглядом цегла та керамічні панелі мають задовольняти вимогам зазначеного стандарту. Повнотіла цегла повинна мати водопоглинання не менше, ніж 8% за масою, а порожнисті панелі – не менше як 6%.

Теплоізоляційні матеріали. Теплоізоляційними називають будівельні матеріали для теплової ізоляції огорожувальних конструкцій тваринницьких приміщень, енергетичного обладнання і трубопроводів. Ці матеріали повинні мати коефіцієнт теплопровідності, не вищий ніж 0,17 Вт/(мЖ), та середню густину не більш як 500 кг/м³.

Для виготовлення теплоізоляційних матеріалів витрата палива в 10-11, а трудомісткість у 20-25 разів нижчі порівняно із взаємозамінюваною за тепловим опором кількістю глиняної цегли, а маса готової продукції майже в 20 разів менша.

Світова та вітчизняна будівельна індустрія пропонує сьогодні досить широкий вибір теплоізоляційних матеріалів, кожний з яких має свої технічні характеристики та галузь застосування. Це і пінобетон, і пінопласт, і керамзит, і мінеральна вата, і скловолокно.

До властивостей теплоізоляційних матеріалів висувають ряд вимог: низька теплопровідність; стійкість до коливань температур при

експлуатації; однорідність властивостей; оптимальна густина; низький рівень займистості і вибухонебезпечності; міцність при транспортуванні і монтажі; волого та водостійкість; стійкість до атмосферних впливів; стійкість до впливу комах; хімічна стійкість; нешкідливість для обслуговуючого персоналу та тварин.

Зупинимось на характеристиках теплоізоляційних матеріалів, які найчастіше використовуються при реконструкціях.

Мінеральна вата – це волокнистий матеріал, що отримується з розплавів гірських порід (зокрема базальту), металургійних шлаків та їх сумішей.

Основною властивістю мінеральної вати (як, до речі, й скловати) є негорючість у поєднанні з високою тепло та звукоізолюючою здатністю, стійкістю до температурних деформацій, негігроскопічністю, хімічною та біологічною стійкістю, екологічністю та легкістю виконання монтажних робіт. Вироби з мінеральної вати належать до класу негорючих матеріалів. Вони ефективно протидіють поширенню полум'я й використовуються як протипожежна ізоляції для вогнезахисту. Мінеральні волокна здатні витримувати температуру понад 1000⁰С, однак в'язучий компонент починає руйнуватися вже при температурі 250⁰С.

Важливим параметром мінераловатних матеріалів є здатність до збереження своїх геометричних розмірів протягом всього періоду експлуатації. Це запобігає утворенню містків холоду на стиках ізоляційних плит.

Мінеральна вата негігроскопічна, вміст вологи у виробках з неї за нормальних умов експлуатації становить 0,5% від об'єму. Щоб мінімізувати водопоглинання, мінеральну вату, як правило, піддають обробці спеціальними водовідштовхуючими розчинами.

Виробам з мінеральної вати притаманна висока паропроникність. Щоб мінімізувати можливість накопичення парів вологи й утворення конденсату, мінераловатний утеплювач має бути захищеним з внутрішньої сторони пароізолюючим бар'єром. З зовнішньої сторони, навпаки, мають бути створені умови для вільного виходу парів (висихання утеплювача). За нормальних умов експлуатації теплозвукоізоляційні та механічні властивості виробів з мінеральної вати зберігаються на своєму початковому рівні протягом кількох десятків років.

На ринку України широкий спектр мінераловатних утеплювачів представляє ISOVER, в тому числі матеріали для утеплення фасадів «контактним методом» (Fascoterm, Orsil) і фасадів, що вентилуються (Polterm, Ventiterm). Широку гаму (понад 40 різновидів) теплоізоляційних матеріалів з базальтових волокон пропонує й ROCKWOOL. Для навісних фасадів рекомендовано використовувати плити PANELROCK, а для стін – ROCKMUR. Асортимент виробів представлений мінераловатними плитами різної щільності та

призначення, рулонними матами для ізоляції трубо- і паропроводів, покриттів для труб, виконаних на замовлення.

Скловата. Окрім теплозвукоізоляційних матеріалів з базальту в будівництві широко застосовують матеріали з скловолокна. Цей матеріал за технологією виробництва та властивостями має багато спільного з мінеральною ватою.

Скловатні вироби використовуються поряд з мінераловатними для теплової ізоляції будівельних конструкцій, але окрім цього застосовується для ізоляції холодильного та промислового обладнання, що працює в умовах вібрації, трубопроводів і транспортних засобів. В європейських країнах частка скловолоконних теплоізоляційних матеріалів сягає 65%, однак в Україні вона є значно нижчою.

Найбільш поширені в Україні утеплювачі зі скловати представлені торговою маркою ISOVER (Фінляндія), що є підрозділом теплоізоляційних матеріалів концерну SAINT- GOBAIN.

Пінополістирол (пінопласт) – екологічно чистий, нетоксичний тепло та звукоізоляційний матеріал. У будівельній практиці цей матеріал застосовується вже протягом 40 років і зарекомендував себе як найбільш економічний та зручний у роботі утеплювач, якому притаманні високі паро та теплопровідні властивості. Стіна з пінополістиролу завтовшки лише 12 см за своїми теплозберігаючими показниками еквівалентна стіні з дерев'яного бруса завтовшки 50 см, 2- метровій стіні з цегли або 4- метровій стіні з залізобетону.

У полістирольну групу утеплювачів входять такі різновиди ізоляційних матеріалів як пінопласт М20-М30, СТИРОДУР, ІЗОФОМ, СТИРО-ФОМ, СТИРІЗОЛ та багато інших. Всі вони відповідають вимогам чинних норм щодо теплозахисних властивостей будівельних матеріалів і межі їх застосування визначаються міркуваннями пожежної безпеки.

Пінопласт може використовуватися при утепленні стін «легким мокрим» способом, всередині пустотілої цегляної кладки, а також у навісних вентильованих фасадах. Пінополістирольні матеріали використовуються й при спорудженні монолітних будівель в опалубці, що не знімається, тобто методом, який отримав назву «термобудівля».

Низькі температури не впливають на фізико-технічні властивості пінополістиролу. Він зберігає свою форму й при тривалому нагріванні до 90⁰С. Високі теплозахисні властивості матеріалу виключають негативний вплив циклів заморожування-розморожування, які могли б спричинити виникнення тріщин у несучих конструкціях. Це, відповідно, подовжує термін їх експлуатації.

Крім того, зовнішні огорожувальні конструкції з використанням елементів пінополістиролу мають низьку питому вагу, що дає можливість уникнути зайвих витрат на підсилення фундаментів при реконструкції та надбудові існуючих тваринницьких приміщень, а також значно заощадити кошти при новому будівництві.

З вище наведеного витікає, що крім експлуатаційної енергоємності важливе значення при розрахунку вартості реконструкції також має енергоємність, пов'язана з виробництвом будівельних матеріалів, їх транспортуванням та умовами роботи з ними на об'єкті реконструкції. При цьому вага будівельних матеріалів є також важливим чинником в процесі аналізу коштів реконструкції.

Світовий досвід показує – щоб досягти успіху в реалізації проекту, зокрема при реконструкції тваринницького підприємства, він повинен відповідати кільком важливим умовам:

- висока швидкість розробки проекту реконструкції і власне самої реконструкції;
- проект повинен гарантувати максимальну надійність і довговічність всіх елементів конструкцій (не менше 50 років);
- в проекті повинні використовуватися тільки перевірені часом технологічні рішення, для створення максимального комфорту утримання тварин;
- окупність проекту повинна вписуватися в часовий показник 5-7 років.

Висновки. Впровадження вказаних заходів, перш за все енергоощадних технологій при реконструкції тваринницьких підприємств, надасть можливість підвищити конкурентоспроможність, знизити собівартість продукції та збільшити доходи галузі тваринництва, що буде привабливим як для виробника, так і для споживача.

Список використаних джерел

1. Дереза С. В. Визначення основних заходів енергоефективного функціонування агропромислового комплексу України. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 426-431. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/boltjanska1.pdf> (дата звернення 12.10.2025).
2. Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. № 1(19). P. 7–12.
3. Дереза О. О., Дереза С. В. Вплив покриття підлоги на отримання енергоефективної продукції тваринництва. *Молодь і технічний прогрес в АПВ. Інноваційні розробки в аграрній сфері: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків: ХНТУСГ, 2021. Т. 2. С. 229-232.
4. Скляр О. Г. Механізовані технології в виробництві сільськогосподарської продукції: посібник-практикум / О. Г. Скляр, Р. В. Скляр, Б. В. Болтянський. Мелітополь: Люкс, 2019. 303с.
5. Boltianskyi V. V. Reducing energy expenses in the production of

pork. *Way Science*. 2021. № 1. P. 27-29.

6. Мацулевич О. Є., Дереза О. О., Тетервак І. Р. Розрахунок економічної ефективності використання системи автоматизованого проектування технологічної документації на підприємстві сільськогосподарського машинобудування. *Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології: матеріали III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (Запоріжжя, 12-19 грудня 2022р.)* Запоріжжя: ТДАТУ, 2022. С. 87-93.

7. Skliar R., Sklar O. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome, 2021. P. 171-176.

8. Boltyansky B. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol. 16, No 2. P. 49-54.

9. Дереза С. В. Аналіз причин захворювання корів на субклінічний мастит. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 205-209. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/dereza-1-2020.pdf> [дата звернення 12.10.2025].

10. Скляр О. Г. Проектування та монтаж техніки агропромислового виробництва: навчальний посібник для виконання лабораторних робіт / О. Г. Скляр, Р. В. Скляр, Б. В. Болтянський, С. В. Дереза. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. 246 с.

11. Болтянський Б. В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б. В. Болтянський, О. Г. Скляр. Київ: Кондор, 2020. 410 с.

12. Болтянський Б. В. *Машиновикористання техніки в тваринництві»: курс лекцій / Б. В. Болтянський, Р. В. Скляр*. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 160 с.

13. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: The XIV International scientific-practical conference*. Bilbao, 2020. P. 431-433.

УДК 502.574(477)

АНАЛІЗ МАТЕРІАЛЬНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ЗБИТКІВ ВІД РУЙНУВАННЯ ДАМБИ КАХОВСЬКОЇ ГЕС

Ковальов О. О., к.т.н., ст. викл.,

Крестов В. Г., асист.,

Новіков С., здобувач СВО «Бакалавр»

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Катастрофічні економічні наслідки руйнування дамби Каховської ГЕС, що сталося 6 червня 2023 року призвела до гуманітарної та екологічної катастроф й завдала величезних, довгострокових економічних збитків Україні, які оцінюються майже в 14 мільярдів доларів США. Потреби на відновлення та реконструкцію становлять понад \$5 мільярдів.

1. Енергетичний сектор

Прямі збитки Каховській ГЕС: Сама Каховська ГЕС, яка до окупації була важливою частиною енергетичної системи, повністю зруйнована і не підлягає відновленню. Збитки енергетичному сектору оцінюються від \$1.26 до \$3.8 мільярда, а будівництво нової ГЕС, за попередніми оцінками, коштуватиме близько \$1 мільярда.

Втрата потужностей та загроза для ЗАЕС: Крім прямої втрати генерації (до 5% потужності ГЕС до окупації), зруйновано 335 МВт потужностей відновлювальної енергетики. Найбільш критичною є проблема охолодження Запорізької АЕС, оскільки Каховське водосховище було ключовим джерелом води для її систем охолодження.

2. Сільське господарство

Знищення зрошувальних систем: Руйнування дамби призвело до виходу з ладу переважної більшості зрошувальних систем у Херсонській (94%), Запорізькій (74%) та Дніпропетровській (30%) областях. Ці регіони були ключовими для зрошення сотень тисяч гектарів сільськогосподарських угідь, де до катастрофи вирощували мільйони тонн зернових та олійних культур на суму близько \$1.5 мільярда.

Одразу після підриву було затоплено близько 10 тисяч гектарів сільськогосподарських земель на правобережжі та значно більше на лівобережжі. Загальні втрати врожаю сягають мільйонів тонн. У довгостроковій перспективі ми зіткнемося з опустелюванням земель, руйнуванням багаторічних насаджень та значним зниженням агропромисловості.

Втрати для рибної галузі: Особливо відзначаються наслідки знищення ГЕС для рибного господарства – збитки галузі від загибелі лише дорослих особин можуть досягти 95 тис. тонн або приблизно 4 млрд грн. Збитки від загибелі всіх біоресурсів становитимуть до 10,5 млрд грн.

Руйнування Каховської ГЕС стало екологічною катастрофою не лише для України – наслідки відчує весь Чорноморський регіон. По-перше, у море потрапить прісноводна риба, яка там загине. На Херсонщині критична ситуація в національних парках – під загрозою зникнення перебуває 30% заповідного фонду.

Так, повністю затоплено національний парк «Нижньодніпровський», де існує 120 цінних видів флори та фауни, що охороняються. Підтоплення зачепило території, де збереглися типові та рідкісні угруповання заплавлених лісів, боліт, лук, піщаних степів, степових схилів Дніпра та балок, оголень гірських порід.

Через затоплення відбувається обміління акваторій у парках «Великий Луг» та «Каменська Січ». Збитки для рибної галузі оцінюються у 95 тисяч тонн (4 мільярди гривень), а загальні збитки від загибелі біоресурсів сягають 10.5 мільярда гривень.

3. Житлове господарство та інфраструктура

Руйнування житла: Повінь пошкодила та зруйнувала близько 20-30 тисяч будинків у Херсонській області та понад 500 у Миколаївській. Прямі збитки житловому фонду оцінюються в \$950 мільйонів.

Транспортна інфраструктура: Постраждало понад 290 км доріг, частина міжнародних та регіональних шляхів була затоплена. Збитки транспортній інфраструктурі сягнули \$311 мільйонів.

4. Промисловість

Затоплення об'єктів: Затоплено 28 великих промислових об'єктів на обох берегах Дніпра, що спричинило збитки промисловості на \$105млн.

5. Довкілля та екологія

Екологічна катастрофа: Це один з найсерйозніших аспектів. Орієнтовна сума збитків, завданих навколишньому середовищу, оцінюється від \$1.5 до понад \$6.4 мільярда.

Забруднення: Витік 150 тонн нафти, а також забруднення води через затоплення вигрібних ям, сміттєзвалищ та колодязів. Рівень солоності Чорного моря біля Одеси знизився майже втричі, що порушує екосистему.

Загибель флори та фауни: Затоплення призвело до загибелі численних тварин та рослин, руйнуючи унікальні екосистеми Дніпровських плавнів. Забруднення питної води створює ризик розповсюдження інфекцій та ускладнює доступ до чистих джерел для мільйонів людей. Унаслідок прориву ГЕС було затоплено населені пункти, а разом із ними й різні джерела забруднення, наприклад, вигрібні ями – це все також потрапить у Дніпро і Чорне море та вплине на живі організми.

На нашу думку після руйнування Каховської ГЕС можна зробити низку важливих висновків – екологічних, соціальних, економічних, політичних та безпекових. Але особливий аспект зробити на безпеці, так як ми бачимо пряме порушення міжнародного гуманітарного права. Україна має переглянути підходи до захисту стратегічних об'єктів.

Список використаних джерел

1. Ковальов О. О., Самойчук К. О. Необхідні умови забезпечення

конкурентоздатності України на світових ринках продуктів харчування. *Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії: Матеріали шостої міжнародної науково-практичної конференції «»* (3-4 листопада 2022 р). Черкаси: ФОП Гордієнко Є.І., 2022. С. 143–146.

2. Інноваційні технології та обладнання галузі. Переробка продукції тваринництва: посібник-практикум / К. О. Самойчук, С. В. Кюрчев, Н. О. Паляничката ін.: ТДАТУ. Мелітополь: Forward press, 2020. 250 с.

3. Вступ до фаху: конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / О. О. Ковальов, К. О. Самойчук, В. О. Олексієнко: ТДАТУ. Мелітополь, 2021. 180 с.

4. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв: підручник / К. О. Самойчук, В. С. Бойко, В. О. Олексієнко та ін.; ТДАТУ. Мелітополь: ММД, 2020. 428 с.

5. Vitenko T., Marynenko N., Kramar I. European Experience in Waste Management. *Environ. Sci. Proc.* 2021. Vol. 9(17). <https://doi.org/10.3390/environsciproc2021009017>

6. Palianychka N., Verkholyantseva V., Kovalyov A. Use of energy-efficient equipment in drinking milk technological line. *Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції* (24-25 листопада 2022 року). Харків: ДБТУ, 2022. С. 90–92

7. Болтянський О. В., Ковальов О. О., Колодій О. С. Використання інформаційно-цифрових технологій в сільському господарстві. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали III Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції* (Мелітополь, 01- 26 листопада 2021 р.) / ТДАТУ: ред. кол. В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 417.

УДК 636.083.14

ВИКОРИСТАННЯ ПІДСТИЛКИ НА МОЛОЧНОТОВАРНІЙ ФЕРМІ

Дереза С. В., інж.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Постановка проблеми. Для отримання максимальної молочної продуктивності корова повинна відпочивати лежачи не менше 14 годин

на добу [1]. Якщо корова зручно лежить, приплив крові до вимені збільшується на 50%, і молока виробляється більше [1,5]. Але якщо вона постійно ходить по корівнику або стоїть в стійлі, а лягає лише повністю знесилившись, то, очевидно, основною причиною є незручна підстилка.

Протягом доби корова приблизно 20 разів встає на ноги, щоб попити, поїсти або для доїння [2, 3]. Потім знову лягає, щоб відпочити і пожувати жуйку. Кожного разу, коли корова лягає, приблизно 2/3 її ваги доводиться на коліна передніх ніг, на які вона падає з висоти приблизно 25...30 см. Падіння корови на коліна може викликати хворобливі відчуття, це приведе до того, що корови будуть більше часу проводити стоячи, внаслідок чого можуть відбутися зміни природного життєвого циклу корови: знизиться споживання корму та води і погіршає процес травлення. А це знову приводить до зниження продуктивності.

В той же час підстилка забезпечує коровам комфортний відпочинок, зменшує стресовий чинник і знижує ризик захворювань.

Питання використання в якості підстилки для корів різних сільськогосподарських матеріалів відображені в працях А.К. Скороходько, Л.І. Таравердова, М.С. Найденського, Ю.І. Плотинського, А.А. Музики, Луца С.М. та інших [1,2,3,4].

Питаннями механізації внесення і рівномірного розподілу підстилки в корівниках займалися А. Парієв, Б. Болтянський, О. Дробішев, Т. Коротченко та інші [4,5].

Який же сільськогосподарський матеріал практичніше і доцільніше використовувати в якості підстилки для природно-кліматичних і техніко-економічних умов, що склалися на даний момент в Україні?

Основні матеріали дослідження. За словами фахівців, оптимальні умови утримання тварин передбачають наявність певних вимог до якості підстилкового матеріалу:

- відсутність сприятливого середовища для появи і розмноження хвороботворних мікробів;
- високий рівень здатності вбирати вологу і рідкий гній (3-4 кг вологи на 1 кг сухої маси);
- низька теплопровідність (особливо актуальна в осінньо-зимовий період);
- морозостійкість (при промерзанні підстилки на ній може з'явитися крижана кірка, що в нерідко призводить до здобуття коровами різних видів травм);
- відсутність подразнення шкіри тварин тощо.

В даний час для великої рогатої худоби в якості підстилки використовуються солома, торф, тирса, гумові багатошарові матраци (мати), перероблений гній.

З живаних підстилок часто використовують солому, тирсу, торф,

пісок, а також підстилку виготовлену із неорганічних матеріалів.

Солома - одна з найкращих природних підстилкових матеріалів. Вона зручна і екологічно безпечна для здоров'я тварин.

Переваги солом'яної підстилки для великої рогатої худоби:

- зменшення витрат тепла що виділяють тварини;
- зменшення захворювань тварин на запалення легенів;
- підвищення молочної продуктивності;
- зменшення витрат кормів;
- зменшення захворювань корів на мастит;
- значна вологопоглинальність;
- здатність поглинати аміак, сірководень та інші гази.

Один кілограм солом'яної підстилки здатний увібрати 3-4 кг вологи. Вологопоглинальна здатність соломи залежить від якості прибирання і технології її використання: подрібнена солома має вологопоглинальну здатність – 398%, пресована - 323%, розсипна – 220%. Найбільша вологопоглинальна здатність у соломи озимих культур. До того ж вона багата калієм, азотом, фосфором, що підвищує якість отриманого гною.

Корова при лежанні на бетонній підлозі втрачає не менше 570 кілокалорій тепла за годину, а на такій підлозі з солом'яною підстилкою - 120 кілокалорій. При продуктивності 3000 кілограмів від корови в рік для утворення молока необхідно 6,5 мільйона кілокалорій. Втрати через підлогу без підстилки складуть лише за стійловий період близько 2,2 мільйонів кілокалорій, що еквівалентно 1000 кілограмам молока.

Кожного року в Україні виробляється близько 25 млн. т соломи, із яких 20% (5 млн. т) не використовуються ні в якості підстилки, ні в якості корму для тварин.

Тирса має добру вологопоглинальну здатність, але цінність її як добрива дуже низька. Волога тирса практично не поглинає сечі і до того ж вона холодна. Тирса, яка використовується як підстилка, може бути крупною і дрібною або їх сумішшю. Дрібна тирса краще вбирає вологу, але вона досить трудомістка при прибиранні. Крупна тирса погано вбирає вологу, створює дуже багато пилу і потрібно її більше, ніж дрібної, але вона легше прибирається. Великим недоліком для тирси є те, що вона створює велику кількість пилу, що дуже шкідливо для дихальної системи тварин. Пил сприяє утворенню захворювань і переходу їх у хронічну форму.

Торф характеризується високою вологоємністю (до 1500%), а також бактеріостатичними і бактерицидними властивостями. Найбільш цінним в якості підстилки є сфагновий торф, який мало розклався. Для молочних корів рекомендують торф'яну підстилку вологістю 40—45% при ступені розкладання торфу не більше 15% і зольності до 10%. Якщо ступінь розкладання вище 15%, зверху слід розміщувати шар соломи.

Останнім часом в якості підстилки почав використовуватись пісок. Його використання має багато переваг. Корови краще пристосовуються

та звикають до свого боксу, утримуються у значно більшій чистоті порівняно з традиційною підстилкою. Пісок ідеально набуває форми тіла лежачої корови. Спостереження показують, що збільшується тривалість лежання корів та поліпшується здоров'я кінцівок і ратиць. Пісок як неорганічний матеріал, крім того, знижує ризик маститів. Недоліком піщаної підстилки є неможливість господарського використання гною.

Пісок і тирса мають загальні недоліки:

- потрібні додаткові витрати на придбання і транспортування;
- необхідно мати великі склади для зберігання;
- високі витрати по переробці гною;
- у підстилці можуть міститися хвороботворні мікроби;
- наявність сторонніх предметів може завдати травми тваринам;
- можуть мати підвищену вологість.

До підстилки, виготовленої з неорганічних матеріалів при безприв'язному холодному утриманні тварин, відносяться гумові мати, на які для додаткового комфорту накидаються подрібнена солома, тирса або перероблений гній.

Вони мають попит із-за своєї невисокої вартості. Але потрібно враховувати, що корова не має м'язів, що забезпечують плавне присідання, тому на відстані 30 см від підлоги вона падає. І оскільки вагу середньої тварини складає 600 кг, то при зіткненні з твердим матом корова швидко набиває садно і удари, що приводять до хвороб ніг і суглобів. Крім того, покриття з монолітної гуми можуть привести до переохолодження тварини в умовах холодного клімату. Тому шар підстилкового матеріалу з подрібненої соломи або тирси має бути достатньо товстим, щоб уникнути всіх вище перелічених мінусів.

Деякі фахівці рекомендують для молочних корів використовувати матраци на основі різних сучасних неорганічних матеріалів.

Так, наприклад, в Канаді і США великого поширення набули матраци, що складаються з великої кількості компонентів - наповнювачів (рубаної гуми, латексу, підкладки із спіненого поліуретану, водонепроникного воскового покриття тощо).

У європейських країнах (Німеччині, Данії і ін.) найбільшого поширення набули матраци простішою конструкції, що складаються з наступних елементів. Для верхнього шару, що витримує всі навантаження, використовується еластична первинна гума з тканинною зміцнюючою прокладкою. Це гігієнічний матеріал, оскільки він володіє антигрибковою і антибактеріальною дією. Зручне розташування тварини досягається завдяки наповнювачеві, розташованому під шаром гуми. Як наповнювач використовується спінений матеріал з латексу або поліуретану, оскільки він володіє особливою еластичністю.

Завдяки такій комбінації матеріалів в матраці зносостійкість поєднується з високою мірою комфорту для корів.

Гумові мати в той же час мають і суттєві недоліки:

- необхідність покриття ними великих площ;
- досить висока вартість;
- необхідність їх заміни через певний проміжок часу;
- вони практично завжди вологі;
- без підстилки можуть сприяти розмноженню бактерій і розвитку хвороб у тварин;
- можуть бути дуже ковзкими;
- в зимовий період можуть обмерзати.

На багатьох тваринницьких фермах поверх гумової підстилки тонким шаром викладають подрібнену солому, тирсу або перероблений гній для забезпечення комфортніших умов.

Останнім часом в деяких господарствах України в якості підстилки почали використовувати спеціально перероблений гній.

У країнах Європи використання переробленого гною як підстилка для корів почалося близько 20 років тому, в нашій країні даний метод лише починає освоюватися сільськогосподарськими виробниками. В даному випадку в процесі переробки з твердих складових частин гною отримують матеріал, що є високоякісним компостом, який не містить запаху, патогенної мікрофлори і має низький рівень вологості. Застосування твердої фракції гною в переробленому вигляді зменшує ризик появи такого захворювання корів, як мастит вимені. Для знищення мікробів необхідне проведення нагріву твердої фракції до температури 65-70 градусів. Проте успішно застосовувати підстилку з компосту можна лише в теплому сухому кліматі, оскільки в приміщенні з підвищеною вологістю вона поступово перетворюється на гній.

Останнім часом створюються підстилки з натуральних адсорбентів.

Їх переваги полягають в наступному:

- висока здатність до вбирання вологи;
- сприяє здоров'ю копит;
- відмінні вологопоглинальні властивості Zorbisan Plus знижують зростання бактерій на вологих поверхнях;
- вбирає вологу екскрементів і сечі та забезпечує сухість і чистоту вимені і сосків. Натуральні компоненти і дрібнозерниста структура речовини дбайливо впливають на шкіряний покрив вимені;
- даний вид підстилки економить час на очищення вимені перед доїнням;
- дрібнозернистий шар підстилки, що легко видаляється;
- запобігає розвитку личинок мух. Менше мух означає: більш хороше самопочуття і вищу продуктивність тварин;
- знижує концентрацію пари аміаку і сірководню в повітрі корівника;
- переробляється в біогазових установках.

Але величезний мінус даної підстилки – її вартість.

Висновки. Провівши аналіз основних видів підстилкового матеріалу по критеріям: вартість, доступність, наявність в кожному господарстві, мінімальний шлях транспортування, мінімальний негативний вплив на організм тварини можна зробити наступний висновок, що на даний час найбільш оптимальним підстилковим матеріалом для молочних корів є подрібнена солома.

Список використаних джерел

1. Скляр О. Г. Механізовані технології в виробництві сільськогосподарської продукції: посібник-практикум / О. Г. Скляр, Р. В. Скляр, Б. В. Болтянський. Мелітополь: Люкс, 2019. 303 с.

2. Дереза О. О., Дереза С. В. Вплив покриття підлоги на отримання енергоефективної продукції тваринництва. *Молодь і технічний прогрес в АПВ. Інноваційні розробки в аграрній сфері: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків: ХНТУСГ, 2021. Т. 2.

3. Дереза С. В. Аналіз причин захворювання корів на субклінічний мастит. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 205-209.

4. Болтянський Б. В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б. В. Болтянський, О. Г. Скляр. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

5. Болтянський Б. В. *Машиновикористання техніки в тваринництві»: курс лекцій* / Б. В. Болтянський, Р. В. Скляр. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 160 с.

СЕКЦІЯ 6. ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ АПК

УДК 378:001.95

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ДЛЯ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Дереза О. О., к.т.н.

Водяницький І. О., аспірант

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Постановка проблеми. Розвиток агропромислового комплексу (АПК) сьогодні визначається цифровою трансформацією, екологізацією та необхідністю впровадження smart-технологій. У зв'язку з цим традиційні методи підготовки фахівців поступово втрачають ефективність, поступаючись місцем інноваційним підходам, які передбачають використання сучасних цифрових платформ, моделювання, віртуальної реальності та інтерактивних форм навчання.

Аналіз проблеми розвитку аграрного сектору України акцентує увагу на необхідності комплексного підходу до розвитку кадрового потенціалу, що включає професійну адаптацію, створення сприятливих умов праці та мотиваційні заходи [1].

Компаніям не вистачає кваліфікованих інженерних кадрів для розвитку виробництва та інновацій. Сучасні виклики у сфері агропромислового комплексу потребують підготовки фахівців нового типу, здатних інтегрувати знання з інженерії, цифрових технологій, екології та менеджменту. Хоча в аграрному секторі України спостерігається стійкий дефіцит саме технічних кадрів - слюсарів, токарів, зварювальників та електриків - фахівців, які здатні обслуговувати, модернізувати й упроваджувати сучасну техніку, системи автоматизації та технології точного землеробства. Лінійні агрономи посідають друге місце за дефіцитом кадрів (64%), а інженери з ремонту та енергетики (57%) і механіки (50%) закривають трійку найбільш дефіцитних спеціальностей [2].

Дефіцит технічних кадрів на підприємствах впливає як на ефективність виробництва, так і на інноваційний потенціал підприємств.

Основні матеріали дослідження. Сучасний АПК потребує фахівців з цифровими і екологічними компетенціями. Традиційні методи навчання не завжди забезпечують практичні навички. Підприємства змушені інвестувати значні ресурси у підготовку нових працівників. Інженерна освіта та навички здаються складними й недоступними для новачків без спеціального бекграунду. Тому

необхідні інноваційні підходи для підвищення інтересу і мотивації молоді.

Дефіцит інженерних спеціальностей на підприємствах пов'язаний з декількома причинами:

- низька популярність технічних професій серед молоді;
- у школі не завжди створено умови для розвитку технічного мислення: брак лабораторій, застаріле обладнання, мінімум практики, школярі часто не розуміють, навіщо потрібна фізика чи механіка, і вважають гуманітарні спеціальності «доступнішими»;
- недостатня системи дуальної освіти, яка налагоджує співпрацю між університетами та виробництвом;
- міграція кадрів у промисловість або за кордон через вищу оплату праці;
- слабка практична підготовка випускників, брак навичок роботи з новими технологіями (CAD/CAE, GPS-системами, автоматизацією).

Сучасне аграрне виробництво хоча й потребує робітників саме технічних кадрів, але стає більш насичене інноваційними технологіями, з якими доведеться їм доведеться знайомитись. Як наслідки нестачі кадрів на підприємствах аграрного сектору можна відмітити зниження продуктивності праці та якості обслуговування техніки, високі витрати на ремонт і обслуговування, гальмування процесів модернізації та цифровізації АПК.

Зростання світового попиту на сільськогосподарську продукцію спонукає агрокомпанії розробляти й використовувати нові технології вирощування та переробки сільськогосподарських культур з використанням прогресивних технологічних процесів, новітньої техніки, інноваційних технологій [3, 4].

Для подолання викликів нестачі кадрів пропонується декілька можливих шляхів:

- застосування інноваційних освітніх підходів (використання моделювання, симуляцій, VR/AR, проєктного навчання) для зацікавленості молоді в опануванні технічних наук;
- активно впроваджувати дуальну освіту на підприємствах АПК;
- втілювати профорієнтаційні програми для популяризації інженерних професій серед школярів;
- впроваджувати партнерство ЗВО та агробізнесу для створення спільних лабораторій, проведення конкурсів, навчальних кейсів тощо;
- проводити цифрову перепідготовку кадрів у вигляді коротких курсів для діючих працівників АПК.

Однією з ключових тем серед аграріїв у всьому світі є застосування дронів у сільському господарстві. Адже залучення дронів для агросектору дають значні переваги: моніторинг урожаю, внесення засоби захисту рослин, контроль зрошення прогнозування та

планування наступного сезону тощо. Зростання ринку безпілотних технологій потребує збільшення кількості спеціалістів, що можуть здійснювати професійне пілотування, обслуговування та ремонт техніки.

Попри величезний потенціал дронів для точного землеробства, у воєнний час головним пріоритетом є безпека держави. Тому аграрії повинні діяти обережно, законно та відповідально, дотримуючись вимог військового й авіаційного законодавства. Співпраця аграрних підприємств з науковими установами, які мають ліцензований доступ до аерозйомки, може стати безпечним компромісом і дозволить зберегти технологічність галузі навіть у кризових умовах.

Більшість роботодавців вважають рівень підготовки кваліфікованих робітників у державних професійно-технічних навчальних закладах низьким і таким, що не відповідає потребам виробництва [5].

Політика модернізації освітніх систем розвинених країн усе більше орієнтується на розвиток дистанційної освіти [6]. Комплексним рішенням для тих, хто хоче опанувати нові знання, є навчальні курси. Практичні онлайн-курси, відео підручники, комплексні програмні засоби допоможуть підвищити кваліфікацію робітників.

Перспективним напрямом є створення інтегрованих освітніх платформ і віртуальних лабораторій, що поєднують моделювання, симуляцію й аналітику даних для майбутніх фахівців аграрного виробництва.

Сучасне аграрне виробництво переживає період технологічної трансформації. В умовах цифровізації, впровадження систем точного землеробства, використання дронів, сенсорів, GPS-моніторингу та автоматизованої техніки від аграрних працівників вимагаються нові компетентності. Тому ефективність галузі значною мірою залежить від співпраці між практиками виробництва, наукою та освітою.

Висновки. Подолання дефіциту інженерів в аграрному секторі можливе лише через оновлення системи технічної освіти, залучення інноваційних методів підготовки та створення привабливого іміджу професії. Саме інженери нового покоління стануть рушіями сталого розвитку сільського господарства, впровадження «розумних» технологій і підвищення конкурентоспроможності аграрного виробництва.

Список використаних джерел

1. Камінський А. Проблемні аспекти формування кадрового потенціалу аграрних підприємств у період повоєнного відновлення. *Економіка та суспільство*. 2025. № 78. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-78-66>
2. Соцпортал. Аграрії повідомили, яких фахівців бракує галузі. URL: <https://socportal.info/ua/news/agrarii-povidomili-yakikh-fakhivtciv->

brakue-galuzi (дата звернення 03.11.2025).

3. Опанасенкко В. П., Самусь Т. В. Реалізація проектної технології під час вивчення педагогами професійного навчання технічних дисциплін циклу професійної підготовки. *Наукові інновації та передові технології* (Серія «Державне управління», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Психологія», Серія «Педагогіка»). 2022. № 9(11) 2022. С. 167–178.

4. Авраменко Є. В. Практика підготовки фахівців із агроінженерії до використання інноваційних технологій точного землеробства в аграрних підприємствах. *Інноваційні технології при підготовці фахівців агропромислового комплексу в умовах повоєнної розбудови України*: електронний зб. матеріалів Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. Біла Церква: БІНПО, 2023. С. 24–28.

5. Дереза О. О., Водяницький І. О. Неформальний професійний розвиток фахівців закладів вищої освіти. *Українські студії в європейському контексті*. 2024. № 9. С. 104–110.
<https://doi.org/10.31110/2710-3730/2024-9>

6. Дереза О., Водяницький І. Використання інструментів комунікації підготовки фахівців АПК під час війни. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Матеріали IV Міжнар. науково-практ. конф. (м. Запоріжжя, 1–25 листоп. 2022 р.)*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2022. С. 226–230.

Наукове видання

**Технічне забезпечення
інноваційних технологій в
агропромисловому комплексі**

*Матеріали
VII Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції
03-28 листопада 2025 р.*

*Відповідальний за випуск: Є. І. Ігнат'єв, ст. викладач кафедри
Експлуатації та технічного сервісу машин Таврійського державного
агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.*

Редактор: Є. І. Ігнат'єв.

Дизайн і верстка: А. С. Комар.

Адреси для листування:

69600, Україна, Запорізька обл., м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66

E-mail: tssapk@tsatu.edu.ua

Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/conf/>

**Редакційна колегія не несе відповідальності за зміст
представлених матеріалів**

© ТДАТУ, 2025