ЗБІРНИК ТЕЗ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

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

11 квітня 2025 року
м. Житомир

https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025



УДК 631.2:621.017:615.281:340(477)

https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025

Рекомендовано до друку
методичною радою Житомирського агротехнічного фахового коледжу
МОН України (протокол від 10.04.2025 р. № 6)

Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь. PTDSTSAMT-2025" з нагоди 30-річчя започаткування підготовки ОС "Бакалавр" за спеціальністю "Агроінженерія" 11 квітня 2025 року МОН України. Житомирський агротехнічний фазовий коледж. Житомир. 2025. 278 с. https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025.

Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference "Prospects and Trends in Development of Structures and Technical Service of Agricultural Machinery and Tools. PTDSTSAMT-2025." on occasion of the 30th anniversary of the initiation of the preparation of the Bachelor's Entity in the specialty "AgroEngineering". April 11, 2025. Ministry of Education and Science of Ukraine. Zhytomyr Agrotechnical Professional College. Zhytomyr. 2025. 278 p. https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів Житомирського агротехнічного фахового коледжу, провідних вітчизняних і закордонних закладів вищої освіти та наукових установ, в розглядаються завершені етапи розробок.

The collection presents abstracts of reports by scientific and pedagogical workers, researchers, postgraduates and students of the Zhytomyr Agrotechnical Professional College, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, which consider the completed stages of development.

Передрук або інше відтворення в будь-який формі в цілому або частково матеріалів, опублікованих у цьому віданні, дозволено лише за посиланням на джерело і дотриманням вимог законодавства

© Житомирський агротехнічний фаховий коледж 2025

ШАНОВНІ УЧАСНИКИ КОНФЕРЕНЦІЇ, КОЛЕГИ ТА ПРЕДСТАВНИКИ АГРАРНОГО СЕКТОРУ!



Щиро вітаю вас на XI Міжнародній науково-практичній конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь", яка цього року присвячена визначній події – 30-річчю бакалаврату зі спеціальності 208 Агроінженерія!

Тридцять років тому, у 1994 році, завдяки ініціативі директора коледжу Володимира Михайловича Юрчука та завідувача відділення Олександра Дмитровича Ілющенка, було відкрито освітній ступінь бакалавра на відділенні "Механізація сільського господарства". Це був сміливий і далекоглядний крок, що визначив розвиток агроінженерної освіти в нашому закладі.

Попри певні сумніви на початку, цей напрям підготовки міцно утвердився, і сьогодні ми з гордістю відзначаємо успішне проходження

акредитації зі спеціальності "Агроінженерія". Одним із чинників, що отримав високу оцінку експертної комісії, є впровадження штучного інтелекту в наші навчальні програми. Ця технологія модернізує освітній процес, відкриває нові горизонти в агроінженерії. Використання штучного інтелекту дозволяє студентам освоювати передові методи аналізу даних, прогнозування роботи техніки, автоматизації аграрних процесів. У перспективі це сприятиме підготовці фахівців, здатних працювати з цифровими системами, розумними машинами та роботизованими комплексами. Таким чином, агроінженерія майбутнього буде базуватися на поєднанні традиційного інженерного підходу та сучасних цифрових рішень, що підвищить ефективність і стійкість сільськогосподарського виробництва.

Основою успіху будь-якої освітньої програми є її науково-педагогічний потенціал. Наш навчальний заклад має потужну команду викладачів і науковців, які забезпечують високий рівень підготовки студентів, активно займаються науковими дослідженнями, впроваджують сучасні освітні технології та сприяють інноваційному розвитку агроінженерії. Їхній досвід, професіоналізм і відданість справі є гарантією того, що навчальний процес відповідає сучасним викликам і світовим тенденціям. Серед них:

- *доктор технічних наук, професор, академік АІНУ* ***Костянтин Вікторович Борак****,*
- *доктор технічних наук, професор, академік ТАН України* ***Володимир Васильович Рудзінський****,*
- *кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник, член-кореспондент ІАНУ* ***Станіслав Миколайович Герук****,*
- *кандидат технічних наук, доцент, член-кореспондент ТАН України* ***Сергій Володимирович Мельничук,***
- *кандидат технічних наук, доцент* ***Віталій Аркадійович Мамчур****,*
- *кандидат технічних наук* ***Андрій Петрович Довбиш****,*
- *кандидат технічних наук* ***Богдан Володимирович Ємець****,*
- *кандидат технічних наук* ***Володимир Олександрович Ломакін****,*
- *кандидат сільськогосподарських наук* ***Олександр Павлович Рябчук****,*
- *кандидат технічних наук* ***Сергій Михайлович Хоменко****,*
- *кандидат технічних наук* ***Андрій Миколайович Шостачук****.*

Важливу роль у розвитку відділення відіграє його нинішній завідувач – Віталій Григорович Руденко. Його високий професіоналізм, досвідченість та відданість справі сприяють зростанню рівня підготовки майбутніх фахівців. Колеги поважають його як компетентного керівника, а студенти – як наставника, що надихає на нові досягнення. Завдяки його керівництву відділення "Агроінженерія" досягло значних результатів і продовжує впевнено розвиватися. Важливу підтримку в цій справі надає молоде покоління викладачів: М. І. Шмалюк, Д. В. Герасимчук, Б. А. Сорока, І. О. Бучко, М. О. Кірієнко, С. С. Добранський. Завдяки їхній енергії, ініціативності та сучасному підходу до навчання відділення постійно оновлює освітні методики та впроваджує новітні технології в навчальний процес.

Значну роль у становленні та підтримці коледжу відіграють випускники, які сьогодні є успішними фахівцями й активно сприяють розвитку свого закладу. Зокрема, Олександр Уміньский(директор ТОВ "АВТОДОЗОР"), Андрій Уміньский (депутат міської ради, комерційний директор ТОВ "ДОЗОР Україна"), Ярослав Кебал (директор ТОВ "ВІТФОСС УА"), Олександр Зданевич (директор

ПП "Котлотех" та багато інших продовжують підтримувати коледж, надаючи студентам можливості для проходження практики, сприяючи модернізації матеріально-технічної бази, а також передаючи власний досвід майбутнім поколінням.

Окремо слід відзначити важливість національно-патріотичного виховання, яке завжди було невід'ємною складовою освітнього процесу в нашому навчальному закладі. Сьогодні Україна продовжує боротьбу за свою незалежність, і десятки наших випускників добровільно стали на захист Батьківщини. На жаль, 15 із них уже не повернуться додому… Їхній подвиг – це найвищий прояв патріотизму, відданості та любові до рідної землі. Ми шануємо їхню пам'ять та робимо все можливе, щоб виховати нове покоління гідних громадян, готових до викликів сучасності.

Шановні учасники конференції! Ви є фахівцями, які формують майбутнє агроінженерії, роблячи свій внесок у розвиток науки, техніки та виробничих процесів. Сьогодні ми зібралися, щоб поділитися результатами своїх досліджень, обговорити нагальні питання та визначити подальші вектори розвитку аграрної техніки та інженерії. Впевнений, що конференція стане платформою для продуктивного діалогу, народження нових ідей і зміцнення науково-професійних зв'язків.

Бажаю всім учасникам плідної роботи, цікавих дискусій, нових наукових звершень і конструктивної співпраці! Нехай ваші дослідження сприяють розвитку агроінженерної галузі та впровадженню інноваційних рішень у сільськогосподарське виробництво!

Микола Михайлович ТИМОШЕНКО,
директор Житомирського агротехнічного фахового коледжу,
професор, доктор економічних наук, доцент.

ШАНОВНІ ГОСТІ, ДОРОГІ ВИПУСКНИКИ, КОЛЕГИ!



Сьогодні ми зібралися разом, аби вшанувати важливу подію в житті нашого навчального закладу – 30-річчя бакалаврату зі спеціальності "Агроінженерія". Тридцять років – це історія, яка творилася спільною працею, мудрістю, ентузіазмом та вірою в значущість агроінженерної справи. Це роки становлення й пошуків, викликів і перемог, рішень і досягнень, які сформували обличчя нашої освітньої спільноти.

Протягом цих трьох десятиліть ми бачили, як змінюється світ, як стрімко розвиваються технології, як аграрна наука переходить на нові рівні. Але незмінною залишалась наша головна мета – готувати справжніх професіоналів, які вміють мислити сучасно, діяти рішуче, розуміти потреби сільського господарства та відповідати на виклики часу. Ми виховали покоління фахівців, які знають свою справу, щиро люблять її, дбають про землю та людей, що на ній працюють.

Нам приємно, що саме в цей день ми маємо честь приймати учасників XI Міжнародної науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь". Це є доповненням до нашого свята, це його смислове продовження. Адже саме в науковому пошуку, в обміні думками, у спільному прагненні вдосконалювати технічний сервіс та аграрну освіту народжується майбутнє. Щиро дякуємо кожному учасникові конференції! Ви – люди, що працюють на перетині науки й практики, майбутнього й сьогодення. Ваші дослідження та ідеї надихають, відкривають нові горизонти. Ваш професійний внесок у розвиток сільського господарства є неоціненним. Тому нехай ця конференція стане майданчиком для обміну досвідом, народження інноваційних ідей та налагодження міцних професійних зв'язків.

Шановні випускники! Сьогодні ми звертаємось до вас із особливими словами. Ваш шлях – частина великої історії Житомирського агротехнічного фахового коледжу. Ви були тими, хто починав, хто будував, хто мріяв і досягав. Ви – живий доказ того, що освіта, здобута тут, є надійним стартом у професійне життя. Ми раді, що серед вас є керівники підприємств, науковці, інженери, що впроваджують інновації, створюють робочі місця, змінюють аграрну сферу на краще.

Такі зустрічі, як сьогоднішня, – це повернення до витоків, до джерела сили. Це можливість знову відчути атмосферу студентських років, пригадати перші лекції, перші практики, перші труднощі й перемоги. Це шанс поділитися тим, чого досягли, і водночас – надихнути молодших колег, які тільки починають свій шлях. Так народжується жива традиція, яка об'єднує покоління і робить наш колектив по-справжньому сильним. Ми щиро вдячні вам за те, що не забуваєте рідний коледж. Ви приходите сюди як порадники, партнери, друзі. Ви допомагаєте розвивати матеріальну базу, ділитеся практичним досвідом, сприяєте підготовці фахівців нової генерації.

Сьогодні, коли Україна переживає суворе випробування війною, особливо гостро відчувається цінність єдності, знань і професійної відповідальності. Серед наших випускників є ті, хто боронить країну на передовій, хто працює в тилу, хто підтримує економіку, хто допомагає армії. Ви всі – герої нашого часу, приклад сили, гідності й стійкості. Ми схиляємо голови перед вашою мужністю, щиро дякуємо за кожен крок до нашої перемоги.

Нехай вам вистачить мудрості, наснаги й віри реалізовувати свої плани. Нехай не згасає прагнення до знань, до розвитку, до творення майбутнього. Пам'ятайте: двері нашого коледжу завжди відчинені для вас. Як рідна домівка чекає мандрівника з далеких доріг, так і ми завжди раді вас бачити – з новинами, з думками, з новими сенсами. Тут ваше коріння, тут ваша опора, тут те місце, де вас завжди зрозуміють та підтримають.

Віталій Григорович Руденко,
завідувач відділення "Агроінженерія".

ІСТОРІЯ ТА СЬОГОДЕННЯ ВІДДІЛЕННЯ "АГРОІНЖЕНЕРІЯ"

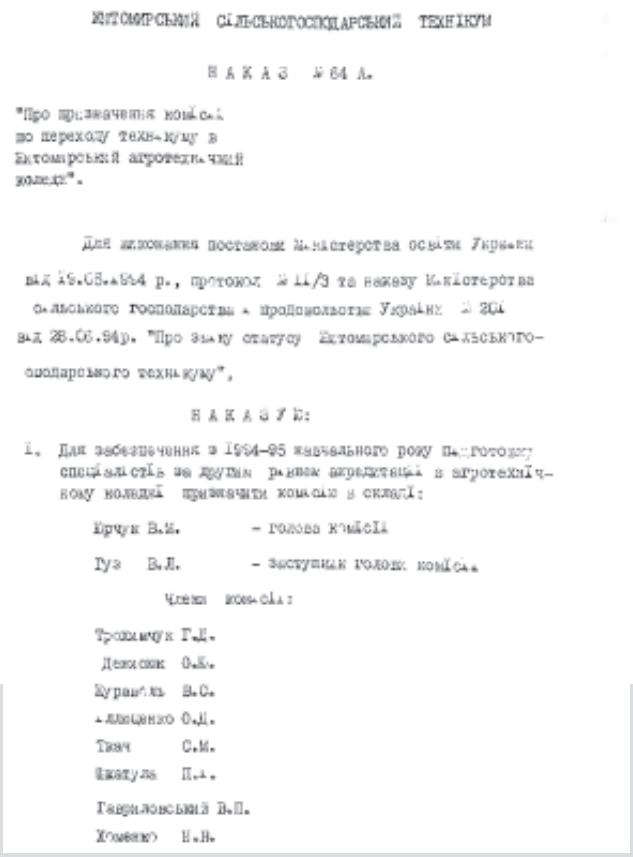
У самому серці мальовничого Полісся, серед освітніх осередків Житомирщини, гордо височіє Житомирський агротехнічний фаховий коледж – заклад, що понад століття формує фахівців для аграрної сфери. Його славна історія бере початок у 1922 році в селищі Крошня, де було засновано Крошенський садово-бджільничий технікум.



Штамп "Крошенський Садово-Бджільничий

Відтоді коледж пройшов шлях змін, розвитку та оновлення. У 1951 році було відкрито відділення "Механізація сільського господарства", яке стало фундаментом сучасного відділення "Агроінженерія". Тут почали готувати молодших техніків-механіків за спеціалізаціями: експлуатація машинно-тракторного парку в рільництві; ремонт сільськогосподарської техніки; експлуатація автомобільного транспорту в сільському господарстві.

Подальший розвиток навчального закладу визначили важливі рішення Міністерства сільського господарства та продовольства України та Міністерства освіти України. Відповідно до наказу №201 від 28 червня 1994 року та рішення Державної акредитаційної комісії (протокол №11/3 від 19 травня 1994 року) заклад отримав статус коледжу з правом провадження освітньої діяльності за другим рівнем акредитації. Відтак технікум був перейменований на Житомирський агротехнічний коледж. Заклад отримав ліцензію на підготовку бакалаврів за спеціальностями "Агрономія" та "Механізація сільського господарства", що стало визначним етапом у розбудові інженерно-технічної аграрної освіти регіону.



ЖИТОМИРСЬКИЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИЙ ТЕХНІКУМ

НАКАЗ № 64 А.

"Про призначення комісії по переходу техн-куму в Житомирський агротехнічний коледж".

Для виконання постанови Міністерства освіти України від 19.05.94 р., протокол № 11/3 та наказу Міністерства сільського господарства і продовольства України № 201 від 28.05.94р. "Про зміну статусу Житомирського сільськогосподарського технікуму",

НАКАЗУЮ:

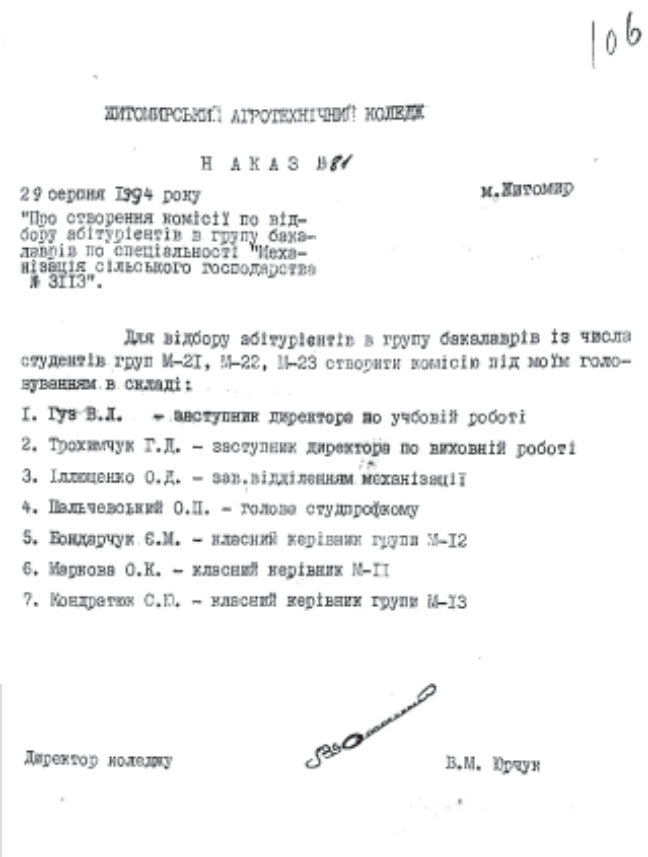
1. Для забезпечення в 1994-95 навчального року підготовки спеціалістів на другому рівні акредитації в агротехнічному коледжі призначити комісію в складі:

Юрчук В.М. – голова комісії

Гуз В.Л. – заступник голови комісії

Члени комісії:

Трохимчук Г.Д.
Денисюк О.К.
Курильчук В.С.
Іллюценко О.Д.
Тимч С.М.
Шакула П.А.
Гаврилівський В.П.
Хоменко Н.Н.



106

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ КОЛЕДЖ

НАКАЗ №81

29 серпня 1994 року м.Житомир

"Про створення комісії по відбору абітурієнтів в групу бакалаврів по спеціальності "Механізація сільського господарства № 3113".

Для відбору абітурієнтів в групу бакалаврів із числа студентів груп М-21, М-22, М-23 створити комісію під моїм головуванням в складі:

1. Гуз В.Л. – заступник директора по учбовій роботі
2. Трохимчук Г.Д. – заступник директора по виховній роботі
3. Іллюценко О.Д. – зав.відділенням механізації
4. Шальчевський О.П. – голова студпрофкому
5. Бондарчук Є.М. – класний керівник групи М-12
6. Мирнова О.К. – класний керівник М-11
7. Кондратюк С.П. – класний керівник групи М-13

Директор коледжу В.М. Юрчук

Перші накази, які свідчать про дату відкриття бакалаврату на відділенні "Механізація с-г".

Відділення "Агроінженерія" завжди вирізнялося потужною матеріально-технічною базою, висококваліфікованим педагогічним колективом та тісною співпрацею з підприємствами аграрного сектору. Сталий розвиток відділення забезпечувався ефективним управлінням і стратегічним баченням його керівників:

- **Олександр Дмитрович Ілющенко** (1964–1999 рр.) – один з найдосвідченіших керівників, який заклав основи інженерного підходу до освітнього процесу та зміцнив кадровий потенціал відділення;
- **Василь Семенович Журавель** (1999–2014 рр.) – приділяв велику увагу розвитку практичного навчання та впровадженню новітніх технологій у підготовку фахівців;
- **Костянтин Вікторович Борак** (2014–2018 рр.) – активно працював над модернізацією лабораторної бази та налагодженням співпраці з партнерами аграрного ринку;
- **Віталій Григорович Руденко**, який очолює відділення з 1 вересня 2018 року. Під його керівництвом відбувається послідовне оновлення змісту освіти, активне впровадження елементів дуальної форми навчання, а також розвиток проєктної та наукової діяльності студентів.

Розвиток відділення "Агроінженерія" був би неможливим без відданої праці педагогічного колективу. Вагомий внесок у зміцнення матеріально-технічної бази, організацію освітнього процесу та формування професійних традицій зробили заступник директора Володимир Лукич Гуз, завідувачі відділення Олександр Дмитрович Ілющенко і Василь Семенович Журавель, а також викладачі Євгеній Олександрович Пушкін, Євген Олександрович Бондарчук, Володимир Онисимович Кочубей, Ростислав Володимирович Каневський. Саме завдяки злагодженій роботі команди викладачів відділення тривалий час залишається одним із провідних осередків підготовки інженерно-технічних кадрів для аграрного сектору Полісся. Коледж неодноразово приймав делегації освітян і виробничників, які ознайомлювалися з методикою навчання, підходами до ремонту техніки, організацією практичного навчання та впровадженням новітніх освітніх технологій.

Розбудова інфраструктури відділення – окрема сторінка його історії. Було створено лабораторію сільськогосподарських машин, ремонтно-навчальну майстерню, сучасний лабораторний корпус, облаштовано автотрактородром. Усе це дозволяє забезпечити якісну підготовку майбутніх фахівців на практиці. Водночас велика увага завжди приділялася не лише навчанню, а й розвитку студентської ініціативи, творчості та командної роботи.



ІЛЮЩЕНКО
Олександр Дмитрович
(1964–1999 рр.)



ЖУРАВЕЛЬ
Василь Семенович
(1999–2014 рр.)



БОРАК
Костянтин Вікторович
(2014–2018 рр.)



РУДЕНКО
Віталій Григорович
(2018– рр.)

Відділення "Агроінженерія" зберігає та примножує кращі освітні традиції, забезпечує якісну професійну підготовку та виховує покоління відповідальних, освічених і патріотичних фахівців, які впевнено дивляться в майбутнє. Упродовж десятиліть відділення підготувало кілька тисяч фахівців, які працюють у різних регіонах України та за її межами, упроваджують інноваційні технології в агровиробництво. Випускники відділення працюють як у приватному бізнесі, так і на державній службі, обіймають керівні посади, займаються науковими дослідженнями, викладають у закладах освіти, зберігаючи зв'язок з рідним коледжем.

У перші роки існування відділення було створено гурток технічної творчості. Особливо активну діяльність він розгорнув під керівництвом заслуженого вчителя України Пушкіна Є. О. Учасники гуртка створили десятки макетів, стендів, дослідних зразків сільськогосподарських машин. Сьогодні ці традиції підтримуються через організацію конкурсів фахової майстерності для студентів робітничих професій, зокрема в номінаціях "Водій категорії С" та "Тракторист-машиніст сільськогосподарського виробництва".



Викладач Кочубей В. О. проводить оцінювання однієї із вправ обласного конкурсу фахової майстерності "Тракторист-машиніст сільськогосподарського виробництва"



Директор В. М. Юрчук, заступник директора В. Л. Гуз та заслужений вчитель Є. О. Пушкін знайомлять з технічними розробками студентів делегації керівників області на чолі з депутатом Верховної Ради СРСР, Героєм Соціалістичної Праці, Першим секретарем Житомирського обласного комітету партії В. М. Кавуном.

Доброю традицією залишається проведення конкурсу фахової майстерності з робітничих спеціальностей "Водій категорії "С", "Тракторист-машиніст сільськогосподарського виробництва".

Сьогодні відділення "Агроінженерія" в коледжі – це поєднання багаторічного досвіду викладачів, молодої енергії студентів і орієнтації на сучасні виклики аграрної освіти. Тут реалізуються прикладні дослідження, оновлюються освітні програми, розширюється співпраця з підприємствами галузі. Наразі за цією спеціальністю навчається 420 студентів денної та 112 – заочної форми. Незважаючи на демографічні виклики, останні роки демонструють стабільне зростання контингенту, що свідчить про довіру абітурієнтів і роботодавців до якості підготовки, яку забезпечує професійна команда викладачів.

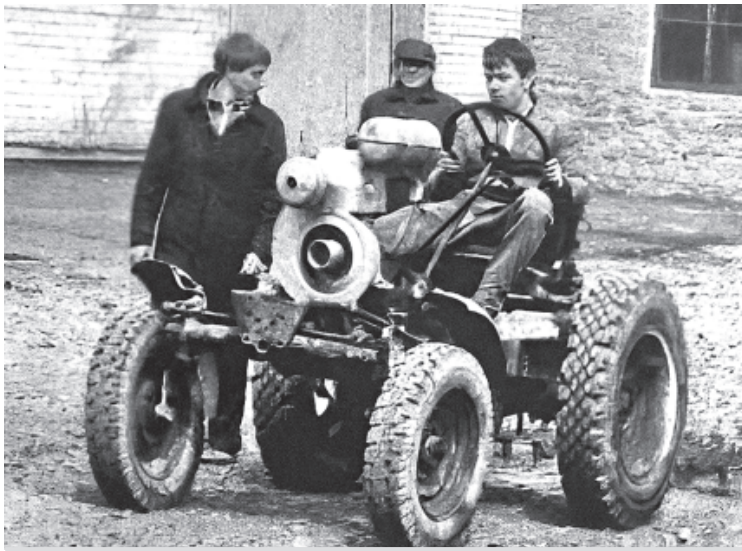
Навчання за спеціальністю "Агроінженерія" в Житомирському агротехнічному фаховому коледжі поєднує якісну теоретичну підготовку з набуттям практичних навичок і здобуттям робітничих професій. Студенти мають можливість отримати посвідчення водія категорій "В" і "С", а також кваліфікацію тракториста-машиніста категорій "А", "В", "С".

Такий підхід забезпечує конкурентоспроможність студентів на ринку праці вже під час навчання. Практична складова освітнього процесу включає стажування, активну участь у виставках сільськогосподарської техніки, ознайомчі візити на профільні підприємства, зустрічі з роботодавцями, а також знайомство з новітніми досягненнями аграрної галузі.

Освіта здійснюється як за державним замовленням, так і на контрактній основі. Для юнаків, які планують поєднати фахову підготовку з військовою службою, відкрито можливість навчан-



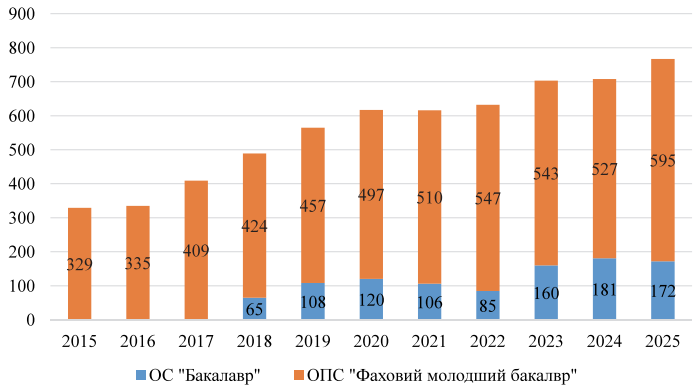
Лабораторія сільськогосподарських машин



Студенти відділення випробовують власноруч виготовлений експериментальний міні-трактор



Директор коледжу М. М. Тимошенко та викладачі відділення "Агроінженерія" з переможцями обласного конкурсу фахової майстерності "Тракторист-машиніст сільськогосподарського виробництва"



Динаміка зміни кількості студентів на відділенні "Агроінженерія" протягом останніх 10 років (станом на 1 січня 2025 р.).



Студент О. М. Можаровський під час про-ходження виробничо-технологічної практики в ТОВ "Райз-Полісся", Овруцький район, Житомирська область



Викладачі С. М. Герук, М. І. Шмалюк, С. С. Добранський на "Дні поля" (вересень 2017 року).

готовки та складання присяги випускники отримують звання "молодший лейтенант" і право служити у Збройних силах України.

Спеціальність "Агроінженерія" – це потужна платформа, де інтегруються сучасні технології, глибокі знання, інженерна творчість, науковий пошук, любов до рідної землі та відданість національним цінностям. Саме тут формується нове покоління аграріїв – висококваліфікованих фахівців, ініціативних лідерів і свідомих громадян своєї країни. Завдяки самовідданій праці таких відданих фахівців, як Володимир Лукич Гуз, Лариса Петрівна Веремій, Володимир Петрович Гавриловський, Валерій Володимирович Нольда, Олександр Дмитрович Ілющенко, Василь Семенович Журавель, Костянтин Вікторович Борак, Євгеній Олександрович Пушкін, Євгеній Олександрович Бондарчук, Володимир Онисимович Кочубей, Ростислав Володимирович Каневський, Олександр Миколайович Гуцалюк, Іван Никифорович Рожошенко, Анатолій Станіславович Лімонт – відділення стало справжнім флагманом підготовки інженерних кадрів у Поліському регіоні.

У 2018 році в структурі відділення з'явилася кафедра "Автомобільний транспорт". Вона стала продовженням розвитку інженерного напряму та відкрила нові можливості для студентів. Наявність ліцензії Міністерства освіти і науки України дозволяє здійснювати підготовку фахівців освітніх рівнів "фаховий молодший бакалавр" та "бакалавр". Очолює кафедру кандидат технічних наук, доцент Сергій Володимирович Мельничук. До складу кафедри входять такі науковці: доктор технічних наук, професор Володимир Васильович Рудзінський, кандидати технічних наук Богдан Володимирович Ємець, Володимир Олександрович Ломакін та інші висококваліфіковані фахівці.

Не менш потужно представлена сьогодні й кафедра "Агроінженерія", де працюють такі науковці: доктор технічних наук, професор Костянтин Вікторович Борак; кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник, член-коре-



Практичне навчання з демонстрацією сільськогосподарської техніки для повного циклу обробітку грунту та вирощування с. -г. культур "Битва титанів".

спондент Інженерної академії наук України Станіслав Миколайович Герук; кандидат технічних наук Сергій Михайлович Хоменко. Вони діляться знаннями, формують покоління фахівців, здатних мислити масштабно та діяти ефективно.

Окрема гордість – міжнародне партнерство. Відділення активно співпрацює з компаніями *John Deere, Valtra Valmet, Case, Massey Ferguson*, а також з вітчизняними лідерами сільськогосподарського машинобудування: ПАТ "Ельворті", ВАТ "Велес-Агро ЛТД", ВАТ "ХТЗ", НПП "Білоцерковмаз". Під час виробничих практик на цих підприємствах студенти та викладачі освоюють передові технології, вивчають інноваційні підходи, а найкращі випускники отримують запрошення на роботу.

Матеріально-технічна база відділення постійно зміцнюється. За останні роки оновлено лабораторії сільськогосподарських машин, матеріалознавства, створено сучасну ремонтну майстерню. Практичні заняття проводяться на базі коледжу, а також у провідних підприємствах Житомирської, Вінницької та Київської областей.

Студенти старших курсів мають унікальну можливість проходити міжнародну практику в таких країнах, як Німеччина, Франція, Польща, Нідерланди, Норвегія, США та Швейцарія. Завдяки чому вони отримують безцінний досвід і безпосередньо ознайомлюються з принципами функціонування сучасного сільського господарства в умовах розвинених країн.

Разом із фаховою підготовкою важливою є й виховна робота. Відділення сприяє формуванню в студентів почуття національної гідності, любові до Батьківщини, відповідальності за її майбутнє.

Пропаганда здорового способу життя, участь у спортивних заходах, патріотичні ініціативи стали нормою для колективу викладачів і студентів.



Виїзне практичне заняття в Київській обл., Бориспільському районі, с. Велика Олександрівка на базі ТОВ "Агро-Регіон".



Представники відділення на виробничих потужностях ПАТ "Ельворті"



Студент відділення В. Р. Шикалов виконує обов'язки заступника директора коледжу у День самоврядування (2017 р.).



Учасник конкурсу "Студент року-2017" В. В. Левчук



Змагання серед викладачів та студентів "Богатирські ігри" (жовтень 2016 р.)



Команда студентів та викладачів перед фінальним і переможним запливом на спортивному фестивалі "Поліський дракон" (27 вересня 2016 р.).



Товариська гра між студентами та викладачами коледжу (жовтень 2016 р.)



Команда студентів та викладачів, переможці на спортивному фестивалі "Поліський дракон" (27 вересня 2016 року)

Найбільша гордість відділення "Агроінженерія" – це його випускники, адже саме вони є свідченням якості освіти, цінностей та ідеалів, які формуються в стінах коледжу. Серед них – успішні керівники аграрних підприємств, талановиті науковці, авторитетні викладачі, інженери-практики, які щоденно втілюють знання в реальні зміни.



Олександр УМІНСЬКИЙ
Директор
ТОВ "Автодозор"



Андрій УМІНСЬКИЙ
Депутат міської ради, капітан
Збройних Сил України,
директор ТОВ "Дозор Україна"



Ярослав КЕБАЛ
Директор
ТОВ "Вітфосс УА"

Проте окреме місце в серці нашої коледжанської родини займають ті, хто зробив найбільшу жертву – віддав життя за незалежність України. Від початку повномасштабної збройної агресії російської федерації багато наших випускників стали до лав захисників, обравши шлях честі, мужності й самопожертви. Ми з невимовним болем, глибокою шаною та вдячністю згадуємо Героїв, які загинули, відстоюючи свободу рідної землі. Їх імена назавжди вписані в історію коледжу, як символи патріотизму, гідності й незламного духу.



ВОЙТКО
Дмитро
Володимирович
1987–2024
м. Житомир

Випускник
відділення
"Механізація с/г"

Героїчно загинув,
виконуючи свій
військовий
обов'язок



ВОЛЬСЬКИЙ
Олексій
Станіславович
2001–2023
с. Стара Рудня
Пулинський району

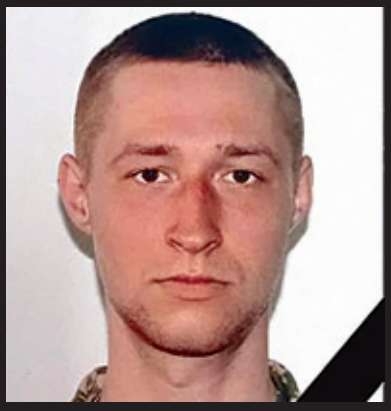
Випускник
відділення
"Агроінженерія"



ГОРКУША
Сергій
Михайлович
1995–2024
м. Житомир

Випускник 2014р.
відділення
"Механізація с/г"

Загинув під час
виконання бойового
завдання поблизу
н.п. Рівнопіль
Донецька області.



ГРІНЧУК
Олексій
Сергійович
2000–2022
с. Криве
Попільнянської ОТГ

Випускник
2020 року
відділення
"Агроінженерія"

Героїчно загинув
захищаючи
Батьківщину біля
Бахмуту Донецької
області



ДЕНЕСЮК
Павло
Олександрович
1978–2022
с. Барашівка
Житомирської ОТГ

Випускник відділення "Механізація с/г"

Загинув визволяючи смт Макарів

Нагороджений нагрудним знаком "За оборону Донецького аеропорту"



ДОМАШИН
Юрій Григорович
1969–2022
Довбиська ОТГ

Випускник 1988 року відділення "Механізація с/г"

Героїчно загинув захищаючи Батьківщину в бою за Херсонщину



ЖУРБЕНКО
Ярослав
Валентинович
2001–2024

Народицька громада

Вступ 2016, відрахований 2019. Поновлений 2022 на заочне відділення, закінчив 2023.



ЗАКАЛЮЖНИЙ
Микола
Миколайович
1979–2023

м. Коростень

Випускник 2009 року відділення "Механізація с/г"

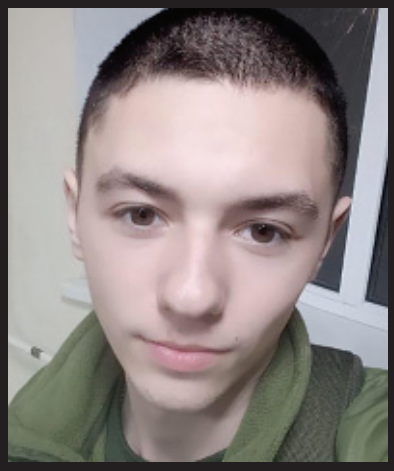
Героїчно загинув



ЗЛОЦЬКИЙ
Богдан
Костянтинович
1988–2023
смт Ружин
Бердичівського
району

Випускник 2009 року відділення "Механізація с/г"

Героїчно загинув під Авдіївкою на Донеччині



КОВАЛЕНКО
Ігор Сергійович
2000–2022

м. Житомир

Випускник 2021 року відділення "Агроінженерія"

Героїчно загинув в бою за Україну



КОНЦЕДАЙЛО
Сергій
Миколайович
2002–2022

Випускник 2022 року відділення "Агроінженерія"

Героїчно загинув у бою біля н.п. Новомихайлівська Донецької області



ЛОГУНОВ
Ігор Георгійович

Випускник 2008 року відділення "Механізація с/г" заочної ф.н.

Героїчно загинув захищаючи Україну в Херсонській області Бериславський ОТГ н.п. Високопілля



МАЙСТРОВ
Сергій
Михайлович
1972–2022

Випускник заочного відділення 1999 року

Героїчно загинув визволяючи смт Макарів Бучанської ОТГ



МАКШАЄВ
Павло
Олександрович
1968–2023

м. Житомир

Випускник 1993 року відділення "Механізація с/г" заочної ф.н.



НУЖДА
Іван Вікторович
1991–2024

м. Житомир

Випускник 2011 року відділення "Механізація с/г"

Відданий справі захисту Батьківщини героїчно загинув на Донеччині під час виконання бойового завдання



ОСЕЦЬКИЙ
Віктор
Олександрович
1983-2022

с. Забріддя Черняхівський район

Випускник відділення "Агроінженерія"

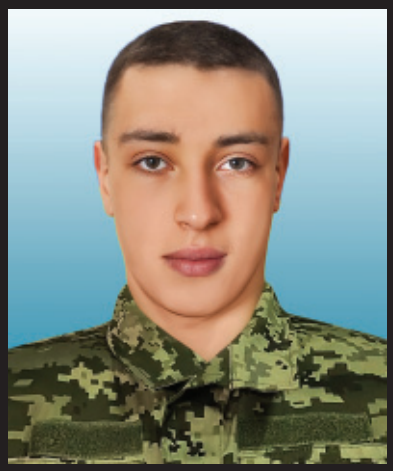


ПАЛІЙ
Микола Юрійович
1987–2022

с. Селянщина Черняхівської ОТГ

Випускник 2007 року відділення "Механізація с/г"

Героїчно загинув на передовій, повертаючись із бойового завдання



ПЕТРУХА
Євгеній
Вікторович
2001–2022

м. Житомир

Випускник 2020 року відділення "Агроінженерія"

Героїчно загинув захищаючи Україну



СЕНЮК
Юрій Тарасович
1986–2022

м. Житомир

Випускник 2006 року відділення "Механізація с/г"

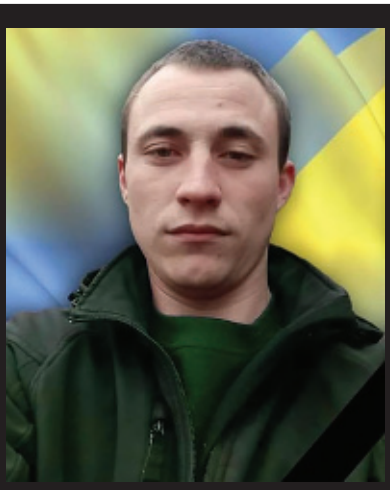
Героїчно загинув захищаючи Україну



СІДЛЕЦЬКИЙ
Яків Іванович
1998–2024

с. Гринівці Любарський район

Випускник 2017 року відділення "Агроінженерія"



СУХИЙ
Віталій
Андрійлвич
1995–2023

смт Черняхів

Випускник 2015 року відділення "Механізація с/г"

Героїчно загинув в районі населеного пункту Гряниківка Куп'янського району Харківської області в бою за Україну



ТОПОЛЬНИЦЬКИЙ
Олег Григорович
1976–2022

м. Житомир

Випускник 1996 року відділення "Механізація с/г"

Героїчно загинув обороняючи Україну у бою біля села Червона гора на Донеччині

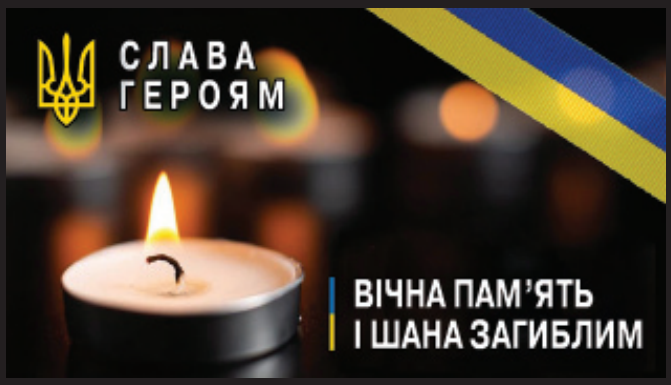


ШАРАПАТО
Костянтин
Валер'янович
1978–2023

м. Житомир

Випускник 1997 року відділення "Механізація с/г"

Героїчно загинув вірний військовій присязі, внаслідок важкого артилерійського обстрілу



Сьогодні відділення "Агроінженерія" – це живий організм, що пульсує енергією знань, праці й натхнення. Тут формуються професіонали, особистості з активною громадянською позицією, готові приймати виклики часу. Історія, що твориться в наших аудиторіях, лабораторіях та майстернях – це історія стійкості, постійного зростання, щирої любові до рідної землі й прагнення змінити країну на краще. Саме в нашому коледжі зароджується майбутнє українського аграрного сектору – в обличчях тих, хто мріє, навчається, працює й бореться за Україну.

Ми з глибокою повагою зберігаємо славні традиції минулого, з натхненням працюємо в сьогоденні й з твердою вірою дивимось у майбутнє – майбутнє вільної, процвітаючої України, яку творять наші студенти, випускники та викладачі.

СПИСОК ВИПУСКНИКІВ ОС "БАКАЛАВР" ДЕННА ФОРМА НАВЧАННЯ

1998 рік випуску

Куратор Райковська Галина Олексіївна

1 Антонюк Олексій Анатолійович
2 Бігун Олександр Аполінарович
3 Гнатюк Василь Васильович
4 Гончарук Андрій Васильович
5 Демчик Сергій Віталійович
6 Жидецький Олександр Георгійович
7 Іваницький Костянтин Григорович
8 Кравчук Юрій Миколайович
9 Лихотворик Сергій Сергійович
10 Лучицький Ігор Леонідович
11 Олійник Віктор Миколайович
12 Патлай Василь Вікторович
13 Петрук Дмитро Іванович
14 Процак Андрій Миколайович
15 Романенков Олексій Сергійович
16 Рябокуч Сергій Валерійович
17 Сіренко Герман Георгійович
18 Цуканов Ярослав Вікторович
19 Шмалюк Микола Іванович

1999 рік випуску

Куратор Мартинюк Анна Харитонівна

1 Андреев Андрій Іванович
2 Андріець Сергій Анатолійович
3 Бенедик Руслан Олександрович
4 Бондаренко Сергій Васильович
5 Боримський Стрвніслав Каральович
6 Будяк Борис Миколайович
7 Довбиш Михайло Петрович
8 Жила Андрій Валерійович
9 Іванов Сергій Сергійович
10 Колосович Леонід Антонович
11 Латюк Ігор Васильович
12 Лівіцький Віктор Броніславович
13 Ляшенко Олександр Анатолійович
14 Мамула Ігор Васильович
15 Мелешко Юрій Олександрович
16 Митюк Богдан Анатолійович
17 Остринський Руслан Станіславович
18 Перегуд Оксана Антонівна
19 Підпокровний Костянтин Володимирович
20 Побережний Василь Васильович
21 Прокопчук Василь Іванович
22 Ребець Сергій Петрович
23 Рудницький Богдан Анатолійович
24 Шульгатов Віталій Іванович



2000 рік випуску

М-51Б

Куратор Пасічник Володимир Миколайович

1 Бенисюк Павло
2 Більський Микола
3 Бондарчук Руслан
4 Валько Олександр
5 Деревицький Василь
6 Дідківський Михайло
7 Залевський Олег
8 Кичук Роман
9 Латашевич Андрій
10 Латашевич Олексій
11 Лихотворик Володимир
12 Лінійчук Руслан
13 Мельничук Олександр
14 Мончаківський Павло
15 Оніщук Віталій
16 Пасічник Олександр
17 Присяжнюк Віктор
18 Савчук Сергій
19 Сташкевич Володимир
20 Тарабукін Павло
21 Тарасюк Сергій
22 Ходаківський Сергій
23 Цирубалко Сергій
24 Чернецький Михайло
25 Ярмолюк Олександр

2002 рік випуску

Куратор Крошко Наталія Валентинівна

1 Андрієць Андрій Анатолійович
2 Венгловський Віталій Вікторович
3 Герасимчук Юрій Миколайович
4 Голуб Олександр Миколайович
5 Горецький Святослав Анатолійович
6 Гуров Юрій Іванович
7 Давидюк Олег Миколайович
8 Дух Сергій Миколайович
9 Захарчук Юхим Михайлович
10 Землюк Вадим Володимирович
11 Ігнатюк Юрій Антонович
12 Ковпац Віктор Михайлович
13 Козловський Павло Сергійович
14 Колюк Микола Миколайович
15 Кононенко Валерій Олександрович
16 Кравчук Олександр Федорович
17 Лінов Олександр Миколайович
18 Мальков Сергій Володимирович
19 Подорожній Віталій Олександрович
20 Радченко Богдан Петрович
21 Рудзей Руслан Леонідович
22 Сочнєв Андрій Вікторович
23 Стельмашук Михайло Сергійович
24 Тимошенко Валентин Анатолійович
25 Томашевський Андрій Іванович
26 Шарук Михайло Юрійович

2003 рік випуску

М-51Б

Куратор Коновалова Вікторія Анатоліївна, Єпіфанцева Галина Семенівна М-51БСП

1 Гінайло Юрій Степанович
2 Дроб'яз Олександр Миколайович
3 Зданевич Олександр Леонідович
4 Козлюк Віктор Георгійович
5 Кострица Роман Леонідович
6 Лаговський Роман Васильович
7 Ляшенко Олег Анатолійович
8 Макеєнко Максим Олександрович
9 Марчук Дмитро Вікторович
10 Можаровський Віталій Петорвич
11 Нацевич Віталій Степанович
12 Окрушко Олександр Анатолійович
13 Першко Олександр Петрович
14 Ревуцький Андрій Вікторович
15 Слободинюк Максим Петрович
16 Степанчук Олександр Борисович
17 Умінський Анатолій Валентинович
18 Умінський Андрій Володимирович
19 Умінський Олександр Володимирович
20 Хлоп'яник Олександр Володимирович
21 Шваб Віталій Петрович
22 Шиманський Руслан Анатолійович
23 Ярош Роман Васильович

М-52БСП

Куратор Смаглій Надія Прокопівна М-52БСП

1 Борщик Яков Володимирович
2 Гижицький Юрій Володимирович
3 Денісов Олександр Васильович
4 Дутковський Юрій Анатолійович
5 Коровчук Олександр Петрович
6 Коструба Олексій Миколайович
7 Куликівський Микола Миколайович
8 Левицький Ігор Миколайович
9 Лінчук Олександр Петрович
10 Опальчук Олександр Петорвич
11 Осадчов Віктор Вікторович
12 Осипчук Олександр Васильович
13 Павлюк Сергій Валентинович
14 Сікач Богдан Сергійович
15 Філоненко Ярослава Юрійович
16 Цалко В'ячеслав Вікторович
17 Ярощук Олександру Сергійовичу

2004 рік випуску

М-51Б

Куратор Пушкін Євгеній Олександрович
М-51Б

1 Башинська Олена Володимирівна
2 Бежевець Максим Олександрович
3 Білецький Леонід Володимирович

4 Бугайчук Вадим Васильович
5 Вальчук Василь Васильович
6 Вальчук Василь Васильович
7 Войтенко Сергій Володимирович
8 Гончаров Юрій Олександрович
9 Грищенко Олександр Анатолійович
10 Гурч Олександр Ярославович
11 Довгалюк В'ячеслав Віталійович
12 Ільюк Іван Васильович
13 Кальчук Ярослав Іванович
14 Карабанов Віталій Павлович
15 Ковальчук Віталій Анатолійович
16 Костюк Олександр Васильович
17 Кучерявий Олександр Васильович
18 Левківський Дмитро Олександрович
19 Миколайчук Юрій Євгенійович
20 Мудрієвський Олексій Ігорович
21 Онищенко Олександр Володимирович
22 Поліщук Леонід Леонідович
23 Поп Андрій Олександрович
24 Рождественський Сергій Володимирович
25 Рудківський Юрій Вікторович
26 Сингаєвський Василь Володимирович
27 Степанець Ярослав Павлович
28 Сушинський Денис Валерійович
29 Тернопільський Євген Васильович
30 Тищенко Сергій Віталійович

2005 рік випуску

М-51Б

Куратор Мамчур Петро Аркадійович М-51Б

1 Вербицький Сергій Вікторович
2 Гаврилюк Олександр Сергійович
3 Горницький Олександр Валентинович
4 Давидюк Олексій Миколайович
5 Дацик Дмитро Володимирович
6 Добринюк Олександр Миколайович
7 Залевський Андрій Віталійович
8 Касаткін Дмитро Сергійович
9 Кебал Ярослав Володимирович
10 Кислий Юрій Володимирович
11 Козак Володимир Дем'янович
12 Козловець Юрій Миколайович
13 Кузьмінчук Вадим Михайлович
14 Любиченко Олександр Степанович
15 Мірошніченко Максим Ігорович
16 Мойсієнко Олександр Миколайович
17 Омельчук Сергій Анатолійович
18 Орликівський Михайло Анатолійович
19 Павицький Володимир Іванович
20 Прус Олег Вікторович
21 Рудий Юрій Валентинович
22 Савчук Богдан Володимирович
23 Сідов Олександр Володимирович
24 Стаднюк Андрій Петрович
25 Тимошик Віталій Миколайович
26 Ткачук Олександр Володимирович
27 Фидра Віктор Олександрович
28 Шульз Георгі Володимирович
29 Яструбенко Андрій Сергійович

2006 рік випуску

М-51Б

Куратор Можаровський Сергій Володимирович М-51Б

1 Алєксєєнко Валерій Васильович
2 Антонюк Богдан Миколайович
3 Бухело Юрій Володимирович
4 Василевський Олексій Віталійович
5 Гаєвський Микола Анатолійович
6 Герасімов Вадим Віталійович
7 Ігнатюк Олександр Анатолійович
8 Камінський Юрій Георгійович
9 Крижановський Ярослав Віталійович
10 Ксюковський Олександр Владиславович
11 Куліш Віталій Вікторович
12 Курило Максим Едуардович
13 Кушнір Микола Вікторович
14 Мельничук Андрій Андрійович
15 Окрушко Віталій Дмитрович
16 Пастовенський Віталій Дмитрович
17 Передерій Денис Віталійович
18 Сідлецький Ігор Олегович
19 Сосула Олег Валерійович
20 Тимошенко В????? ячеславов Анатолійович

2007 рік випуску

М-51Б

Куратор Бондарчук Євген Михайлович М-51Б

1 Андрієнко Олександр Володимирович
2 Беляк Євген Анатолійович
3 Бочковський Сергій Леонідович
4 Васьковський Андрій Станіславович
5 Гаврилюк Віталій Володимирович
6 Гаєвський Микола Олександрович
7 Грищенко Олександр Петрович
8 Гудим Станіслав Сергійович
9 Дрогушевський Володимир Олександрович
10 Кирилюк Анатолій Миколайович
11 Колесніков Віктор Валерійович
12 Корж Дмитро Олександрович
13 Кравчук Віктор Леонідович
14 Кравчук Микола Михайлович
15 Ліневич Олександр Дмитрович
16 Макарчук Сергій Іванович
17 Маліновський Віталій Анатолійович
18 Мисляцький Юрій Володимирович
19 Мороз Сергій Дмитрович
20 Нідзелик Руслан Віталійович

21 Передерій Юрій Віталійович
22 Саклаківський Леонід Станіславович
23 Сохальський Андрій Петрович
24 Шараніч Іван Сергійович
25 Швецов Аскольд Володимирович
26 Якимчук Дмитро Григорович
27 Ярмолюк Владислав Іванович

М-52Б

Куратор Ємець Богдан Володимирович
М-52Б

1 Андросович Віталій Володимирович
2 Антонюк Дмитро Петрович
3 Барановський Олександр Володимирович
4 Бахур Сергій Миколайови
5 Гавур Василь Леонідович
6 Грабарчук Андрій Сергійович
7 Духновський Василь Васильович
8 Жець Ігор Миколайович
9 Миронюк Віталій Сергійович
10 Невмержицький Сергій Володимирович
11 Нечипоренко Віктор Миколайович
12 Опальчук Сергій Петрович
13 Парфьонов Ростислав Юрійович
14 Піткевич Олександр Володимирович
15 Степанчук Ярослав Іванович
16 Трохін Сергій Валентинович
17 Щербаков Сергій Сергійович
18 Пащенко Андрій Валерійович
19 Нанівський Дмитро В'ячеславович
20 Палійчук Михайло Сергійович
21 Семенюк Олег Анатолійович

2008 рік випуску

М-51Б

Куратор Пушкін Євгеній Олександрович
М-51Б

1 Власюк Андрій Володимирович
2 Войтко Дмитро Володимирович
3 Гребенчук Микола Володимирович
4 Грищенко Валентин Володимирович
5 Данильчук Руслан Вікторович
6 Добранський Сергій Станіславович
7 Книшевич Максим Михайлович
8 Колибаба Євген Васильович
9 Кот Андрій Олександрович
10 Малишев Євген Володимирович
11 Оліхновський Олександр Віталійович
12 Свірський Максим Миколайович
13 Сидоров Анатолій Дмитрович
14 Скиба Олександр Миколайович
15 Шуляр Михайло Михайлович
16 Білошицький Євген Юрійович
17 Сафонов Олександр Леонідович
18 Зданов Дмитро Вікторович
19 Соботніцький Анатолій Вікторович
20 Ііізяк Віталій Володимирович



М-52Б

Куратор Каневський Ростислав Володимирович М-52Б

1 Аверін Павло Васильович
2 Божимський Сергій Петрович
3 Вовченко Володимир Станіславович
4 Гущин Юрій Борисович
5 Деркач Максим Сергійович
6 Ільчук Ярослав Васильович
7 Каленченко Олександр Іванович
8 Кіщенко Олександр Валерійович
9 Корзун Олексій Іванович
10 Наумчук Олег Володимирович
11 Перепелиця Ігор Петрович
12 Поліщук Дмитро Євгенович
13 Римарчук Олександр Сергійович
14 Сердюк Микола Петрович
15 Сорочинський Павло Васильович
16 Шмуйло Павло Михайлович
17 Іванкевич Михайло Леонідович
18 Ревуцький Олексій Романович
19 Герасимчук Дмитро Васильович
20 Мельник Сергій Олександрович
21 Сіран Віталій Михайлович
22 Ярошенко Сергій Петрович

2009 рік випуску

М-41Б

Куратор Кравчук Андрій Віталійович М-41Б

1 Бабич Микола Костянтинович
2 Балогуц Дмитро Анатолійович
3 Бойко Олександр Ігорович
4 Бондарчук Вадим Анатолійович
5 Бубенко Олег Вікторович
6 Бурлак Віталій Сергійович
7 Бутович Максим Володимирович
8 Войтицький Віталій Вікторович
9 Горкуша Олександр Леонідович
10 Грабовський Андрій Іванович
11 Дикий Денис Олегович
12 Дикий Олег Олегович
13 Журба Ярослав Миколайович
14 Затолюк Андрій Васильович
15 Іщук Володимир Іванович
16 Коваль Юрій Миколайович
17 Кот Руслан Сергійович
18 Кучер Ігор Олександрович
19 Лепікаш Віктор Володимирович
20 Любінецький Олександр Геннадійович
21 Мельник Іван Вадимович
22 Нагребельний Микола Павлович
23 Островський Вадим Юрійович
24 Прохоренко Олексій Олексійович
25 Рибак Олександр Сергійович
26 Стельмах Дмитро Андрійович
27 Степанюк Костянтин Костянтинович
28 Шака Андрій Петрович
29 Шваб Сергія Анатолійовича
30 Шевчук Дмитро Михайлович
31 Шевчук Олег Миколайович
32 Шмигельський Іван Іванович
33 Шумило Юрій Георгійович
34 Юрик Олександр Вікторович



2010 рік випуску

М-41Б

Куратор Можаровський Сергій Володимирович М-41Б

1 Барановський Вадим
2 Білецький Сергій Іванович
3 Борис Максим Миколайович
4 Василенко Віктор Іванович
5 Велікдус Микола Володимирович
6 Воробей Олександр Миколайович
7 Гергало Віктор Миколайович
8 Гурковський Микола В'ячеславович
9 Зданевич Віталій Леонідович
10 Каленчук Іван Петрович
11 Ковальчук Олег Петрович
12 Косатий Сергій Васильович
13 Кикла Сергій Анатолійович
14 Лашевич Віктор Сергійович
15 Лісовський Дмитро Іванович
16 Новіцький Віталій Станіславович
17 Осипчук Олексій Юрійович
18 Приходько Роман Васильович
19 Серпутько Вадим Вікторович
20 Хромов Максим Володимирович
21 Заблоцький Сергій Геннадійович

2011 рік випуску

ПМО-41б

Куратор Смаглій Надія Прокопівна ПМО-41Б

1 Гаврилюк Олексій Сергійович
2 Гусаченко Микола Анатолійович
3 Данилюк Володимир Вікторович
4 Дорожкевич Руслан Ігорович
5 Іскоростенський Володимир Анатолійович
6 Коржовський Володимир Олексійович
7 Кулибаба Сергій Іванович
8 Лебедівський Віктор Васильович
9 Матюхін Андрій Сергійович
10 Остапчук Максим Петрович
11 Пясківський Роман Володимирович
12 Приходько Олександр Володимирович
13 Рублюк Віталій Володимирович
14 Рябчук Володимир Анатолійович
15 Стоцький Сергій Миколайович
16 Твердохліб Ігор Олександрович
17 Туровський Дмитро Олександрович
18 Яковенко Андрій Олександрович

2012 рік випуску

ПМО-41б

Куратор Лазаренко Інеса Станіславівна ПМО-41Б

1 Боденчук Андрій Валерійович
2 Бондарчук Вадим Юрійович
3 Войналович Петро Володимирович
4 Волинець Віталій Миколайович
5 Воронов Олександр Віталійович
6 Гаврилюк Андрій Олександрович
7 Грищук Св'ятослав Сергійович
8 Жека Анатолій Григорович
9 Коробко Олександр Валентинович
10 Максимчук Антон Васильович
11 Семенюк Василь Іванович
12 Серпутько Ігор Вікторович
13 Сирота Олександр Олександрович
14 Темніков Дмитро Анатолійович
15 Трохимчук Максим Юрійович
16 Шадура Юрій Олегович



2019 рік випуску

Аі(Б)-2стн

Куратор Лазаренко Інеса Станіславівна
Аі(Б)-2стн

1 Бевз Олексій Сергійович
2 Данілевський Віталій Вікторович
3 Кірієнко Микола Олександрович
4 Кудинський Анатолій Сергійович
5 Кравчук Денис Олександрович
6 Лаптош Юрій Сергійович
7 Левківський Олександр Олегович
8 Ліщук Анатолій Вадимович
9 Марчук Іван Вікторович
10 Неверець Євген Олександрович
11 Папіровник Ігор Сергійович
12 Прищепа Богдан Володимирович
13 Самчик Руслан Віталійович
14 Сінько Валерій Максимович
15 Степанюк Микола Вячеславович
16 Сягровець Вадим Володимирович
17 Ткачук Ігор Юрійович
18 Ткачук Микита Сергійович
19 Філатов Олександр Юрійович

2020 рік випуску

Аі-2бстн

Куратор Герук Станіслав Миколайович
Аі-2бстн

1 Бондаренко Богдан Михайлович
2 Волинець Андрій Олександрович
3 Гірш Андрій Федорович
4 Демчук Іван Іванович





5 Захарецький Микола Анатолійович
6 Іванченко Михайло Дмитрович
7 Козловець Сергій Валентинович
8 Матушевський Ярослав Леонідович
9 Ніконенко Ігор Ігорович
10 Ніконенко Юрій Петрович
11 Оніховський Микола Олексійович
12 Солохненко Ігор Юрійович
13 Хватов Артем Олександрович
14 Циганчук Микола Володимирович
15 Черепанський Сергій Петрович
16 Сінько Валерій Максимович

2021 рік випуску

Аі-2бстн

Куратор Веремій Тамара Борисівна
Аі-2бстн

1 Ваховський Роман Миколайович
2 Вовнюк Дмитро Володимирович
3 Вонсович Ярослав Миколайович
4 Герасимчук Олександр Леонідович
5 Гудзюк Руслан Геннадійович
6 Гуменний Костянтин Леонідович
7 Жигун Сергій Андрійович
8 Загребельний Олександр Павлович
9 Іванюк Віталій Сергійович
10 Івашко Михайло Васильович
11 Іващенко Богдан Миколайович
12 Іващук Олександр Володимирович
13 Кобилинський Микола Валерійович
14 Корзун Назар Олександрович
15 Кур'ята Дмитро Вікторович
16 Куц Павло Петрович
17 Куц Петро Петрович
18 Левчук Володимир Вікторович
19 Лукашевич Роман Борисович
20 Майчук Віталій Валентинович
21 Мельничук Ярослав Сергійович
22 Прокопенко Богдан Григорович
23 Рибій Андрій Андрійович
24 Сорока Богдан Андрійович
25 Халімовський Святослав Анатолійович
26 Шикалов Василь Русланович
27 Юхимець Іван Олексійович
28 Яковенко Сергій Олександрович

2023 рік випуску

Аі-3бстн

Куратор Добранський Сергій Станіславович
Аі-3бстн

1 Браславська Марія Олександрівна
2 Возніченко Вадим Юрійович
3 Дев`ятко Дмитро Валерійович
4 Донсков Олексій Сергійович
5 Дрозд Микола Васильович
6 Заречний Віталій Сергійович
7 Лахай Богдан Сергійович
8 Павлюк Дмитро Олександрович
9 Подік Роман Валерійович
10 Поліщук Костянтин Васильович
11 Попель Олександр Олегович
12 Серпутько Андрій Миколайович
13 Силенко Володимир Сергійович
14 Тарасенко Владислав В`ячеславович
15 Чигрин Євгеній Олеговича
16 Чижук Володимир Вячеславович
17 Янко Богдан Олегович

2024 рік випуску

Аі-3бстн

Куратор Мамчур Віталій Аркадійович
Аі-3бстн

1 Банцер Олександр Ігорович
2 Бондарчук Владислав Олександрович
3 Боровський Іван Володимирович



4 Гнатюк Ярослав Миронович
5 Грицун Віталій Петрович
6 Гришкун Дмитро Павлович
7 Єсипенко Павло Богданович
8 Зданевич Дмитро Русланович
9 Зінченко Роман Олегович
10 Іщук Артем Олегович
11 Кадошніков Ярослав Вадимович
12 Кіслий Артем Іванович
13 Комісарчук Олександр Вікторович
14 Лайчук Анатолій Володимирович
15 Литвинчук Олександр Васильович
16 Марчинський Віталій Олександрович
17 Морозов Олександр Вікторович
18 Орел Віталій Петрович
19 Островський Володимир Леонідович
20 Перков Владислав Вікторович
21 Петриковець Микола Ілліч
22 Поліщук Богдан Валерійович
23 Руденко Артем Андрійович
24 Рудзінський Леонід Броніславович
25 Савчук Віталій Сергійович
26 Сенчило Максим Васильович
27 Смик Віктор Сергійович
28 Унжаков Богдан Станіславович
29 Чмир Богдан Русланович
30 Юренок Євгеній Олександрович
31 Яворський Дмитро Павлович
32 Журавський Олексій Васильович





СПИСОК ВИПУСКНИКІВ ОС "БАКАЛАВР"
ЗАОЧНА ФОРМА НАВЧАННЯ

Рік випуску – 2020

1 Антонюк Назар Олександрович
2 Арель Віктор Іванович
3 Башинський Максим Володимирович
4 Безверхий Валерій Владиславович
5 Більський Вадим Анатолійович
6 Бойко Денис Володимирович
7 Бондаренко Валентин Сергійович
8 Бондарчук Дмитро Володимирович
9 Ващук Юрій Володимирович
10 Войнов Олег Валерійович
11 Горкуша Юрій Сергійович
12 Зайчук Олександр Миколайович
13 Іванов Костянтин Віталійович
14 Ігнатенко Назар Олександрович
15 Карпенко Микола Олександрович
16 Кравчук Сергій Володимирович
17 Криволапчук Віталій Іванович
18 Кулініч Андрій Григорович
19 Куліш Сергій Володимирович
20 Курилко Максим Володимирович
21 Лавренюк Олесандр Володимирович
22 Лапко Максим Іванович
23 Лех Денис Олегович
24 Мамедов Василь Юрійович
25 Матвієнко Андрій Володимирович
26 Нацевич Артем Анатолійович
27 Олександрович Олександр Павлович
28 Олійник Юрій Миколайович
29 Остапчук Сергій Віталійович
30 Островський Андрій Віталійович
31 Пономаренко Олег Олександрович
32 Рокитенець Віталій Олександрович
33 Савін Євгеній Валентинович
34 Самчук Дмитро Сергійович
35 Сутковий Олександр Віталійович
36 Тетера Віталій Олександрович
37 Чернов Тарас Юрійович
38 Чорноус Денис Олександрович

Рік випуску – 2021

1 Алієв Олег Ібрагімович
2 Багінський Андрій Віталійович
3 Безверхий Андрій Олександрович
4 Бондарчук Володимир Михайлович
5 Гаврилюк Денис Вікторович
6 Герасименко Олег Миколайович
7 Герасимов Віталій Олександрович
8 Гоменюк Олексій Юрійович
9 Гузь Олександр Олександрович
10 Дем'янчук Максим Валерійович
11 Дуб Богдан Олегович
12 Жулінський Олександр Віталійович
13 Залізняк Вячеслав Вікторович
14 Калько Михайло Іванович
15 Ковнацький Денис Олександрович
16 Коломійчук Роман Геннадійович
17 Копач Дмитро Володимирович
18 Кучмій Ярослав Іванович
19 Кушим Роман Васильович
20 Лірник Ярослав Олегович
21 Людвік Владислав Олегович
22 Міняйло Ігор Васильович
23 Мороз Андрій Олексійович
24 Невмержицький Вадим Олександрович
25 Олійник Олег Олександрович
26 Панасюк Назар Олегович
27 Прохорчук Микола Анатолійович
28 Розбицький Олександр Леонідович
29 Савіцький Віктор Володимирович
30 Самборський Антон Анатолійович
31 Седляр Олександр Миколайович
32 Семенчук Олександр Олександрович
33 Сенчило Артем Миколайович
34 Симонов Дмитро Володимирович
35 Сідлецький Яків Іванович
36 Ткаченко Ярослав Іванович
37 Шевчук Андрій Олександрович
38 Юрковський Сергій Сергійович
39 Юрчук Андрій Володимирович

Рік випуску – 2023

1 Бондарчук Владислав Русланович
2 Вельгас Богдан Юрійович
3 Городковий Ярослав Володимирович
4 Гуменюк Роман Васильович
5 Дармограй Максим Олександрович
6 Дрозд Микола Васильович
7 Козяр Олександр Миколайович
8 Мельниченко Владислав Вікторович
9 Моргалюк Іван Сергійович
10 Оксенчук Андрій Сергійович
11 Самотій Денис Федорович
12 Усатий Данііл Денисович
13 Фещенко Іван Григорович
14 Христюк Андрій Миколайович
15 Цирюк Володимир Янович
16 Шевчук Вадим Іванович

Рік випуску – 2024

1 Гиндич Кирило Кирилович
2 Денисюк Ігор Сергійович
3 Дзюблюк Андрій Віталійович
4 Кулик Олег Володимирович
5 Марчинський Володимир Олександрович
6 Пилипчук Олексій Олександрович
7 Ковпак Дмитро Андрійович
8 Усатий Данііл Денисович

Організаційний комітет конференції

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

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

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

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

Члени оргкомітету

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

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

Борак Костянтин Вікторович – доктор технічних наук, доцент, академік АІНУ, заступник директора з навчальної роботи Житомирського агротехнічного фахового коледжу.

Братішко Вячеслав Вячеславович – доктор технічних наук, професор, декан механіко-технологічного факультету НУБіП України.

Войтов Віктор Анатолійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортних технологій та логістики Держаного біотехнологічного університету.

Герук Станіслав Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник, чл. -кор. ІАН України, завідувач кафедри агроінженерії Житомирського агротехнічного фахового коледжу.

Голуб Геннадій Анатолійович – доктор технічних наук, професор, академік АІНУ, професор кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Відповідальний секретар:
Сорока Богдан Андрійович



Стан та перспективи розвитку машин для рослинництва



Стан та перспективи розвитку машин для рослинництва



Технічний сервіс та надійність машин



Енергетика, енергетичні засоби електротехнології та автоматизації



Закономірності процесів тертя та зношування деталей сільськогосподарської техніки



Транспортний процес в АПК

А. О. Загурський,
Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна.

ГАЛЬМІВНІ СИСТЕМИ ТА ЧИННИКИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ

Основна вимога, що висувається до гальмівних систем це забезпечення максимального контролю водія над транспортним засобу під час його руху, плавної зупинки автомобіля, а також найменші час і відстань гальмування в небезпечних ситуаціях. Аналізуючи процес гальмування автомобіля, можна виявити, що він поділений на два основні етапи. Перший етап – це фаза реакції водія на прийняття рішення про гальмування, яка у середньому становить від 0,5 до 2 секунд. Відстань, створена за цей час, називається дистанцією реакції. Другий етап – від початку гальмування до повної зупинки автомобіля. Відстань, пройдена за час гальмування, називається "гальмівним шляхом", який розраховується за формулою [1]:

$$S = \left(t_p + t_t + \Delta t_{ny}\right)\frac{v}{3{,}6} - 1{,}6\phi t_з^2 + \frac{(v_1 - 17{,}7\phi t_з^2)}{254\phi} \quad (1)$$

де

t_p – тривалість реакції водія, с;

$t_з$ – тривалість запізнювання дії гальмівного приводу, с;

Δt_{ny} – тривалість росту кривої уповільнення; приведення в дію гальм, с;

φ – коефіцієнт зчеплення з дорогою;

υ – швидкість руху транспортного засобу, м/с.

Ефективність гальмування та забезпечення курсової стійкості автомобіля залежить від низки чинників, серед них основними є:

– розподіл гальмівних сил по вісях;

– постійне високе значення коефіцієнта зчеплення коліс з покриттям;

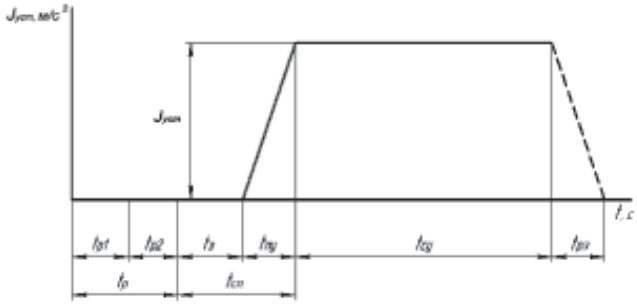


Рис. 1. Гальмівна діаграма автомобіля: t_p – тривалість реакції водія; t_{cn} – тривалість спрацьовування гальмівної системи; t_{cy} – тривалість гальмування зі сталим уповільненням; $t_{рз}$ – тривалість розгальмування

– нормальне навантаження на вісь; справність підвіски й гальмівних механізмів та їх коректне налаштування.

Вимоги до гальмівних систем та гальмівних властивостей автомобілів регламентуються Правилами Єдиної Економічної комісії ООН № 13 від 2008 року. Проте основним фактором, що впливає на гальмування автомобіля, залишається коефіцієнт зчеплення з дорогою [2].

З *таблиці 1* видно, що менший коефіцієнт зчеплення сприяє збільшенню гальмівного шляху, збільшенню відповідного часу гальмування та вищої ймовірності нещасного випадку при гальмуванні. При цьому стан дорожнього покриття теж суттєво впливає на процес гальмування. Відповідно гальмівні диски автомобіля повинні мати відмінні гальмівні характеристики, щоб відповідати потребам автомобіля у гальмуванні у різних дорожніх умовах.

Таблиця 1

Залежність коефіцієнта зчеплення, гальмівного шляху та швидкості руху.

Дорога	Коефіцієнт адгезії	Швидкість (км. год.) 10	20	30	40	50	60	70
Крижані дороги, глиниста пустка	0,2-0,3	2	7,9	17,7	31,5	49,2	70,8	96,4
Мокрий асфальт та бетон	0,3-0,4	1	3,9	8,8	15,7	24,6	35,4	48,2
Суха гравійна дорога	0,6-0,7	0,7	2. 6	5,9	10,5	16,4	23,6	32,1
Сухий асфальт або бетон	0,7-0,8	0,6	2. 2	5	9	14	20. 2	27,5

Гальмівний механізм призначений для створення гальмівного моменту, необхідного для уповільнення і зупинки автомобіля. На автомобілях встановлюються фрикційні гальмівні механізми, робота яких заснована на використанні сил тертя [3].

В даний час існує кілька типів гальм в залежності від сфери застосування: барабанні, дискові, стрічкові та конічні. Найбільш поширення у техніці мають перші два типи *(рис 2)*.

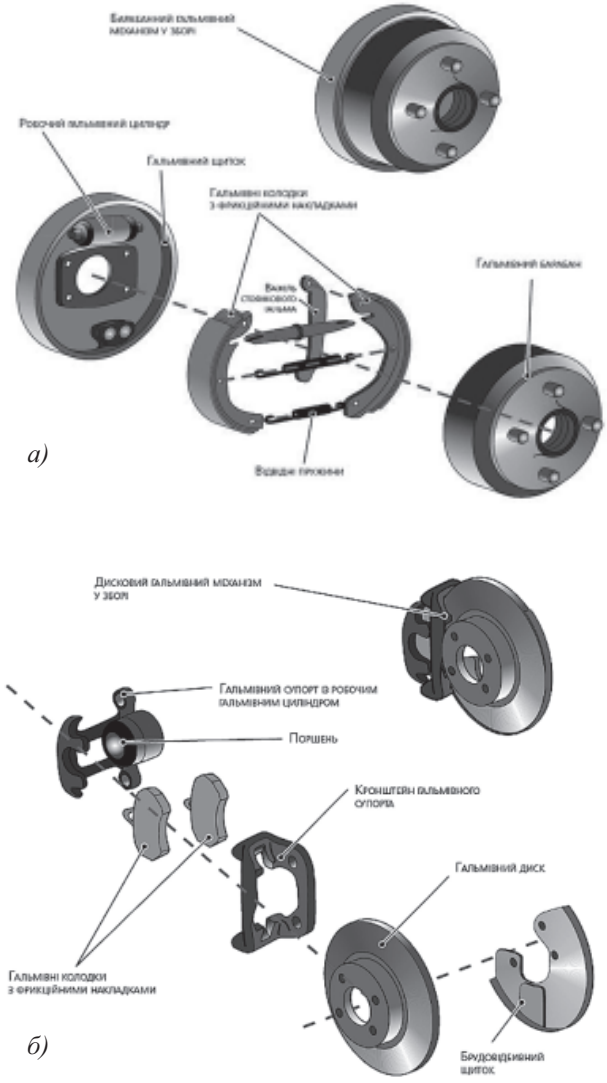


Рис. 2 **Приклади гальмівних механізмів:**
а) барабанний; б) дисковий.

Досвід експлуатації таких гальм свідчить, що у найважчих умовах роботи знаходиться фрикційна пара (накладки та диск). Деталі та вузли пари тертя у процесі гальмування піддаються впливу багатьох зовнішніх чинників. Тому при гальмуванні можуть одночасно виникати статичні, динамічні, теплові навантаження.

Характеризуючи процес тертя фрикційної пари можна виділити і згрупувати три основні класи факторів, що найбільш впливають на нього:

1. Фізико-хіміко-механічні властивості тертя матеріалів та геометрія контактування поверхонь.

2. Експлуатаційні характеристики режиму тертя (навантаження, швидкість, температура поверхні тертя, довкілля).

3. Конструктивні особливості вузла тертя (площа тертя, взаємне перекриття поверхонь, форма та розмір контактуючих елементів пари тертя, жорсткість конструкції тощо).

Список використаних джерел

1. Сосик А. Ю. Шляхи зменшення тривалості спрацьовування гальмівної системи під час екстреного гальмування автомобіля. Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2014. № 1. 61-66.

2. Li, W.; Yang, X.; Wang, S.; Xiao, J.; Hou, Q. Comprehensive Analysis on the Performance and Material of Automobile Brake Discs. Metals 2020, 10, 377. https://doi. org/10. 3390/ met10030377.

3. Meng Y, Xu J, Ma L et al. A review of advances in tribology in 2020-2021. Friction, 2022, 10(10): 1443-1595

О. М. Загурський,
Національний університет біоресурсів і природокористування України. м. Київ, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Управління ланцюгами постачань є одним з основних джерел формування конкурентних переваг вітчизняних аграрних компаній. Відповідно аналіз їх ефективності та удосконалення основних процесів (у тому числі і логістичних) є головним завданням менеджменту підприємства [1]. Перспективним напрямом в оцінці ефективності ланцюгів постачань з погляду розвитку науково-методологічної бази є моделі вимірювання цінності компанії, які дозволяють в тому числі й відстежити вплив транспортних операцій на фінансову діяльність компанії.

Найбільш популярними з них є [2]:

1. Загальні логістичні витрати (TLC – total logistic scosts).
2. Модель стратегічного прибутку (модель Дюпона).
3. Показники управління вартістю компанії (EVA, MVA, SVA).
4. Грошова додана вартість CVA (Cash Value Added).
5. Концепція RAVE. TM

З їх допомогою виявляються чинники, що визначають здатність ланцюга краще і дешевше за своїх конкурентів задовольняти вимоги споживачів. Не зважаючи на різноманіття цих чинників загальним у всіх моделей є прагнення до зниження запасів та підтримання оптимального економічного розміру замовлення.

Модель оптимального економічного розміру замовлення EOQ, більш відома як модель (формула) Уілсона, забезпечує мінімальну величину сумарних витрат і дає можливість мінімізувати видатки на зберігання запасу та їх замовлення. Розрахунковий механізм моделі EOQ засновано на мінімізації сукупних операційних та логістичних витрат на закупівлю й утримання запасів на підприємстві [3]. Вона дозволяє оптимізувати пропорції між цими двома групами витрат так, щоб сукупна їх сума була мінімальною. Для цього використовується формула, що має вигляд:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times C}{З^1_{хр}}} \qquad (1)$$

де:

EOQ – оптимальний середній об'єм партії постачання сировини, матеріалів, тощо;

D – об'єм виробничого споживання сировини та матеріалів за період;

C – середня вартість розміщення одного замовлення на постачання сировини та матеріалів;

$З^1_{хр}$ – середня вартість зберігання одиниці виробничого запасу за період.

Зі зростанням середнього розміру однієї партії постачання товарів знижуються операційні витрати на розміщення замовлення і зростають операційні витати на утримання запасів на складі підприємства (і навпаки).

Разом з тим окрім визначених характеристик, істотний вплив на процес формування та постачання замовлення роблять і показники транспортування, а саме: собівартість і продуктивність перевезень аграрної продукції. Собівартість пов'язана з маршрутом та числом їздок. Вона показує ефективність використання різних моделей рухомого складу. Економічно ефективний і кращий той рухомий склад, у якого дана величина буде мінімальною [4].

До повної собівартості автомобільних перевезень входять витрати на транспортування $S_т$, які враховуються автотранспортними підприємствами, виконання експедиторських послуг $S_е$, навантажувально-розвантажувальні роботи $S_{нр}$ та дорожня складова $S_а$:

$$S_П = S_т + S_е + S_{нр} + S_а \qquad (2)$$

Собівартість перевезень, що враховується в АТП, складається із витрат, пов'язаних з рухом автомобіля та простоєм його у пунктах навантаження/розвантаження:

$$S_T = \frac{\sum C_{вит\ 1\ їзд}}{P_{їзд}(W_{їзд})}, \qquad (3)$$

де:

$\sum C_{вит\ 1\ їзд}$ – сума витрат за їздку;

$P_{їзд}(W_{їзд})$ – обсяг перевезень або виконана транспортна робота за їздку.

Сума витрат за їздку складається із змінних та постійних витрат.

$$\sum C_{вит\ 1\ їзд} = \sum C_{змін} + \sum C_{пос}. \qquad (4)$$

$C_{змін}$ та $C_{пос}$ залежать від вантажопідйомності автомобіля.

Залежності ці лінійні та мають вигляд:

$$C_{змін} = a_{змін} + b_{змін} \times q \times \gamma_{СТ}; \qquad (5)$$

$$C_{пос} = a_{пос} + b_{пос} \times q \times \gamma_{СТ}. \qquad (6)$$

де:

$a_{змін}$ і $b_{змін}$ – постійні коефіцієнти (параметри) залежності $C_{змін} = f(q\gamma_{СТ})$;

$a_{пост}$ і $b_{пост}$ – постійні коефіцієнти (параметри) залежності $C_{пост} = f(q\gamma_{СТ})$;

q – вантажопідйомність автомобільного транспортного засобу, т;

$\gamma_{СТ}$ – статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу.

Продуктивність же навпаки, включає технічні параметри маршруту і представлена такими показниками, як середній час завантаження/розвантаження, вантажопідйомність автотранспортних засобів, тощо. Вона розраховується за формулою:

$$p = \frac{q_a \times y_c \times \beta \times V_{TA}}{L_{CA} + \beta \times V_{TA} \times t_{н/р}} \quad (7)$$

де:

q_a – вантажопідйомність автомобіля, т;

y_c – коефіцієнт статистичної вантажопідйомності;

β – коефіцієнт використання пробігу (<= 1);

V_{TA} – технічна швидкість автомобіля, км/год;

L_{CA} – запланована відстань перевезень, км;

$t_{н/р}$ – час навантаження/розвантаження автомобіля, год.

Відповідно, якщо відомі тип товару, його обсяг та вантажопідйомність транспортного засобу, можна розрахувати середню швидкість – $V_{ср}$ та час завантаження/розвантаження– $t_{н/р}$.

На основі цих даних можна оцінити час доставки (Т) одного замовлення

$$T = L/V_{ср.} + t_{н/р} \quad (8)$$

Виходячи з часу доставки, отримуємо розмір транспортного тарифу в грн. за годину. Слід зазначити, що при транспортуванні на великі відстані (особливо швидкопсувних харчових продуктів), транспортна складова через необхідність використовувати спеціалізовані транспортні засоби (ізотерми та рефрижератори) набуває особливої значущості, так як вона може значно перевищувати інші складові загальних витрат ланцюга постачань (в окремих випадках до 50 % собівартості продукту) [5].

Тому якщо середню вартість розміщення одного замовлення C на постачання сировини, матеріалів можна представити як суму середніх операційних витрати на розміщення замовлення та середніх логістичних витрати на транспортування C_1, як групу витрат, які є невід'ємною частиною будь-якого замовлення, тоді оптимальний розмір партії (модель *EOQ*) може бути знайдений за формулою:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2D(C_0 + C_m)}{З^1_{хр}}} \quad (9)$$

Запропонований підхід дозволяє зв'язати складові моделей ефективності управління запасами, у ланцюгах постачань аграрної продукції зокрема моделі *EOQ* з продуктивністю транспортного процесу і як наслідок включити в них параметри транспортування технічного характеру:

$$C_m = 2y \times (\frac{L}{V_{ср}} + t_{н/р}) \times g = \frac{kygL}{V_{ср}} + kygt_{н/р} \quad (10)$$

де:

y – коефіцієнт використання пробігу;

k – кількість їздок за один маршрут;

g – тариф, грн. /год.

У показник C_m входить добуток транспортної роботи і транспортного тарифу, що дозволяє перейти до економічного і вартісного вираження результату. Транспортна робота, в свою чергу, представлена такими показниками, як середній час завантаження/розвантаження та вантажопідйомність автотранспортних засобів.

Таким чином, формула для розрахунку транспортних витрат (Cm) включає в себе суттєві параметри транспортування технічного характеру, які необхідно враховувати при плануванні ланцюга постачань аграрної продукції і визначенні оптимального розміру замовлення.

Список використаних джерел

1. Загурський О. М. Управління ланцюгом постачань: підручник. Київ: ФОП Ямчинський О. В., 2023. 333.

2. Zagurskyi O., Pokusa T., Zagurska S., Ohiienko M., Titova L., Rogovskii I. Ohiienko A., Razumova K., Berezova L. Current trends in development of transport and logistics systems of delivery of fast perishable foodstuffs. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021, 238.

3. Zagurskyi O., Pokusa T., Duczmal M., Ohiienko M., Zagurska S., Titova L., Rogovskii I. Ohiienko A. Supply chain logistics service system: methods and models of its optimization. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2022; 192.

4. Zagurskiy O., Savchenko L., Makhmudov I., Matsiuk V. Assessment of socio-ecological efficiency of transport and logistics activity. Proceedings of 21st International Scientific Conference Engineering for Rural Development 25-27. 05. 2022 Jelgava, LATVIA. 543-550.

5. Дьомін О. А., Загурський О. М. Транспортні технології в аграрному виробництві: Навчальний посібник. Київ: ФОП Ямчинський О. В., 2021. 465.

А. В. Новицький,
к. т. н., доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна.

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ

В зв'язку з жорстокою конкуренцією, що склалася на світовому ринку з виробництва засобів для приготування і роздавання кормів (ЗПРК), значно зросли вимоги, що формуються до змішувачів-кормороздавачів у сфері ефективності експлуатації [1, 2]. Як показує аналіз літературних джерел, виробники вказаного сектору машин та обладнання для тваринництва використовують прогресивні конструктивні рішення, нові матеріали і сучасні технології виготовлення [1, 2].

Разом з тим, як показує аналіз керівних матеріалів на використання ЗПРК, більшість з них приділяє недостатньо уваги щодо задекларованого рівня надійності зазначених машин та напрямів забезпечення справності та працездатності [3]. До складу зазначених засобів входять самохідні та причіпні змішувачі-кормороздавачі закордонних фірм: Siloking та Strautmann (Німеччина); KUHN (Франція); Delaval (Швеція); Trioliet (Нідерланди); Roto-mix (США); Seko (Італія).

Оцінити фактичний рівень надійності змішувачів-кормороздавачів PROFILE 12. 2 DS та PROFILE 14. 2 DS (KUHN, Франція) та сформувати завдання для подальшого розвитку та удосконалення можна на основі детального вивчення даних, які отримані за результатами випробувань та спостережень за їх роботою в умовах експлуатації [3, 5]. Вихідною інформацією для проведення досліджень стали статистичні дані про використання змішувачів-кормороздавачів в умовах тваринницьких ферм України [4, 5].

Особливий інтерес представляє готовність складних технічних систем, якими є машини та обладнання сільськогосподарського виробництва до використання на протязі життєвих циклів. Реалізацію цих наукових підходів відображено в статтях, в яких не лише охарактеризовані показники надійності в умовах експлуатації, але також встановлені показники безвідмовності та ремонтопридатності кормодробарок та подрібнювачів кормів [6, 7], транспортно-технологічних машин [8]; машинно-тракторних агрегатів [9], комбайнів [10], ґрунтообробної техніки [11].

В останні роки виникла проблема дослідження функціонування та забезпечення працездатності складних технічних систем "людина-машина". Переважна більшість досліджень за вказаною тематикою спрямована на розв'язання наступних проблем:

– оцінка та прогнозування надійності виробів на етапах проєктування з використанням апріорних методів досліджень;

– експериментальна оцінка показників надійності за результатами випробувань або ж експлуатації на основі апостеріорних методів;

– оптимізація стратегій технічного обслуговування і ремонтування машин;

– оптимальне використання резервування для забезпечення надійності.

Науковий і практичний інтерес представляють наукові роботи, в яких представлено використання системного аналізу та аналітичних методів досліджень для забезпечення надійності засобів для приготування і роздавання кормів як складних технічних систем "людина-машина" [12, 13].

Автори наукових робіт [12, 13] зазначають, що ефективність функціонування та відновлення працездатності машин для завантаження кормів зі сховища та змішувачів-кормороздавачів залежить від досвіду та професійних якостей операторів, детального вивчення технічного стану робочих органів механізмів.

В подальших наукових роботах планується розглянути аналітичні методи оцінки та забезпечення надійності змішувачів-кормороздавачів як складних технічних систем "людина-машина". Передбачається сформувати заходи для зменшення імовірності виникнення відмов в залежності від впливу складової "оператор" із врахування підвищення кваліфікації та професійного рівня персоналу.

Список використаних джерел

1. Ma P. B., Li L. Q., Wen B. Q., Xue Y. H., Kan Z., Li J. B. (2020). Design and parameter optimization of spiral-dragon type straw chopping test rig. Int J Agric & Biol Eng; 13(1): (pp. 47-56).

2. Fuyang, T., Yuhua, C., Zhanhua, S., & Yinfa, Y. (2020). Finite element simulation and performance test of loading and mixing characteristics of self-propelled total mixed ration mixer. Journal of Engineering, 12, (pp. 1-15). doi: 10. 1155/2020/6875816.

3. Новицький А. В., Харьковський І. С., Новицький Ю. А. (2021). Моніторинг технічного стану сільськогосподарської техніки за керівними матеріалами на її експлуатацію. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Vol. 12, No 4. P. 85-93.

4. Novitskiy, A., Banniy, O., Novitskyi, Yu., & Antal, M. (2023). A study of mixer-feeder equipment operational reliability. Machinery & Energetics, 14(4), 101-110. https://doi. org/10. 31548/machinery/4. 2023. 101.

5. Novitskiy, A., Banniy, O., Novitskyi, Yu., Kharkovskyi, I., & Antal, M. (2024). Examination of maintainability indicators of feed preparation and distribution products. Machinery & Energetics, 15(4), 47-57. https://doi. org/10. 31548/machinery/4. 2024. 47.

6. Khmelovskyi Vasyl, Vasylenko Roman, Rebenko Victor, Potapova Svitlana (2024). Intensification of stem material shredding process. Engineering for rural development. pp. 714-720. Jelgava. Latvia. DOI:10. 22616/ERDev. 2024. 23. TF088

7. Revenko Ivan, Khmelovskyi Vasyl, Revenko Yulii, Rebenko Victor, Potapova Svitlana (2023). Justification of parameters affecting increase of hammer crusher productivity. Engineering for rural development. 24-26. 05. 2023 Jelgava. (pp. 714-720).

8. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D.,...& Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on harrington's desirability function. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 1 (3 (127). – P. 37-46. https:/ /dspace. kntu. kr. ua/handle/123456789/13874.

9. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash, S. A., Melnyk V. I., Nuretdinov D. I., Vornacheva I. V. (2021). Design of landing of assembly machine building units with circulating load rolling bearing rings. Journal of Physics: Conference Series. 2021, 1889 (4).

10. Najafi, P., Asoodar, M. A., Marzban, A., & Hormozi, M. A. (2015). Reliability analysis of agricultural machinery: A case study of sugarcane chopper harvester. AgricEngInt: CIGR Journal, 17(1), 158-165. doi: 10. 22616/ERDev2019. 18. N387.

11 Борак К. В., Куликівський В. Л.; Руднік Д. І. (2023). Вплив попередньої корозії на інтенсивність абразивного зношування робочих органів ґрунтообробних машин. Наукові праці Вінницького НТУ. No 2. С. 1-10. DOI: https://doi. org/10. 31649/ 2307-5376-2023-2-34-43.

12. Boyko A., Novitskiy A. (2018). Mathematical model of reliability of human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. Machinery & Energetics. Journal of Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 9. No. 3. P. 165-174.

13. Ruzhylo, Z., Novitskii, A., Milko, D., Bulgakov, V., Beloev, I., & Rucins, A. (2022). Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as "Man-Machine". In Engineering for rural development (pp. 911-917). Jelgava, Latvia.

Б. В. Ємець, О. С. Поліщук,
Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир, Україна.

КОМПЛЕКС МАШИН ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В ТЕХНОЛОГІЯХ ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Система машин в аграрному виробництві (в тому числі органічному) – це науково обґрунтований комплекс машин, що забезпечує механізацію всіх процесів у сільськогосподарському виробництві при найменших затратах праці і коштів [1].

Систему машин розробляють для галузей виробництва і ґрунтово-кліматичних зон країни відповідно до економічних і агротехнічних вимог технології вирощування і збирання с. -г. культур та виробничих процесів у тваринництві. В попередні роки розробляли систему машин на п'ятирічний та десятирічний строки, що є планом, згідно з яким проводять модернізацію існуючих та розробку нових машин. Уперше систему машин було розроблено на 1955-60рр. для 8 ґрунтово-кліматичних зон. На основі системи машин розробляють нормативи комплектування машинно-тракторного парку сільськогосподарського виробництва. На кінець 80-х рр. попереднього століття система машин включала 1269 типорозмірів машин для рослинництва та 1055 – для тваринництва і мала забезпечити виконання завдань щодо розвитку агропромислового комплексу.

В технологіях органічного землеробства бажано не використовувати оранку, як основний обробіток ґрунту, її замінюють плоскоріжучим обробітком, важким дисковим боронуванням, тощо. Тому комплекс машин для основного обробітку в органічному рослинництві має свої особливості та остаточно його важко сформувати по причині того, що крім вітчизняних машин є велика кількість машин зарубіжного виробництва [2].

Тому метою цієї роботи є дослідження показників орієнтовного комплексу машин для основного обробітку ґрунту в технологіях органічного виробництва.

Один із головних критеріїв формування комплексу машин – мінімально можливі затрати праці на виконання операції технології. В загальному випадку затрати праці визначають за формулою:

$$З_п = (m_{мех} + m_{доп}) / W_г, \text{ люд.·год/га}, \qquad (1)$$

де:

$m_{мех}$ – кількість механізаторів, які обслуговують агрегат, люд;

$m_{доп}$ – кількість допоміжних працівників на агрегаті, люд;

$W_г$ – годинна продуктивність, га/год.

Так, як допоміжні працівники під час роботи на агрегаті для основного обробітку ґрунту в умовах органічного виробництва не потрібні, тоді формула (1) приймає вигляд:

$$З_п = 1 / W_г, \text{ люд.·год/га} \qquad (2)$$

Аналіз формули (2) показує, що менші значення затрат праці під час роботи агрегату будуть при вищій його продуктивності. На *рис. 1* показано саме високопродуктивний чизель-ґрунтопоглиблювач моделі 2410 виробництва John Deere.



Рис. 1. **Високопродуктивний чизель-ґрунтопоглиблювач моделі 2410 виробництва John Deere.**

Для обробітку стерньових агрофонів та полів зі значною кількістю рослинних решток, що характерно для органічного землеробства, на глибину до 30 см призначений чизель-ґрунтопоглиблювач моделі 2410. Машина чудово справляється із завданням боротьби з переущільненням, загортанням добрив, руйнування гребенів, тощо. Завдяки перспективним інженерним рішенням чизель-ґрунтопоглиблювач 2410 отримав нову раму підсиленої структури, а плаваюча зчіпка, що входить в базову комплектацію машини, забезпечує відмінне копіювання рельєфу поля без відхилення від заданої глибини обробітку. Завдяки встановленню тандемних опорних коліс Walk-Over™ рама має стабільну горизонтальну стійкість при русі по нерівностях. Підтриманню заданої глибини обробітку на широкозахватних моделях сприяють передні копіювальні колеса, до того ж вони значно полегшують рух машини на розворотах, виключаючи пошкодження робочих органів. В *табл. 1* дані технічної характеристики чизель-ґрунтопоглиблювача моделі 2410.

Основний недолік застосування чизель-ґрунтопоглиблювача моделі 2410 – це його висока ринкова вартість. Подібна вітчизняна техніка значно дешевша. Це, наприклад, чизель ЧГ-40-02 (*рис. 2*) з спеціальним котком виробництва Краснянский Агромаш (Україна). В цій конструкції реалізується новітнє рішення – у ґрунтозберігаючому землеробстві впроваджується глибокорозпушувальна лапа нового покоління, яка забезпечує розпушування ґрунту без її перемішування, так звана "запатентована хвиля". При цьому створюється пористість ґрунту без перемішування її нижніх і верхніх шарів із збереженням капілярності, поживних речовин і корисних мікроорганізмів, накопичених у верхніх шарах.

Здійснюється розпушування плужної підошви і затверділих ґрунтів, забезпечується оптимальний водно – повітряний баланс, тепловий та поживний режими ґрунту, що сприяє розвитку кореневої системи рослин, зберігає ґрунт від водної та вітрової ерозії, а в кінцевому підсумку підвищує родючість і продуктивність сільськогосподарських угідь.

Оригінальна конструкція лапи глибокорозпушувача має зміщений ріжучий елемент, в якому сім ріжучих поверхонь. Стійка лапи відхилена від осі на 10 градусів. При роботі зі зміщеним ріжучим елементом центр сили підняття розміщується під центром сили тяжіння грантової маси – це вирівнювання сили і опору оптимізує потужність, необхідну для підняття ґрунтової маси, що істотно знижує енерговитрати.

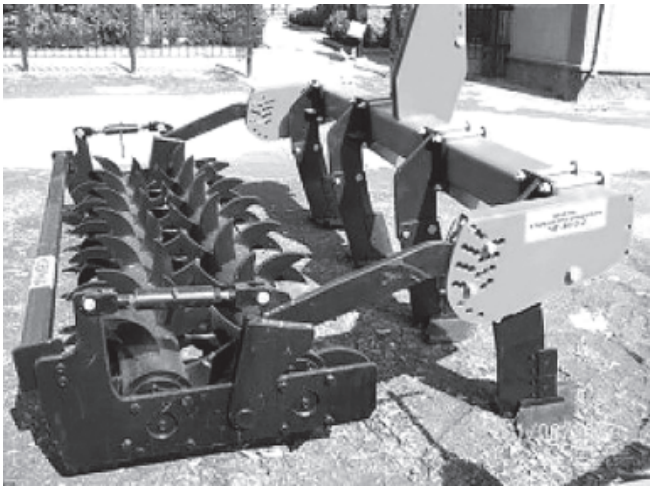


Рис. 2. **Чизель ЧГ-40-02 з спеціальним котком виробництва Краснянский Агромаш (Україна).**

За рахунок оригінальної конструкції лапи глибокорозпушувача, споживана потужність його і витрата палива, порівняно з традиційними глибокорозпушувачами і чизелями, скорочується до 30%.

Продуктивність таких агрегатів, порівняно з оранкою, вище в 2 рази, а витрата палива при цьому на 1 га в 1,5 рази менше [3].

Глибокорозпушувачі з такими робочими органами на відміну від інших, що знаходяться на ринку (які проводять смугове або клиновидне розпушування), забезпечують обробку на всю ширину захвату агрегату і задану глибину, не порушуючи структури ґрунту.

Висновки

Система машин в аграрному виробництві (в тому числі органічному) – це науково обґрунтований комплекс машин, що забезпечує механізацію всіх процесів у сільськогосподарському виробництві при найменших затратах праці і коштів.

В технологіях органічного землеробства бажано не використовувати оранку, як основний обро-

Таблиця 1

Дані технічної характеристики чизель-грунтопоглиблювача моделі 2410

Ширина захвату рами, м	3,4	5,2	7,0	8,2	10,7	12,2	13,4	15,9
Конфігурація рами	Жорстка				Складна			
Ширина центральної рами, м	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	4,6	3,7	3,7
Кількість стійок	11/13	19/21	23/25	27/29	35/ 37	40/42	44/46	52/54
Ширина захвату, м	3,4/ 4,0	5,7 6,4	7,1/7,7	8,2/8,9	10,7/11,4	12,2/12,9	13,4/14,0	15,9/16,5
Кількість секцій	1	1	3	3	3	3	5	5
Необхідна потужність трактора, к. с.	Від 90 до 130	Від 140 до 200	Від 180 до 270	Від 220 до 320	Від 290 до 410	Від 330 до 470	Від 360 до 520	Від 430 до 620

біток ґрунту, її замінюють плоскорізальним обробітком, важким дисковим боронуванням, тощо. Для обробітку стерньових агрофонів та полів зі значною кількістю рослинних решток, що характерно для органічного землеробства, призначений високопродуктивний малозатратний чизель-ґрунтопоглиблювач моделі 2410 виробництва John Deere.

Основний недолік застосування чизель-ґрунтопоглиблювача зарубіжного виробництва – це його висока ринкова вартість. Подібна вітчизняна техніка значно дешевша. Це, наприклад, чизель ЧГ-40-02 з спеціальним котком виробництва Краснянский Агромаш (Україна). В цій конструкції реалізується новітнє рішення – у ґрунтозберігаючому землеробстві впроваджується глибокорозпушуюча лапа нового покоління, яка забезпечує розпушування ґрунту без його перемішування, так звана "запатентована хвиля".

Список використаних джерел

1. Мельник І. І., Гречкосій В. Д., Бондар С. М. Оптимізація комплексів машин і структури машинно-тракторного парку та планування технічного сервісу. Київ: Видав. центр НАУ, 2004. 151 с.

2. Бегей С. В., Шувар І. В. Екологічне землеробство. Львів: Новий Світ-2000, 2007. 429 с.

3. Ємець Б. В. Оптимальна витрата палива двигунами внутрішнього згоряння в умовах органічного виробництва. Органічне виробництво і продовольча безпека: [зб. матеріалів доп. учасн. V Міжнар. наук. -практ. конф.]. Житомир, 2017. С. 250-256.

Борак К. В., Герасимчук Д. В.

Житомирський агротехнічний фаховий коледж, Савченко В. М., Савін Н. Л., Капінус І. В.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

СТАН МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ: АНАЛІЗ ОСТАННЬОГО ДЕСЯТИЛІТТЯ

Агропромисловий комплекс (АПК) України є ключовим сектором економіки, що забезпечує значну частку експорту та продовольчої безпеки країни. За останні 10 років український АПК зазнав суттєвих трансформацій: зросли обсяги виробництва зернових і олійних культур, підвищилася урожайність сільгоспкультур, впроваджуються сучасні технології. Однак вирішальним фактором ефективності аграрного виробництва залишається стан матеріально-технічної бази – тобто наявність і рівень розвитку машинно-тракторного парку, обладнання, інфраструктури, переробних потужностей, а також освоєння інноваційних технологій.

Машинно-тракторний парк та механізація. У галузі рослинництва спостерігається поступове оновлення технічного парку, проте забезпеченість технікою все ще недостатня порівняно з потребами. В Україні наразі налічується близько 130 тис. тракторів і 28 тис. зернозбиральних комбайнів [1]. Для країни з понад 32 млн га сільгоспугідь це задовольняє лише приблизно 50% від реальної технологічної потреби в техніці [1]. Для країни з понад 32 млн га сільгоспугідь це задовольняє лише приблизно 50% від реальної технологічної потреби в техніці [1]. Близько чверті наявних машин фізично та морально застаріли і потребують негайної заміни [1]. За оцінками фахівців, українському АПК необхідно щороку оновлювати до 40 тис. тракторів і 5 тис. комбайнів (близько $1,5 млрд) для повного задоволення потреб галузі [1]. Натомість у 2010-х роках оновлення відбувалося повільніше: наприклад, у 2015-2019 рр. було імпортовано близько 11,96 тис. зернозбиральних комбайнів (приблизно половина з них – нові, решта вживані) [2]. Імпорт тракторів коливався залежно від економічних умов: рекордні закупівлі спостерігалися у 2017 році (майже $700 млн), а у 2020-му аграрії придбали тракторів на понад $520 млн [3]. Основні постачальники тракторів – США, Китай, Німеччина та інші, які змагаються як якістю продукції, так і вигідними фінансовими умовами продажу [3]. Власне виробництво сільгосптехніки в Україні обмежене кількома заводами, що спеціалізуються головно на ґрунтообробному приладді; потребу в сучасних тракторах і комбайнах доводиться покривати імпортом [1].

Водночас останні роки характеризуються зростанням капіталовкладень у модернізацію господарств. Середньорічний обсяг капітальних інвестицій у сільське господарство в 2010-2019 рр. становив ~35,4 млрд грн (?$2,0 млрд), що утричі більше, ніж на початку десятиліття [3]. Втім, це все ще менше мінімально необхідного – експерти оцінюють потребу агросектору у ~$2,9 млрд інвестицій щорічно для стійкого оновлення основних фондів [3]. Обмеженість банківського кредитування та державної підтримки означає, що аграрії інвестують переважно власні кошти, що сповільнює темпи технічного переоснащення дрібних і середніх фермерів.

Паралельно з оновленням техніки господарства запроваджують інноваційні технології: точне

землеробство, GPS-навігацію, дрони для моніторингу посівів, цифрові системи управління тощо. За оцінками ФАО, площа, на якій в Україні застосовуються елементи точного землеробства (Precision Agriculture Technologies, PAT), досягла 8,4 млн га – це близько 45% земель, оброблюваних комерційними агропідприємствами [5]. Більшість великих агрокомпаній вже використовують автопілоти, диференційоване внесення добрив, картування врожайності та інші цифрові рішення. Наприклад, агрохолдинг "Кернел", що обробляє ~550 тис. га, інвестував у 2018 році ~$2,7 млн (по $5/га) в цифрові технології, і вже у 2019-му близько $25 млн (із $170 млн EBITDA) було отримано завдяки застосуванню цифрових систем та PAT [5]. Це еквівалентно додатковим $45 прибутку з гектара внаслідок оптимізації управління та технологічних процесів. Інші лідери ринку теж активно цифровізуються: зокрема, МНР (найбільший виробник м'яса птиці) запровадив геоінформаційну систему для управління земельним банком [5], а такі холдинги, як Астарта, HarvEast та ін., широко застосовують супутниковий моніторинг посівів, агродрони та різноманітні IoT-рішення на полях.

Варто зазначити, що рівень інноваційного переоснащення різниться залежно від масштабу виробництва. Понад 80% великих фермерів (земельний банк >500 га) зацікавлені у подальшому впровадженні цифрових технологій [5], тоді як малі фермери та особисті господарства значно повільніше переймають дорогі новинки через брак фінансів та знань про їх переваги. Втім, загальна тенденція десятиліття – це технологічна модернізація рослинництва: поступова комплексна механізація та цифровізація дали змогу Україні суттєво підвищити продуктивність. Зокрема, середня врожайність зернових і зернобобових зросла з ~24 млн т у 2000 р. до понад 75 млн т у 2019 р. [2], а Україна стала другим за обсягами експортером зерна у світі станом на 2020 р. (після США).

Матеріально-технічна база тваринництва України має неоднорідний характер. У птахівництві та свинарстві за останні 10 років відбулося суттєве укрупнення і модернізація виробництва. Великі агрохолдинги інвестували в будівництво сучасних комплексів європейського рівня з автоматизованими системами годування, клімат-контролем, сучасними забійними цехами та комбікормовими заводами. Наприклад, компанія МХП (МНР) збудувала один з найбільших птахокомплексів у Європі – Вінницьку птахофабрику – з повною інтеграцією процесів від вирощування зернових для кормів до глибокої переробки м'яса. Це дозволило Україні наростити виробництво курятини і вийти на ринки ЄС (експорт охолодженого філе з 2016 р.). У свинарстві спостерігалося технологічне оновлення: з'явилися нові свинокомплекси на сотні і тисячі голів, хоча загальне поголів'я скоротилося (частково через спалахи АЧС), а частка присадибного сектору у виробництві свинини зменшилася на користь промислових фермерських господарств.

Натомість у скотарстві (виробництво молока та яловичини) домінування дрібних господарств населення досі стримує технічний прогрес. Станом на 2022 рік 66% молока в Україні вироблялося в особистих селянських господарствах, де, як правило, відсутнє сучасне обладнання (ручне доїння, примітивні сараї, низька продуктивність худоби). Частка агропідприємств у виробництві молока зросла з 20% у 2010 р. до 34% у 2022 р. Ці промислові ферми інвестують у поліпшення генетики стада, модернізацію доїльних залів і холодильного обладнання, будівництво просторих корівників. Як результат, середній надій на корову в агропідприємствах зріс з ~3,4 тис. кг у 2008 р. до 6,6 тис. кг у 2022 р. Це суттєвий прогрес, хоча все ще нижче середнього рівня в ЄС (~7,8 тис. кг на корову у 2023 р. У присадибному секторі продуктивність зросла менше (з ~3,9 тис. до 4,6 тис. кг), що відображає нестачу кормів та технологій у господарствах населення [6].

Незважаючи на складну структуру галузі, протягом десятиліття з'явилися приклади успішної модернізації в тваринництві. У молочній сфері побудовано десятки сучасних ферм промислового типу, де впроваджено доїльні зали європейського зразка, охолоджувачі молока, гноєвидалення, а подекуди й роботизоване доїння. Поштовхом стало те, що переробні заводи висувають вищі вимоги до якості сировини для експорту в ЄС, тож великі ферми змушені були підняти технологічний рівень. Останнім часом брак кваліфікованих працівників також стимулює автоматизацію процесів (впровадження роботів-доярів, автоматичних годівниць тощо, що дозволяє скоротити потребу в персоналі на 40-50%) [6].

Держава намагалася стимулювати оновлення тваринницьких ферм через програми компенсації вартості доїльного обладнання та будівництва ферм, але обсяги підтримки були обмеженими. За оцінками експертів, для повноцінної модернізації молочної галузі потрібно близько $2,5 млрд інвестицій протягом 5 років, тоді як наразі вдалося залучити близько $800 млн (у тому числі за рахунок міжнародних партнерів). Ці кошти підуть на створення енергоефективних ферм, сучасних переробних цехів та холодових ланцюгів, необхідних щоб підвищити конкурентоспроможність українського молока і м'яса [6].

Матеріально-технічна база переробних підприємств агросектору також зазнала помітних змін протягом останнього десятиліття. Найбільш показовий прорив відбувся в олійно-жировій галузі: Україна різко збільшила потужності з переробки

насіння соняшнику, сої та ріпаку. Якщо наприкінці 1990-х сумарна потужність українських олійноекстракційних заводів становила ~2,6 млн тонн насіння на рік, то станом на 2020 р. вона зросла до ~23 млн тонн (з них ~19 млн т під соняшник). Майже десятикратне нарощування потужностей перетворило Україну на світового лідера з виробництва та експорту соняшникової олії (понад 7 млн тонн в 2021 р., ~30% світового обсягу). Такий успіх став можливим завдяки будівництву нових високотехнологічних олійних заводів компаніями "Кернел", Bunge, Cargill, ViOil та іншими. Ці підприємства оснащено сучасним обладнанням, автоматизованими лініями та енергоефективними технологіями, що забезпечують високу продуктивність і якість продукції. В інших галузях харчової промисловості, пов'язаних з АПК (цукровій, борошномельній, м'ясній, молочній), теж відбувалася поступова модернізація, хоча й не настільки швидкими темпами. Цукрова промисловість після 2010 р. скоротила кількість діючих заводів, проте ті ~30 цукрозаводів, що лишилися, провели технічне переоснащення (нові випарні станції, центрифуги, котли на біопаливі тощо) для підвищення ефективності. Борошномельні комбінати оновили млинові системи і тепер здатні виробляти борошно вищої якіості, яке експортується (включно до ЄС). У м'ясопереробці великі підприємства збудували сучасні забійні комплекси, сертифіковані за стандартами HACCP та ISO22000, що відкрило шлях для експорту української продукції птахівництва до ЄС, а з 2021 р. – і яловичини. Молокопереробні заводи модернізовано за участі іноземних інвесторів (наприклад, французькі групи Lactalis і Danone встановили нове обладнання на своїх підприємствах). Хоча через скорочення сировинної бази потужності молокозаводів завантажені лише на ~50%, застосування новітніх технологій переробки підвищило якість молочної продукції та наблизило її до європейських стандартів. Загалом переробний сегмент АПК за останнє десятиліття став більш технологічним і орієнтованим на експорт. Українська олія, борошно, м'ясо птиці, соки, шоколад та інші продукти успішно конкурують на зовнішніх ринках. Втім, чимало переробних підприємств (особливо дрібних і середніх) все ще експлуатують застарілі основні фонди та потребують інвестицій для модернізації. Подальше зростання доданої вартості в агросекторі потребуватиме вкладень у розвиток глибокої переробки (наприклад, біоетанолу, крохмалепродуктів, протеїнових концентратів) і впровадження енергоощадних технологій на існуючих заводах.

Ефективний агросектор неможливий без розвиненої інфраструктури зберігання та транспортування продукції. За останні 10 років в Україні значно розширилися потужності зі зберігання врожаю. Хоча дефіцит елеваторів досі відчутний, агрохолдинги та трейдери побудували десятки сучасних зерносховищ. У 2019 році сумарна місткість зерносховищ оцінювалася у ~78 млн тонн, але з них лише 42 млн тонн припадало на сертифіковані елеватори, придатні для експорту. Через це частина врожаю щороку втрачалася (2-3%) або втрачала якість (до 25%) через неналежні умови зберігання. Транспортна логістика агросектору до 2022 р. також розвивалася. Державні та приватні інвестори модернізували портове господарство: зведено нові зернові термінали в портах Південний, Миколаїв, Чорноморськ, Ольвія, що дозволило оперативно відвантажувати рекордні врожаї (у 2019/20 МР експорт зернових перевищив 50 млн т). Залізничний парк вагонів-зерновозів оновився приватними коштами, а на автомобільних дорогах реалізовано масштабні ремонти, полегшивши доставку продукції від поля до елеватора чи порту. Розвиток річкового транспорту (інвестиції в баржі та термінали на Дніпрі) відродив використання внутрішніх водних шляхів для перевезення зерна. Всі ці кроки підвищили ефективність логістичного ланцюга та знизили витрати часу і грошей на доставку агропродукції. Попри прогрес, інфраструктура АПК України все ще поступається розвиненим країнам. Брак власних ємностей зберігання у фермерів змушує їх одразу після збору продавати врожай, часто за нижчими цінами, тоді як фермери США чи Франції можуть зберігати продукцію і чекати кращої кон'юнктури. Частка залізниці в експортних перевезеннях зерна залишається високою, але робота залежить від пропускної спроможності УЗ, яка потребує оновлення локомотивів. Дорожня інфраструктура у сільській місцевості потребує додаткових інвестицій, так само як і системи зрошення на півдні країни, де зміна клімату робить зрошення критично важливим. Виклики 2022 року (блокада портів, руйнування елеваторів) також висвітлили необхідність мати резервні логістичні маршрути та сховища. Надолуження цих інфраструктурних прогалин є пріоритетом для підвищення стійкості АПК.

Рівень матеріально-технічного оснащення українського АПК наразі помітно нижчий, ніж у країнах ЄС та США, хоча прогрес останніх років скоротив цей розрив. Європейські й американські фермери мають значно вищу забезпеченість технікою: так, площа сільгоспугідь Франції та Німеччини сумарно співставна з українською, але ринок сільгосптехніки цих країн приблизно вшестеро більший за український. В окремих державах ЄС на 100 га припадають кілька тракторів, тоді як в Україні цей показник менше 1 (тобто в рази нижчий). У США більші за розміром ферми застосовують надпотужну техніку і практично повністю механізували всі процеси, часто залучаючи підрядників для виконання польових робіт. Середній вік сіль-

госптехніки на Заході менший, адже парк регулярно оновлюється завдяки підтримці держави та доступному фінансуванню, тоді як в Україні кожна 4-та машина вже відпрацювала свій ресурс. В аграрних країнах ЄС та Північної Америки аграрії активно інвестують у розвиток – цьому сприяють і великі обсяги держпідтримки (наприклад, дотації та гранти в рамках Спільної аграрної політики ЄС), і розвинені ринки фінансових послуг. Обсяг капіталовкладень на одиницю сільгоспугідь там у кілька разів перевищує український: якщо в Україні це близько $2-3 млрд на рік, то сукупні інвестиції в сільське господарство країн ЄС обчислюються десятками мільярдів євро. Західні фермери мають кращий доступ до кредитів та лізингу, тоді як українські понад 90% інвестицій фінансують власним коштом. Це означає, що модернізація в Україні відбувається нерівномірно: великі прибуткові господарства можуть вкладати значні суми в нову техніку та технології, а дрібні – відстають через нестачу ресурсів. Темпи впровадження інноваційних технологій та цифровізації також вищі в ЄС та США. У США станом на 2023 р. близько 70% великих фермерських господарств використовують системи автоматичного водіння техніки (GPS-автопілоти), тоді як у 2000-х цей показник вимірювався одиницями відсотків. Понад 60% великих американських ферм оснащені моніторами і датчиками врожайності. У Європі, за результатами опитувань, близько 61% фермерів вже застосовують або найближчим часом планують впровадити хоча б одне AgTech-рішення. В Україні рівень цифровізації наближається до західного у сегменті великих агрохолдингів, проте малий і середній фермерський сегмент значно повільніше переймає інновації. Також у ЄС значно поширеніші роботизовані технології в тваринництві – тисячі молочних ферм обладнані роботами-доярами, в той час як в Україні це лише поодинокі випадки. Крім того, в Європі та США набагато краще налагоджено систему агроконсалтингу та освіти, що сприяє швидшому поширенню нових технологій навіть у невеликих фермерських господарствах. Щодо інфраструктури, країни ЄС та США мають розвинуті системи зберігання і транспортування. У США переважна більшість фермерів мають власні зерносховища на господарствах, тоді як в Україні це радше виняток. В Європі аграрна продукція швидко доставляється до переробних підприємств або портів завдяки густій мережі якісних доріг і невеликим відстаням. Українська ж логістика історично довша і дорожча через більшу віддаленість полів від портів та недостатній розвиток інфраструктури, хоча ситуація покращується з будівництвом нових елеваторів та доріг. В розвинених країнах потужності зберігання, як правило, перевищують річний збір, забезпечуючи гнучкість на ринку, тоді як в Україні сертифікованих сховищ все ще менше, ніж обсяг виробництва.

Аналіз розвитку матеріально-технічної бази АПК України за останнє десятиліття показує, що галузь рухається вперед, проте темпи цього прогресу поки що поступаються передовим країнам. Українське сільське господарство стало більш механізованим та технологічним: великі виробники масово оновили тракторний парк, впровадили точне землеробство і суттєво наростили випуск продукції. Збудовано нові елеватори, переробні заводи, збільшено експортний потенціал. Водночас, залишилися невирішеними ряд проблем: мала забезпеченість технікою і повільне оновлення обладнання у дрібних фермерів, застаріла інфраструктура на багатьох тваринницьких фермах, дефіцит потужностей для зберігання та зрошення, обмежений доступ до капіталу для значної частини виробників. Порівняння з ЄС та США вказує на необхідність прискорити інвестиції в матеріально-технічну базу: західні конкуренти вкладають більше і отримують вигоду у вигляді вищої ефективності та якості. Попри виклики, український агросектор демонструє здатність швидко переймати світовий досвід за наявності ресурсів. Нинішні випробування, зокрема повномасштабна війна, висвітили критичну важливість модернізації – від будівництва додаткових зерносховищ до впровадження енергонезалежних технологій на фермах. Надалі ключовими завданнями для України є: забезпечення доступного фінансування для оновлення техніки та інфраструктури, стимулювання інновацій навіть на рівні малих господарств, інтеграція до європейських ринків технологій. Виконання цих завдань дозволить в найближчі роки значно зміцнити матеріально-технічну базу АПК, підвищити його продуктивність і наблизити Україну до рівня провідних аграрних держав світу.

Список використаних джерел

1. Giovanni M. Losavio. Agricultural machinery, market potential in Ukraine. Mondo Macchina/Machinery World. May – June 2021. URL: https://www. mondomacchina. it/en/agricultural-machinery-market-potential-in-ukraine-c3055#:~:text=structural%20characteristics%20of%20the%20Ukrainian,70%2C000%20sowing%20and%20transplanting%20machines (date of access: 05. 03. 2025).

2. Ukraine Agricultural Machinery and Equipment. Official Website of the International Trade Administration. URL: https://www. trade. gov/market-intelligence/ukraine-agricultural-machinery-and-equipment#:~:text=Harvesters%20Harvesters%20are%20renewed%20more,Ukraine%2C%20after%20Belgium%20and%20Germany (date of access: 05. 03. 2025).

3. З яких країн Україна імпортує трактори. URL: https://sunfloromash. com/ua/news/z-akih-krain-ukraina-importue-traktori#:~:text=The%20indicators%20of%20agricultural%20equipment,dollars (date of access: 05. 03. 2025).

4. Довгаль О. В. Інвестиційне забезпечення вітчизняного аграрного виробництва: фактичний стан і реальні потреби. БІЗНЕСІНФОРМ № 12 '2020. С. 189-194.

5. Prikhodko, D., Sikachyna, O., Pedersen, E., Sylvester, G. and Rybchynshyi, R. Digital technologies in the grain sector of Ukraine. FAO Investment Centre Country Highlights, #. 18. Rome, FAO. https://doi. org/10. 4060/cc1600en.

6. Petro Pyvovar, Oleksandr Rozhkov. Current state and trends of cattle rearing, cattle meat and milk sectors in Ukraine. 2025. 119 p.

7. Ukraine's Dairy Sector: Innovation Drives Survival and Growth. URL: https://www. thebullvine. com/news/ukraines-dairy-sector-innovation-drivessurvivalandgrowth#:~:text=The%20sector%20has%20lost%2035,fewer%20workers (date of access: 05.03. 2025).

Борак К. В., Федорчук А. О.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж,
Куликівський В. Л., Ясінський В. О., Бугаєнко Н. В.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН В УКРАЇНІ: СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД

Технічний сервіс сільськогосподарської техніки є критичним фактором стабільності агровиробництва. Від справності тракторів, комбайнів та іншого обладнання залежить своєчасність польових робіт і врожай. В Україні питання обслуговування машин набуло особливої актуальності через знос парку техніки, обмежені фінансові ресурси та реформування галузевої інфраструктури.

Однією з головних тенденцій є прогресуюче старіння машинно-тракторного парку. Більшість техніки в господарствах застаріла морально й фізично – забезпеченість аграріїв машинами становить лише 40-63% від нормативної потреби [1]. Це означає, що техніки катастрофічно бракує, а наявні машини перевантажені та зношені. Середній вік тракторів часто перевищує 15-20 років, а ступінь їхнього зносу наближається до критичного. За даними Інституту аграрної економіки, рівень забезпеченості основними засобами на гектар угідь становить лише ~20%, що підтверджує недоукомплектованість сектору [2]. У результаті значна частина техніки потребує капітальних ремонтів або заміни, але оновлення парку відбувається повільно. Основна причина – брак фінансів: вітчизняні аграрії мають утруднений доступ до кредитів і лізингових програм, тому змушені експлуатувати старі машини до граничного зносу [2].

Через недостатню кількість справної техніки зростає навантаження на кожну машину. Замість планової ротації і виведення з експлуатації старих одиниць, їх продовжують використовувати, перевищуючи розрахункові ресурси. Для порівняння, в Україні один трактор у середньому обробляє близько 125 гектарів ріллі, тоді як у Німеччині – лише 6 га, у Франції – 13 га [3]. Тобто навантаження на трактор в українських умовах у десятки разів більше, ніж у провідних країнах ЄС. Така ситуація склалася історично і практично не змінювалася останні 20 років, оскільки парк техніки оновлюється повільно. Для порівняння, у західноєвропейських країнах навантаження на машину залишалось стабільним завдяки своєчасному відтворенню технічних засобів – там машини регулярно замінюють на нові по мірі зносу [3]. В Україні ж нестача техніки і її старіння призводять до роботи на межі можливостей, частих поломок і простоїв у польових роботах.

Ще одна проблема – нерегулярне технічне обслуговування і превентивні ремонти. Через постійну зайнятість техніки під час пікових сезонів (посівна, жнива) профілактичні огляди часто відкладаються. Багато господарств дотримуються принципу "ремонтуємо, коли зламалось", що підвищує ризик аварійних простоїв. Таке реактивне обслуговування пов'язане також з ментальними та економічними факторами. Як зазначають фахівці, вітчизняний підхід до сервісу техніки часто характеризується приказкою: "Обдури клієнта, поки він тебе не обдурив". Подібний менталітет у сфері технічного сервісу заважає налагодити повноцінну систему обслуговування і працює проти самих же виробників і споживачів. Зокрема, частина українських виробників техніки в минулому не приділяла належної уваги післяпродажному сервісу: продаючи дешевшу й менш надійну техніку, вони часто не брали на себе повних зобов'язань із гарантійного та післягарантійного обслуговування. Бували випадки, коли навіть у гарантійний період заводи намагалися перекласти витрати з ремонту на плечі власників техніки. Такий підхід підриває довіру споживачів до вітчизняної техніки та змушує аграріїв або самотужки шукати вирішення проблем, або переплачувати за імпортні машини з кращим сервісом [4].

Фінансова сторона також впливає на технічний сервіс. Обмеженість обігових коштів у фермерів означає, що вони економлять на обслуговуванні або відкладають ремонт "до останнього". Популярний у світі механізм оновлення парку – лізинг – в Україні майже не працює. Для прикладу, одна з найбільших світових компаній John Deere близько 50% тракторів реалізує через лізинг, тоді як частка лізингу серед українських аграріїв – лише 0,2%: із приблизно 2 млн одиниць техніки, що щорічно виходять у поле, лише близько 4 тис. купуються за лізинговими схемами [2]. Таким чином, фермери змушені або брати дорогі кредити, або працювати на зношеній техніці. Високі відсоткові ставки на кредити та складність залучення міжнародного фінансування (через ризики) обмежують можливості господарств інвестувати в сучасніші машини. Це породжує замкнене коло: брак коштів – експлуатація старої техніки – зниження ефективності – знову брак коштів.

Сучасні агромашини стають дедалі складнішими – оснащені електронікою, бортовими комп'ютерами, GPS, датчиками тощо. Якщо старий трактор механік у полі міг полагодити "молотком і

гайковим ключем", то новітня техніка потребує діагностики через спеціалізоване обладнання та програмне забезпечення. Фермери визнають, що з розвитком технологій їм дедалі важче самотужки обслуговувати і ремонтувати машини. Постачальники техніки фактично перетворюються на партнерів-консультантів, які надають інформацію про правильну експлуатацію, оновлення програмного забезпечення, модернізацію тощо. Ринкові тенденції йдуть до того, що виробники техніки пропонують комплексні сервісні рішення: від дистанційного моніторингу стану машини до виїзних ремонтних бригад та навчання персоналу. В українських реаліях великі агрохолдинги вже частково впроваджують такі підходи – наприклад, використовують системи телеметрії для контролю парку, укладають сервісні контракти з дилерами на обслуговування техніки. Проте для дрібних і середніх фермерів складність техніки часто є проблемою: брак знань і обладнання для діагностики змушує їх звертатися до зовнішніх сервісів, що пов'язано з додатковими витратами.

Окремо варто згадати вплив останніх подій. Пандемія COVID-19 спричинила перебої в поставках запчастин та нової техніки у 2020-2021 рр., а також фінансові труднощі, що змусило багатьох ще більше відкладати модернізацію машин. З 2022 року агросектор України зазнає й руйнівного впливу війни: за оцінками, десятки тисяч одиниць сільгосптехніки були пошкоджені або знищені. Це створило нові виклики для технічного сервісу – потребу в ремонті техніки, що постраждала від бойових дій, складності з логістикою запчастин, відтік кваліфікованих кадрів із небезпечних регіонів тощо. Війна також підкреслила важливість сервісу: компанії-дилери адаптуються, зміщуючи фокус з продажів на ремонт та підтримку наявної техніки у клієнтів, щоб ті могли продовжувати роботу за умов обмежених можливостей оновлення парку. Таким чином, сучасні тенденції технічного обслуговування в Україні визначаються поєднанням старих системних проблем і нових викликів, які потребують комплексних рішень.

Матеріально-технічна база технічного сервісу включає мережу ремонтно-обслуговуючих підприємств, сервісних центрів, оснащення та кадри. В Україні після розпаду СРСР відбулася деструктуризація системи технічного забезпечення. За радянських часів функціонувала розгалужена структура обслуговування "Сільгосптехніка", яка відповідала за ремонт і постачання запчастин. Нині ті старі ремонтні майстерні (районні "агросервіси" тощо) здебільшого приватизовані або занепали. Як наслідок, рівень використання потужностей ремонтних підприємств АПК дуже низький – за деякими оцінками, лише 18-33% [1]. Тобто майстерні, які ще існують, завантажені роботою менш ніж на третину від потенціалу. Причини – зниження попиту (багато дрібних фермерів намагаються ремонтуватися самостійно або у кустарних майстернях) і брак коштів у господарств на професійний ремонт. Водночас, приблизно 25% сервісних підприємств останнім часом нарощують обсяги робіт – очевидно, це ті, хто зміг адаптуватися до ринкових умов, запропонувати прийнятні ціни чи унікальні послуги (наприклад, відновлення вузлів) [1]. Показово, що відновлення та ремонт зношених деталей стає одним із шляхів "дати друге життя" техніці. Близько чверті сервісних компаній відзначають зростання попиту на відновлення спрацьованих і пошкоджених деталей замість купівлі нових.

Сучасний ремонт складної агротехніки вимагає відповідного обладнання: підйомників, діагностичних приладів, спеціалізованого інструменту, стендів для перевірки паливної апаратури тощо. На жаль, матеріально-технічна база багатьох майстерень застаріла. Часто ремонт здійснюється за принципом "розберемо – подивимось", без належної технологічної документації. Це особливо критично при обслуговуванні нових імпортних машин: відсутність технічних мануалів та спеціальних інструментів не дозволяє якісно відремонтувати навіть простий вузол. Необхідні технологічні карти, діагностичне обладнання та інструкції виробників можна придбати за кордоном, але не всі господарства чи сервісні станції можуть собі це дозволити

Як наслідок, частина ремонту складної техніки виконується "всліпу" або ж техніку транспортують до офіційних дилерських центрів у містах, що спричиняє витрати часу і коштів. Колись в Україні існували спеціалізовані мобільні засоби для техобслуговування у полі – пересувні майстерні, заправні агрегати тощо. Нині більшість із них зникли, і лише великі агропідприємства іноді мають власні пересувні ремонтні бригади. Позитивною тенденцією є розвиток мережі офіційних сервісних центрів при дилерах сільгосптехніки. За ринкових умов близько 90% компаній-виробників (постачальників) організовують продаж і гарантійне обслуговування своєї техніки через мережу незалежних дилерських пунктів. Тобто імпортована техніка (John Deere, Case IH, New Holland, CLAAS, Fendt тощо) та сучасні вітчизняні машини продаються зі зобов'язанням сервісного супроводу. В Україні діють десятки таких сертифікованих сервісних центрів: практично в кожній області є представництва великих брендів або їхніх офіційних партнерів. Наприклад, одна з іноземних компаній має 11 сучасних сервісних станцій по країні (Київ, Львів, Полтава, Одеса, Харків та ін.), обладнаних всім необхідним для діагностики і ремонту. Такі центри забезпечують гарантійний ремонт, постачання оригінальних запчастин, виїзд мобільних бригад у господарства. Проте поки

що їхня діяльність більше орієнтована на великих клієнтів – агрохолдинги та заможні фермерські господарства, які купують нову техніку. Дрібні сільгоспвиробники часто залишаються поза зоною якісного сервісу через високу вартість послуг офіційних центрів та віддаленість. Вони покладаються на місцевих умільців або на власні сили, що не завжди гарантує якісний результат [1].

Важливою складовою матеріально-технічної бази є кадровий потенціал – механіки, інженери, слюсарі, електронщики. Нині спостерігається дефіцит кваліфікованих кадрів для технічного сервісу на селі. Багато досвідчених інженерів похилого віку, молодь не надто прагне працювати в сільській місцевості через низьку зарплатню. Як влучно зазначено, "кадри вирішують усе", і однією фінансовою підтримкою проблему не вирішити. Навіть якщо господарства отримують техніку і певну ремонтну базу, брак фахівців не дозволяє цим повноцінно скористатися. Становище погіршилося закриттям профільних науково-дослідних і навчальних установ. Ще у 1990-х був розформований єдиний в Україні науково-дослідний інститут проблем технічного сервісу (ВНІІВІД, смт Глеваха) через брак фінансування. Ослабла й система підготовки механіків – раніше існували спеціалізовані технікуми, курси підвищення кваліфікації при "Сільгосптехніці". Сьогодні ці функції частково перейняли аграрні університети та коледжі, а також самі дилери (вони навчають персонал клієнтів роботі з новою технікою). Однак загалом потреба в компетентних сервісних інженерах дуже висока. Відтік кадрів за кордон і в інші сфери також дається взнаки. Таким чином, людський фактор – один із вузьких місць технічного сервісу: навіть за наявності сучасних ремонтних центрів не вистачає майстрів, готових працювати "в полі" і вирішувати складні технічні завдання [1].

В Україні досі значна частка витрат на сервіс – це придбання нових запасних частин, а не відновлення старих. У структурі витрат на ремонт і ТО 71-74% припадає на закупівлю запчастин і матеріалів, тоді як лише ~7-10% – на відновлення зношених деталей. Це не надто ефективно економічно, адже більшість деталей при зносі мають значний залишковий ресурс. Дослідження показують, що близько 80% деталей машин досягають граничного спрацювання при зносі всього лише 0,3-0,4 мм і зберігають 58-63% ресурсу. Близько 80% деталей, що надходять у ремонт, цілком придатні для відновлення, і тільки 18-21% мають бути утилізовані. Собівартість відновлення складає 14-72% від вартості нової деталі, тобто економія може бути суттєвою. Розвинені країни це давно взяли на озброєння: на ринку запчастин превалюють відновлені (регенеровані) деталі, які в 1,5-2,5 раза дешевші за нові, а за ресурсом їм не поступаються. В Україні культура реставрації деталей лише розвивається – хоча є спеціалізовані підприємства, що займаються наплавленням, гальванічним відновленням, ремонтом паливної апаратури тощо. Поступово аграрії розуміють вигоду таких рішень: відновлення дає змогу скоротити час простою і витрати, підвищити надійність роботи техніки. Таким чином, матеріально-технічна база сервісу перебуває у стані модернізації: старі потужності не повністю завантажені, нові створюються на комерційній основі, бракує обладнання і кадрів, але є рух до кращих практик (поява дилерських сервісів, розвиток відновлювальних технологій) [1].

Статистичні дані відображають кризові явища в забезпеченні та обслуговуванні машин:

Скорочення парку техніки. За роки незалежності кількість сільськогосподарських машин в аграрних підприємствах істотно зменшилася. Для прикладу, тракторів у сільгосппідприємствах у 2005 р. налічувалось ~217 тис., а у 2017 р. – лише ~129 тис., тобто менш як 60% від рівня 2005 року. Подібна динаміка і в іншої техніки: парк зернозбиральних комбайнів скоротився з ~25-27 тис. до ~17 тис. (на фермерських підприємствах та великих господарствах), кількість сівалок – з ~97 тис. до ~70 тис. одиниць. Скорочення відбулося через списання старих машин, розформування колективних господарств і недостатнє оновлення. Попри зростання кількості фермерів, загальна забезпеченість технікою не досягла необхідного рівня. Як наслідок, коефіцієнт забезпеченості тракторами становить лише 9,1 трактора на 1000 га посівних площ (або ~0,91 трактора на 100 га). Для порівняння, у Польщі цей показник ~10,6 трактора на 100 га, у Франції ~7,7 на 100 га – тобто в рази вищий. Низька щільність парку означає, що техніка використовується на максимумі можливостей, без резерву. Відповідно, збільшується кількість відмов і ремонтів – хоча точний облік цього вести складно, непрямо про проблеми свідчить висока частка простоїв техніки в сезон.

Витрати на ремонт і ТО. Витрати на підтримання працездатності машин складають значну частину собівартості агропродукції. За оцінками ще 2000-х років, сукупні витрати на використання сільгосптехніки (пальне, мастила, ремонт, ТО) становили понад 60% витрат при вирощуванні сільгоспкультур. З них саме ремонтно-обслуговувальні витрати можуть сягати 15-20%. В іншому дослідженні зазначено, що ремонт і технічне обслуговування техніки "з'їдають" до 17,2% вартості валової продукції сільського господарства. Фактично кожна шоста гривня (або долар) у собівартості – це підтримання техніки в робочому стані. Такий високий показник пояснюється як постійними поломками старих машин, так і витратами на паливо-мастильні матеріали (енергетична скла-

дова). Зростання цін на запчастини останніми роками лише посилює навантаження на бюджети господарств. Тому питання ефективності витрат на сервіс надзвичайно актуальне – будь-яке зниження аварійності чи подовження міжремонтних інтервалів дає значний економічний ефект.

Структура витрат на сервіс. Як уже зазначалося, до 3/4 усіх коштів, що витрачаються на ремонт, йде на купівлю нових деталей і матеріалів. Ще близько 15-20% – це оплата праці ремонтників і послуг, і мізерна частка – відновлення деталей. Ця структура відрізняється від країн Заходу, де частка відновлених компонентів значно більша. Статистика свідчить, що українські аграрії поки що більше купують запчастини, ніж реставрують старі, хоча економічно було б вигідніше навпаки. Потенціал економії на відновленні величезний: як зазначалося, більшість деталей мають запас ресурсу і можуть слугувати після ремонту не гірше нових. Деякі підприємства вже впроваджують ці практики, тому можна очікувати змін у структурі витрат у майбутньому – на користь більшої частки відновлення.

*Кількість сервісних підприємств. Т*очна статистика по кількості СТО (станцій технічного обслуговування) сільгосптехніки та ремонтних заводів утруднена, бо ринок фрагментований. Однак за оцінками профільних видань, в Україні діє декілька сотень великих і середніх суб'єктів, що надають послуги ремонту сільгоспмашин – від колишніх державних підприємств до приватних майстерень. Крім того, десятки фірмових сервісних центрів відкриті дилерами імпортної техніки. Проте забезпеченість сучасними сервісними пунктами на території країни ще недостатня: є райони, де офіційного сервісу немає, і фермери вимушені возити техніку за десятки кілометрів. Для порівняння, у тій же Німеччині мережа сервісу дуже густа – там майстерні або дилерські центри присутні мало не в кожному повіті, і на виклик сервісна машина приїде протягом години. В Україні ж середній радіус обслуговування набагато більший, що впливає на оперативність ремонтів.

Обсяги імпорту та оновлення. Непрямим показником сервісного навантаження є обсяги придбання нової техніки. У 2010-х роках щорічно в Україні купували (включно з імпортом б/в) близько 3-4 тисяч тракторів і 1,4-1,6 тисяч нових комбайнів. Такі обсяги оновлення парку не компенсують вибуття старих машин. За даними Держстату, у 2017 р. вітчизняні підприємства виробили і реалізували сільгосптехніки на суму ~10 млрд грн, при цьому на експорт пішло 2,5 млрд (25% продукції)

Це свідчить, що українське сільгоспмашинобудування хоч і нарощує випуск, значну частину продає за кордон, а внутрішній попит задовольняється також імпортом. Для технічного сервісу це означає різноманітність парку (різні марки і моделі) та підвищені вимоги до універсальності сервісних центрів. Збільшення імпорту техніки (тенденція, що спостерігалася до 2021 р.) веде і до зміни структури сервісу: аграрії, які інвестують у дорогі іноземні машини, як правило, укладають договори на сервісне обслуговування з дилерами, що формує вищий стандарт сервісних послуг на ринку.

Підсумовуючи, наявні статистичні дані підтверджують: парк техніки в Україні малочисельний і зношений, а витрати на її підтримку дуже високі. Це стримує продуктивність сільського господарства і вимагає впровадження нових підходів у системі технічного сервісу, про що свідчить досвід європейських країн.

Досвід таких розвинених аграрних країн, як Німеччина та Франція, демонструє, як ефективно може функціонувати система технічного обслуговування за належних умов. Є кілька ключових аспектів, у яких українська ситуація разюче відрізняється від західноєвропейської: забезпеченість технікою, організація сервісу, культура обслуговування та роль виробників.

Як зазначалося, у Франції на один трактор припадає близько 13 га ріллі, у Німеччині – лише 6 га. Це свідчить про набагато вищу насиченість господарств технічними засобами. Фермер у Німеччині, як правило, має у своєму розпорядженні достатню кількість машин, аби виконати всі роботи в оптимальні агротерміни і мати резерв на випадок поломки. Середній парк середнього європейського господарства включає кілька тракторів різної потужності, комбайн(и), обприскувачі, навантажувачі тощо – отже, навантаження на кожну одиницю відносно невелике. До того ж, машини регулярно оновлюються: практикується оновлення тракторів раз на 5-10 років, комбайнів – через 5-7 сезонів активної роботи. У результаті, середній вік техніки у цих країнах менший, ніж в Україні. За деякими даними, в Польщі (яка близька до західноєвропейського рівня) середній вік трактора ~25 років, у Франції та Німеччині багато техніки працює не довше 10-15 років, після чого її або модернізують, або замінюють. Важливу роль відіграють фінансові інструменти: у ЄС добре розвинені лізингові програми, пільгові кредити для фермерів, державні та євросоюзні грантові програми для оновлення обладнання. Це дозволяє аграріям інвестувати в сучасну техніку без надмірного навантаження на бюджет. Тому парк машин у Німеччині і Франції постійно оновлюється – як наслідок, там майже відсутні "дідусі-трактори", що відпрацювали 30-40 років. Тим самим зменшується і потреба в аварійних ремонтах, оскільки нова техніка менш схильна до частих поломок. За рахунок планомірного оновлення протягом останніх десятиліть навантаження на

одну машину в цих країнах залишалося стабільним, і виробничі ризики, пов'язані з технікою, мінімізовані.

У Німеччині та Франції переважає фірмова модель сервісу, коли виробник техніки через дилерів повністю забезпечує післяпродажне обслуговування. Практично всі великі агромашинобудівні компанії (John Deere, Claas, Fendt, New Holland, Case IH, Massey Ferguson, KUHN та ін.) мають розгалужену мережу сервісних центрів і авторизованих майстерень. Фермер, купуючи трактор чи комбайн, автоматично отримує пакет гарантійного обслуговування (наприклад, 1-2 роки або певна кількість мотогодин), а далі – можливість укласти контракт на сервісне обслуговування. Дилерські центри забезпечені всім необхідним: складами запчастин, діагностичною апаратурою, навчений персонал. Багато з них мають мобільні сервісні бригади, які оперативно виїжджають до клієнта на місце поломки. Наприклад, у Франції сервісні інженери можуть прибути в господарство протягом кількох годин після виклику, щоб усунути несправність у полі. У результаті час простою техніки зведений до мінімуму. Виробники техніки в Європі також несуть відповідальність за доступність запчастин – законодавчо і репутаційно вони зобов'язані протягом багатьох років після випуску моделі постачати запасні частини до неї. Це означає, що фермер у Німеччині завжди може замовити потрібну деталь і отримати її в стислі терміни (часто протягом 24-48 годин). В Україні ж фермер нерідко стикається з дефіцитом запчастин, особливо до рідкісних чи старих моделей, і змушений шукати аналоги або вживані деталі.

В Німеччині та Франції давно утвердилася культура планового (превентивного) технічного обслуговування. Машини проходять регулярні ТО відповідно до годин напрацювання або раз на сезон, навіть якщо видимих несправностей нема. Це включає заміну мастил, фільтрів, діагностику ключових вузлів, профілактичний ремонт. Фермери розуміють, що своєчасне ТО дешевше, ніж ремонт після поломки, тому дисципліновано виконують рекомендації виробників. Більше того, у деяких випадках дотримання графіку ТО є умовою збереження гарантії. У Франції існує також обов'язковий технічний контроль для деяких видів техніки, подібно до автомобільного техогляду, що стимулює підтримувати машини в належному стані. Таким чином, поломки "в полі" там трапляються рідше, бо багато проблем попереджають завчасно. В Україні ж профілактика часто недооцінюється – ТО проводять формально або й пропускають через економію часу/коштів, що в перспективі призводить до більших витрат.

У Європі фірми-виробники відіграють активну роль у забезпеченні сервісу. Вони інвестують у навчання сервісних інженерів, випуск детальних ремонтних інструкцій, створення електронних каталогів запчастин, програмного забезпечення для діагностики. Фактично сформована ефективна система "виробник – сервіс – споживач", яка працює на взаємну вигоду і високий результат. Така модель довела свою ефективність протягом десятиліть у "ринкових" умовах, забезпечуючи високу надійність техніки та економічну віддачу від неї. В Україні ж після планової економіки не одразу вдалося перебудуватися на цю модель. Як згадувалося, за СРСР був ланцюжок "виробник – Сільгосптехніка – споживач", де значну частину турбот про сервіс брала на себе держава, а виробники не дуже переймалися якістю сервісу. У сучасній Європі все тримається на ринкових механізмах: репутація виробника багато в чому визначається якістю його сервісної підтримки. Наприклад, німецькі та французькі фермери при виборі комбайна звертають увагу не тільки на технічні характеристики, а й на те, як швидко виробник забезпечує ремонт, чи близько сервісний центр, які умови гарантії. Тому компанії змагаються за клієнта не лише ціною, а й сервісом (включно з розширеною гарантією, програмами технічної підтримки 24/7 тощо). В Україні цей аспект лише набирає ваги – провідні дилери почали рекламувати оперативність сервісу, наявність складу запчастин, кваліфікований персонал як свої конкурентні переваги.

У самому ЄС держава не займається безпосередньо ремонтом техніки (це справа бізнесу), але створює умови і стандарти. Є вимоги до екологічності та технічного стану машин (наприклад, норми викидів для двигунів), що опосередковано впливає на обслуговування – старі машини вибувають, нові потребують сервісу у відповідності до стандартів. Крім того, існують програми підтримки оновлення технопарку (часткові компенсації, гранти на купівлю сучасних машин), що знижує навантаження на сервіс, бо сучасна техніка потребує менше ремонтів. В Україні в останні роки також діють державні програми – наприклад, часткова компенсація вартості вітчизняної техніки. Це стимулювало певною мірою заводи покращувати якість і сервіс, аби конкурувати за цих клієнтів. Однак до рівня системності європейської підтримки ще далеко.

Отже, Німеччина і Франція демонструють приклад комплексного підходу: достатня кількість техніки + регулярне оновлення + потужна сервісна інфраструктура + превентивна культура обслуговування + залучення виробників. Результат – висока працездатність машин, мінімальні простої, більша ефективність виробництва. В Україні поки що спостерігається дефіцит техніки і розрив між виробником і споживачем у питанні сервісу. Втім, поступово елементи європейської мо-

делі впроваджуються і на нашому ринку: з'являються професійні сервісні центри, виробники (і імпортери, і вітчизняні) більше уваги приділяють післяпродажному супроводу, формується розуміння, що без надійного сервісу конкурентоспроможність техніки низька. Закордонний досвід підтверджує дієвість системи "виробник – сервіс – експлуатаційник", яка забезпечує високі технічні та економічні результати. Для України адаптація цього досвіду – шлях до вирішення накопичених проблем технічного забезпечення.

Технічний сервіс сільськогосподарських машин в Україні перебуває на етапі складних трансформацій. Сучасні тенденції характеризуються, з одного боку, кризовими явищами – старінням і нестачею техніки, перевантаженістю наявних машин, високими витратами на ремонти та недостатнім рівнем планового обслуговування. З іншого боку, намітилися і позитивні зміни: ринок сервісних послуг поступово розвивається, з'являються нові гравці та технології відновлення, покращується сервіс імпортної техніки через діяльність дилерів. Стан матеріально-технічної бази сервісу поки що не відповідає повністю потребам – багато ремонтних підприємств недовантажені чи застарілі, є дефіцит сучасного обладнання та кваліфікованих кадрів. Статистика підтверджує необхідність змін: оновлення машинно-тракторного парку відбувається занадто повільно, витрати на підтримку працездатності техніки "з'їдають" значну частку ресурсів агросектору, а рівень механізації все ще низький. Порівняння з Німеччиною та Францією показує, що вирішення проблем можливе шляхом системного підходу: інвестицій у модернізацію парку, розвитку розгалуженої мережі сервісу і запровадження культури технічного обслуговування. Європейський досвід доводить ефективність моделі, де виробники і дилери тісно опікуються сервісом, а фермери дотримуються превентивного ТО – це веде до підвищення надійності техніки і продуктивності виробництва/

Для України першочерговими кроками мають стати: державна підтримка оновлення техніки (щоб зменшити середній вік машин), стимулювання лізингу та кредитування під прийнятні відсотки, створення умов для розвитку незалежних сервісних центрів у сільській місцевості (податкові стимули, програми підготовки майстрів). Важливо відновити систему підготовки кадрів технічного сервісу – через навчальні заклади або спеціальні курси за участю виробників. Доцільно запровадити вимоги до мінімального рівня обслуговування техніки (наприклад, обов'язкове щорічне ТО для великих машин) – це підвищить культуру сервісу і змусить виробників пропонувати кращі умови.

Таким чином, поліпшення стану технічного сервісу сільгоспмашин в Україні – завдання комплексне. Воно включає оновлення матеріальної бази, економічні стимули, освітні заходи і перейняття найкращих європейських практик. Лише за таких умов вдасться подолати нинішні проблеми, забезпечити аграріїв справною сучасною технікою і, врешті, підвищити конкурентоспроможність українського сільського господарства на світовому рівні.

Список використаних джерел

1. Карабиньош С., Новицький А., Власой І. Відновлення деталей – друге життя сільгосптехніки. Пропозиція. 2013.

2. Ukraine Agricultural Machinery and Equipment. Official Website of the International Trade Administration. URL: https://www. trade. gov/market-intelligence/ukraine-agricultural-machineryandequipment#:~:text=Although%20Ukraine%20is%20a%20major,machinery%20in%20Ukraine%20is%20not.

3. Захарчук О. В. Технічне забезпечення сільськогосподарських підприємств в Україні. Економіка АПК. 2019, № 2. С. 48-56.

4. Рубець А. Парк тракторів: проблеми утримання та перспективи їх вирішення. Пропозиція. 2010. URL: https://propozitsiya. com/ua/park-traktoriv-problemy-utrymannya-ta-perspektyvy-yih-vyrishennya2010.

5. Arunas Eitutis. Тенденції розвитку сільськогосподарської техніки та обладнання на 2022 рік. Frontu. 2024.

6. Almost $6B of farm machinery destroyed in Ukraine since war started. Fence Post. 2024. URL: https://www. thefencepost.com/news/almost-6b-of-farm-machinery-destroyed-in-ukraine-sincewarstarted#:~:text=Almost%20%246B%20of%20farm%20machinery,since%20Russia%20waged%20its

Борак К. В., Шевчук О. А. .
Житомирський агротехнічний фаховий коледж,
Міненко С. В., Суханюк Б. О., Шикера М. О., Шуляківський В. В.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ АПК В УКРАЇНІ

Агропромисловий комплекс (АПК) України є стратегічною галуззю економіки, що забезпечує продовольчу безпеку та значну частку валютних надходжень країни. Ефективність АПК значною мірою залежить від рівня технічного сервісу – системи обслуговування, ремонту та забезпечення сільськогосподарської техніки. Від надійності комбайнів, тракторів, посівних та збиральних машин залежить своєчасність польових робіт, врожайність і конкурентоспроможність аграрного

виробництва. Сьогодні технічне обслуговування вітчизняного АПК переживає період реформування та пошуку нових підходів [1].

Україна успадкувала від радянських часів потужний парк сільськогосподарської техніки, але більшість цих машин сьогодні технічно і морально застарілі. За оцінками фахівців, значна частина тракторів та інших агрегатів відпрацювала по два-три нормативних строки, а середній рівень зношеності парку сягає близько 70%. Іншими словами, більше ніж дві третини наявної техніки в господарствах вичерпали свій амортизаційний ресурс і потребують заміни або капітального ремонту. Оновлення машинно-тракторного парку відбувається повільно – темпи придбання нової техніки відстають від темпів вибуття старої. Як наслідок, на багатьох сільгосппідприємствах спостерігається дефіцит техніки: за даними Міністерства економічного розвитку, забезпеченість агрофірм різними видами машин коливається від 45% до 80% від потреби. Через нестачу спеціалізованого обладнання агровиробники щорічно недобирають значну частину врожаю – втрати зерна оцінювалися до 6 млн тон на рік (близько 1 млрд доларів потенційного доходу). Це яскраво свідчить про економічні втрати, пов'язані з недостатнім технічним забезпеченням.

В останнє десятиліття в Україні з'явилися позитивні зрушення у технічному переоснащенні АПК. Вітчизняне сільгоспмашинобудування почало освоювати виробництво нової техніки: на сьогодні в Україні випускається 70-80% найменувань необхідних сільськогосподарських машин (переважно грунтообробна, посівна, причіпна техніка, обладнання для елеваторів та тваринництва). Однак масове виробництво складних самохідних машин, як-от зернозбиральні комбайни та самохідні обприскувачі, поки не налагоджено – існують лише одиничні вітчизняні зразки, і аграрії здебільшого залежать від імпортних брендів. Великий бізнес (великі агрохолдинги) в останні роки активно інвестує в сучасні високопродуктивні комбайни, трактори іноземного виробництва, системи точного землеробства. Натомість дрібні та середні фермерські господарства часто продовжують експлуатувати стару техніку через брак фінансів на оновлення. Рівень впровадження інформаційних технологій також залишається низьким. Дослідження показують, що процеси цифровізації аграрного сектору України наразі відповідають сценарію "легкої цифровізації" – впроваджено лише базові цифрові рішення, існують обмеження в зборі та використанні даних, а цифрова грамотність учасників ринку дуже нерівномірна. Більшість малих фермерів поки що ведуть облік та планування технічного обслуговування вручну або в найкращому разі в електронних таблицях, тоді як сучасні цифрові платформи управління парком техніки лише починають з'являтися [2, 3].

Отже, нинішній стан технічного сервісу в українському АПК можна охарактеризувати як перехідний: з одного боку, зберігається висока залежність від застарілої матеріально-технічної бази та традиційних підходів до ремонту "по факту поломки", з іншого – найпрогресивніші господарства вже впроваджують новітні машини та технології, що підвищують вимоги до сервісного обслуговування. Ця неоднорідність створює виклики для галузі, які потребують системного розв'язання.

Незважаючи на окремі позитивні зміни, у сфері технічного обслуговування українського АПК накопичилося чимало проблем. Серед ключових викликів можна виділити такі:

Застарілий парк техніки. Як уже зазначалося, переважна більшість тракторів, комбайнів та іншого обладнання відпрацювала свій ресурс. Фізична зношеність техніки призводить до частих поломок, простоїв у розпал польових робіт і зниження продуктивності. Середній вік сільгоспмашин в Україні значно перевищує аналогічний показник у розвинутих країнах, де техніку оновлюють швидше. Проблема посилюється тим, що багато господарств експлуатують техніку, придбану ще у 1980-90-х роках, або вживані імпортні машини без наявної гарантії та сервісної підтримки.

Недостатнє фінансування та інвестиції. Аграрії часто не мають достатніх фінансових ресурсів для модернізації технічного парку і впровадження передових сервісних технологій. Високі відсоткові ставки за кредитами в минулі роки стримували оновлення техніки. Державні програми підтримки (такі як компенсація вартості техніки чи пільгові кредити 5-7-9%) тільки починають набирати обертів і покривають обмежене коло підприємств. Як результат, темпи інвестування в технічний сервіс (будівництво нових сервісних центрів, закупівля обладнання для діагностики тощо) залишаються недостатніми.

Незадовільна сервісна інфраструктура. В Україні поки не створено густої мережі сучасних сервісних центрів у сільській місцевості. Офіційні дилерські центри провідних виробників зосереджені переважно в обласних центрах та біля великих агрохолдингів. Багатьом фермерам у віддалених районах важко оперативно дістатися до кваліфікованого сервісу. Виїзні бригади обслуговування розвинені слабко. Через це дрібні господарства часто змушені покладатися на власні сили – ремонтувати техніку самотужки чи користуватися послугами місцевих умільців, що не завжди гарантує якість. Відсутність централізованого постачання оригінальних запчастин призводить до використання уживаних або контрафактних деталей, які швидко виходять з ладу.

Кадровий голод і низька кваліфікація персоналу. Сфера інженерно-технічного забезпечення сільського господарства відчуває брак кадрів. Молоді фахівці неохоче йдуть працювати в село

через нижчі зарплати та умови проживання. Внаслідок цього багато господарств не мають кваліфікованих механіків, електроніків та інженерів з обслуговування сучасної техніки. В той же час старші кадри, які мають досвід ремонту радянських тракторів, часто не володіють навичками роботи з комп'ютерною діагностикою, електронними системами керування нових машин. Відсутність постійного навчання і підвищення кваліфікації призводить до того, що навіть наявна сучасна техніка може використовуватися неефективно або обслуговуватися неналежним чином.

Низький рівень цифровізації та автоматизації сервісних процесів. Українське сільське господарство лише починає освоювати цифрові інструменти управління технікою. Більшість господарств не мають систем дистанційного моніторингу стану машин, планування ТО за допомогою спеціалізованого ПЗ чи датчиків, які б сигналізували про необхідність заміни вузлів. Як результат, технічне обслуговування часто носить реактивний характер (ремонт після поломки, а не попередження несправностей). Це знижує ефективність: поломка в розпал сезону може коштувати втрати частини врожаю. У передових країнах усе більше покладаються на predictive maintenance – предиктивне технічне обслуговування, що прогнозує відмови завдяки даним з датчиків. В Україні ж подібні підходи поки що рідкість.

Воєнні ризики та руйнування. Окремим новим викликом стала війна та пов'язані з нею втрати. У результаті бойових дій знищено або пошкоджено значну кількість сільськогосподарської техніки і виробничих об'єктів на півдні та сході країни. Станом на початок 2024 року прямі збитки сільгосппідприємств (інфраструктура та техніка) оцінювалися щонайменше у $354,5 млн. Окрім цього, близько 175 тис. кв. км територій забруднені мінами, що ускладнює проведення польових робіт і створює постійну загрозу для технічного персоналу. Логістика постачання запчастин також ускладнена через порушення ланцюгів поставок. Війна загострила давні проблеми та створила нові, додавши невизначеності та підвищених ризиків для аграрного бізнесу [4].

Вимоги екологічної сталості. Глобальний тренд на екологізацію сільського господарства ставить нові задачі перед технічним сервісом. Традиційні підходи з надмірним використанням пального, мастил, неекологічних матеріалів повинні поступово змінюватися на більш сталий формат. В Україні ця проблема поки не в центрі уваги сервісних служб, але з огляду на курс на євроінтеграцію доведеться враховувати і екологічні стандарти ЄС щодо викидів техніки, утилізації відходів ремонту, економії ресурсів тощо.

Перелічені виклики взаємопов'язані: брак коштів заважає оновити техніку і впровадити цифрові рішення; старіння кадрів та техніки знижує ефективність виробництва, що в свою чергу обмежує фінансові можливості галузі. Для виходу з цього замкненого кола Україні варто звернутися до досвіду країн, які успішно розбудували систему технічного сервісу в агросекторі, адаптувавши їхні найкращі практики до вітчизняних умов.

Сполучені Штати Америки мають одну з найпотужніших аграрних систем світу, і високий рівень технічного сервісу є її невід'ємною складовою. Для США характерні великі товарні ферми, що обробляють сотні й тисячі гектарів, тому відмова навіть одного комбайна під час жнив може обернутися значними втратами. Щоб мінімізувати простої, американські фермери і агрокомпанії роблять ставку на планове профілактичне обслуговування та сучасні технології моніторингу техніки. Майже вся новітня сільгосптехніка в США оснащена телеметричними датчиками і підключена до інтернет-сервісів. Наприклад, компанія John Deere впровадила систему Connected Support, яка в режимі реального часу відстежує стан машин через бортові комп'ютери (платформа JDLink). Алгоритми аналізують показники роботи двигуна, гідравліки, температурні режими тощо, щоб виявити ознаки потенційної несправності ще до її виникнення. Дилери отримують так звані Expert Alerts – попередження про можливі проблеми – і можуть завчасно зв'язатися з фермером для виконання регламентних робіт. Крім того, через віддалений доступ сервіс-інженери можуть діагностувати техніку дистанційно та навіть оновлювати програмне забезпечення машин без виїзду на поле. Такий підхід дозволяє випереджати поломки та скорочувати час ремонту до мінімуму. Завдяки цьому американські аграрії переходять від реагування на поломку до проактивного її попередження, що знижує витрати на ремонт і підвищує готовність техніки до роботи. Ще одним аспектом є розгалужена мережа сервісних центрів та мобільних бригад. Практично в кожному аграрному регіоні США діють авторизовані станції технічного обслуговування основних брендів – John Deere, Case IH, New Holland, Caterpillar тощо. Великі ферми укладають довготермінові контракти на сервісне обслуговування з дилерами, які включають регулярні огляди техніки, заміну розхідників після напрацювання визначеної кількості мотогодин, підготовку до сезону. Це схоже на технічне обслуговування автомобілів – завчасна заміна оливи, фільтрів, зношених деталей, щоб уникнути серйозних поломок. У період польових робіт дилери тримають на складах критичний запас запчастин і розхідних матеріалів, а також можуть оперативно доставляти їх на ферму. Багато фермерів в США практикують лізинг техніки або короткострокову оренду додаткових машин на сезон, що часто включає сервісні опції

від орендодавця. Таким чином, американська модель технічного сервісу спирається на тісну співпрацю виробників техніки, дилерів і аграріїв, використання цифрових технологій для моніторингу та профілактики, а також достатній рівень фінансування, що дозволяє своєчасно оновлювати парк машин. Це забезпечує високу надійність і продуктивність аграрного виробництва.

Японія кардинально відрізняється від США за структурою сільського господарства – тут переважають дрібні ферми, а середній вік фермера перевищує 65 років. Гострий дефіцит робочої сили і старіння сільського населення спонукали Японію стати піонером у впровадженні робототехніки та автоматизації в аграрному секторі. Вже у 2018 році в Японії було виведено в комерційну експлуатацію безпілотні сільськогосподарські роботи, зокрема автономні трактори та рисосадильні машини, обладнані сенсорами та системами виявлення перешкод. Це сталося раніше, ніж у будь-якій іншій країні, і фактично зробило Японію полігоном для відпрацювання агророботів. Спочатку такі роботи працюють під наглядом оператора (людина спостерігає за їхньою роботою на полі), але сам процес оранки чи посадки виконують автономно.

Окрім автономних тракторів, японці активно розробляють і впроваджують вузькоспеціалізованих роботів для окремих завдань. Уже діють роботи-прополщики для рисових полів, роботи для догляду за чайними плантаціями, автономні дрони для обприскування садів. Значна увага приділяється координації груп роботів: ідея полягає в тому, щоб кілька відносно невеликих роботів спільно виконували роботу на полі під керуванням єдиного центру – це перспективний напрямок, який дозволяє дрібним фермерствам Японії масштабувати роботизацію. Уряд Японії підтримує такі інновації фінансово та нормативно: ще в 2017 році Міністерство сільського господарства розробило настанови з безпеки для аграрних роботів, а також поставило амбітну мету – до 2020 року досягти повноцінного використання роботів, здатних автономно переміщатися між ділянками та працювати під віддаленим наглядом оператора. Хоча повністю реалізувати цю мету завадила низка технічних і правових складнощів, Японія продовжує залишатися світовим лідером у розробці агротехнологічних роботів. Технічний сервіс у японському АПК дедалі більше зміщується з обслуговування механічних вузлів до обслуговування електроніки та програмного забезпечення. Виробники сільгосптехніки (наприклад, Yanmar, Kubota) створюють спеціальні підрозділи для підтримки високотехнологічних машин. Фахівці цих сервісів мають навички в IT, робототехніці, сенсорних системах. Важливо, що автоматизація доповнюється використанням штучного інтелекту та Big Data: японські фермери застосовують платформи, які аналізують знімки полів з дронів, дані про погоду та стан ґрунту, щоб оптимізувати роботи. Роботизовані комплекси збирають великий обсяг даних, і на їх основі сервісні компанії надають рекомендації щодо налаштування техніки, графіку ремонту, заміни деталей тощо. Японський підхід демонструє, як можна підтримувати продуктивність агросектору навіть за умов нестачі людських ресурсів – через максимальну механізацію й інтелектуалізацію процесів обслуговування.

Німеччина відома своїми міцними інженерними традиціями та потужним машинобудуванням, що безпосередньо впливає і на аграрну галузь. Німеччина є третім у світі виробником сільськогосподарської техніки (після США та Китаю) із обсягом внутрішнього ринку понад 7 млрд євро (станом на 2022 рік). Провідні німецькі бренди (CLAAS, Fendt, Lemken та ін.) не лише виготовляють сучасну техніку, а й вибудували розгалужені системи її сервісного обслуговування по всьому світу. На внутрішньому ринку Німеччини агровиробники зазвичай мають доступ до сервісних центрів у радіусі кількох десятків кілометрів, а конкуренція між сервіс-провайдерами стимулює високий рівень якості та швидкості послуг. Особливістю німецького підходу є активна участь держави та наукових установ у впровадженні інновацій у технічний сервіс. У рамках стратегії "Цифровий агросектор" (Digital Farming або Farming 4. 0) уряд і федеральні землі фінансують численні проєкти, спрямовані на поєднання класичного сільгоспмашинобудування з сучасними IT-рішеннями. Зокрема, Федеральне міністерство продовольства та сільського господарства Німеччини (BMEL) підтримує 36 спільних дослідницьких проєктів у сфері застосування штучного інтелекту в агро-секторі, виділивши на них грантове фінансування обсягом 44 млн євро. 24 із цих проектів стосуються рослинництва (точного землеробства, моніторингу полів, прогнозування врожайності за допомогою AI), ще кілька – покращення добробуту тварин через розумні системи годівлі та догляду. Така підтримка дозволяє швидко впроваджувати новітні досягнення науки у практику. На рівні фермерських господарств у Німеччині впроваджено багато елементів смарт-ферм. Близько половини німецьких аграріїв планують інвестувати в сенсорні технології для тваринництва та рослинництва у найближчі роки. Уже зараз на багатьох фермах встановлено сенсори, що відстежують стан худоби (температура, активність тощо) та автоматично повідомляють ветеринара при відхиленнях. У рослинництві широко застосовуються датчики вологості ґрунту, дрони з мультиспектральними камерами, системи точкового внесення добрив. Усе це вимагає нового рівня сервісу – аграрного IT-аутсорсингу. Поряд

із традиційними механіками в Німеччині з'являються агротехнологічні консультанти – фахівці, які налаштовують програмне забезпечення тракторів, калібрують сенсори, вчать персонал користуватися даними. Німецькі фермери об'єднуються у кооперативи для спільного користування дорогою технікою і сервісом – відомі "машинні кільця" (Maschinenringe), які координують спільну експлуатацію та ремонт техніки між кількома господарствами. Така кооперація підвищує завантаженість машин і робить професійний сервіс більш доступним для невеликих фермерів. Ще один пріоритет у Німеччині – екологічність та енергоефективність технічного обслуговування. У країні діють суворі екологічні норми щодо використання пестицидів, добрив і контролю викидів від техніки. Це стимулює розвиток рішень, як-от роботизовані системи для мікродозованого внесення пестицидів тільки на уражені ділянки поля, або механічний обробіток бур'янів автономними роботами замість суцільного обприскування хімікатами. Високий попит на органічну продукцію всередині країни також диктує потребу у "розумних" технологіях, які забезпечать врожай без шкоди для довкілля. Таким чином, досвід Німеччини демонструє збалансований розвиток технічного сервісу: потужна виробнича база доповнюється державною підтримкою інновацій, кооперацією та орієнтацією на сталість.

Нідерланди – відносно невелика країна з обмеженими земельними ресурсами, проте вона перетворила цей виклик на перевагу, ставши світовим лідером з впровадження високих технологій в агропромисловість. Нині Нідерланди є другим за обсягом експортером сільськогосподарської продукції у світі після США, що вражає з огляду на їх площу. Такий успіх багато в чому досягнутий завдяки ставці на інновації та ефективність. Голландські фермери працюють в умовах дорогої землі та праці, тому змушені бути максимально продуктивними: як відзначає один з агроменеджерів, через високу вартість ресурсів "фермерам у Нідерландах доводиться бути ефективнішими за інших, і ця конкуренція підштовхує інновації та технології".

Головний акцент у технічному забезпеченні нідерландського сільського господарства зроблено на закриті системи землеробства (тепличні комплекси, вертикальні ферми) та високоточні технології. Країна відома своїми ультрасучасними теплицями, де автоматизовано майже все: контроль клімату, полив (з використанням аеропоніки та гідропоніки), дозоване живлення рослин, збір врожаю. Багато тепличних господарств перейшли на відновлювані джерела енергії (наприклад, геотермальне опалення) і замкнені цикли використання води та живлення, досягаючи майже повної circular economy в агровиробництві. Для обслуговування такої технічно складної інфраструктури сформувалися спеціалізовані сервісні компанії, які займаються підтримкою систем керування теплицями, калібруванням сенсорів, ремонтом роботизованих візків тощо. У відкритому ґрунті Нідерланди також впроваджують новітнє обладнання: автоматизовані доїльні зали і роботи на молочних фермах (нині понад 30% голландських молочних ферм використовують роботизоване доїння), дрони для моніторингу полів, роботи для збирання овочів та ягід. Значну роль відіграє державна підтримка досліджень і розвиток публічно-приватних партнерств. В Нідерландах діє всесвітньо відомий центр аграрних досліджень – Університет Вагенінген, що тісно співпрацює з бізнесом, впроваджуючи розробки безпосередньо на фермах. Урядові агенції, такі як Нідерландське агентство підприємництва (RVO), надають гранти і консультації агротехнічним стартапам. Це сформувало своєрідну екосистему агроінновацій: стартапи розробляють сенсори, роботи, програми для аграріїв, великі підприємства їх впроваджують, науковці консультують і навчають, а держава координує та стимулює співпрацю. Для забезпечення екологічної стійкості технічного сервісу голландці впроваджують практики, які мінімізують шкідливий вплив на довкілля. Наприклад, фермери майже не використовують пестицидів у теплицях – замість цього застосовується біологічний захист, а для контролю шкідників на відкритих полях – точкові обприскувачі з комп'ютерним зором. Викиди CO? на тепличних комбінатах знижують, повторно використовуючи його для підживлення рослин (CO? подають у теплиці з сусідніх промислових об'єктів, зменшуючи загальні викиди). Такі рішення вимагають високого рівня інженерного супроводу і регулярного моніторингу технічних систем. Тому технічний сервіс у Нідерландах – це передусім сервіс високих технологій: від айтішників, які обслуговують програмні комплекси, до інженерів, що налаштовують роботизовані рукави для збирання овочів. Досвід Нідерландів демонструє, як інновації в сервісі та виробництві дозволяють досягти надзвичайної ефективності: країна з невеликою територією годує значну частину світу, залишаючись при цьому екологічно відповідальним виробником.

На основі аналізу українських реалій та світового досвіду можна визначити ряд напрямів, які здатні якісно підвищити рівень технічного сервісу АПК України в найближчій перспективі. Врахування цих підходів та інновацій сприятиме розв'язанню накопичених проблем і дозволить українському агросектору стати більш продуктивним і конкурентним.

Першочерговим кроком є перехід від паперових журналів обліку до цифрових систем управління

парком техніки. Необхідно впроваджувати програмне забезпечення для планування технічного обслуговування (ТО) та управління запасами запчастин. Сучасні CMMS-системи (Computerized Maintenance Management System) дозволяють автоматично відстежувати напрацювання кожної машини (через введення даних або зчитування із датчиків) і формувати графік ТО згідно з регламентом виробника. Використання таких систем запобігатиме пропускам критично важливих обслуговувань (заміни оливи, фільтрів, ременів тощо) і, як наслідок, зменшить ризик аварійних поломок. Наступний рівень – обладнання техніки датчиками IoT (інтернету речей) та телеметричними модулями. Хоча більшість наявних в Україні тракторів і комбайнів старого покоління не мають вбудованих датчиків, існують відносно недорогі рішення для модернізації: встановлення трекерів GPS/ГЛОНАСС для моніторингу місцезнаходження і маршруту техніки, датчиків рівня пального, температури двигуна, тиску оливи, вібрації тощо з передачею інформації на сервер. Створення єдиної диспетчерської системи на рівні підприємства або кооперативу дозволить в режимі реального часу бачити, яка техніка працює, а яка потребує уваги. Наприклад, якщо трактор перегрівається або тиск оливи падає – система одразу попередить механіка, і той зможе вчасно вжити заходів, не доводячи до капітального ремонту. Впровадження предиктивної аналітики на основі цих даних – стратегічна мета цифровізації. Аналіз великих обсягів інформації (Big Data) про роботу техніки дозволить з часом прогнозувати відмови з високою точністю. В українських умовах починати можна з малого: поступово оснащувати хоча б новопридбану техніку телеметрією, навчати персонал користуватися онлайн-платформами типу John Deere Operations Center, Claas Telematics чи їхніми універсальними аналогами. Державі та галузевим асоціаціям варто стимулювати цей процес, наприклад, через часткову компенсацію витрат на встановлення систем GPS-моніторингу та датчиків для аграріїв. Таким чином, створиться підґрунтя для переходу до обслуговування на основі фактичного стану техніки, а не лише за нормативами або "по факту" поломки.

Другим напрямом є поступове залучення технологій автоматизації та робототехніки безпосередньо у процес технічного обслуговування та виробничі процеси на фермах. Українським аграріям варто звернути увагу на доступні на світовому ринку рішення:

Дрони та безпілотники для моніторингу полів і техніки. Безпілотні літальні апарати можуть оперативно обстежувати великі площі, виявляючи проблемні зони (пересохлі чи перезволожені ділянки, пошкодження посівів шкідниками). Інтеграція дронів з системою сервісу дозволить краще планувати роботу техніки: наприклад, вчасно перенаправити обприскувач на уражену ділянку, уникнувши втрати врожаю. Крім того, дрони можуть застосовуватися для швидкої доставки дрібних запчастин або витратних матеріалів до техніки в полі, що вже тестується за кордоном.

Автономні трактори та комбайни. Повністю безпілотні трактори стають реальністю – низка виробників (John Deere, Case, а також стартапи) презентували комерційні моделі автономних машин. В українських умовах їх впровадження – питання недалекого майбутнього, особливо на великих ланах півдня та сходу. Варто вже зараз готуватися до цього: оновлюючи парк, обирати моделі з можливістю дооснащення автопілотом, навчати персонал працювати з системами автоматичного водіння. Автоматизація роботи техніки, окрім підвищення продуктивності, зменшує навантаження на механізаторів і дає змогу більш точно дотримуватися технології (наприклад, уникати перекриттів чи непрокритих смуг при посіві чи обприскуванні). Для технічного сервісу це означає зміну профілю роботи: більше уваги приділятиметься обслуговуванню електронних компонентів, калібруванню сенсорів і програмуванню автопілотів. Необхідно буде створювати окремі підрозділи або залучати спеціалізовані фірми для підтримки саме автоматизованої техніки.

Роботизовані помічники в обслуговуванні. Сервісні центри можуть впроваджувати елементи автоматизації в своїх майстернях – наприклад, використовувати роботизовані маніпулятори для підйому важких вузлів, автоматичні мийки деталей, діагностичні стенди з ЧПУ. Це підвищить якість ремонту і скоротить час простою техніки. Великі агрохолдинги, що мають власні ремонтні депо, можуть інвестувати в такі системи, тим самим піднімаючи рівень внутрішнього сервісу до світових стандартів.

Для України критично важливо створити доступну мережу сервісних точок обслуговування техніки по всій території аграрного виробництва. Деякі кроки в цьому напрямку можуть бути такими:

Підтримка відкриття регіональних сервісних центрів. Державні програми і місцева влада можуть стимулювати бізнес відкривати сучасні СТО для сільгосптехніки в сільських районах, надаючи пільгові кредити, компенсації за обладнання тощо. Особливо актуально це для віддалених від обласних центрів районів. Наявність поруч сервісної станції, оснащеної діагностичною апаратурою та складом запчастин, різко підвищить оперативність ремонтів.

Мобільні сервісні бригади. Варто розвинути практику створення мобільних сервісних команд при дилерах чи незалежних компаніях. Оснащені спеціальними вантажівками-майстернями, вони

зможуть виїжджати безпосередньо в поле до поламаної техніки. Це економить час на транспортування машини в майстерню. В таких бригадах мають бути присутні фахівці і з механіки, і з електроніки, щоб на місці виконати діагностику та типовий ремонт.

Підтримка кооперативних майстерень. Малим фермерським господарствам вигідно об'єднуватися в кооперативи для спільного утримання ремонтної бази. За зразком німецьких Maschinenringe, кілька фермерів можуть скинутися на обладнання невеликого сервісного центру, придбати разом діагностичні прилади, найняти на спільну зарплату кваліфікованого інженера. Держава могла б підтримати грантами створення таких міжфермерських сервісних станцій. Це особливо корисно в громадах, де багато дрібних фермерів, яким поодинці не по кишені тримати власну майстерню.

Покращення логістики запчастин. Ще один елемент – налагодження ефективної системи постачання деталей. Можливо, варто створити національну онлайн-платформу або маркетплейс запчастин для сільгосптехніки, де фермер або механік зможе оперативно знайти потрібну деталь у потрібному регіоні. Залучення до такої платформи офіційних імпортерів та виробників деталей, а також приватних продавців, пришвидшить і здешевить пошук компонентів. В ідеалі доставка найпопулярніших запчастин повинна здійснюватися протягом 24 годин по країні – цього можна досягти через партнерство з логістичними компаніями, створення регіональних хабів зберігання тощо.

Без кваліфікованих фахівців жодні технології не спрацюють. Тому пріоритетом має бути підвищення рівня освіти і підготовки кадрів для технічного сервісу. Необхідні кроки:

Оновлення програм навчальних закладів (коледжів, технікумів, університетів) за спеціальністю H7 Агроінженерія. В навчальні плани слід додати курси з основ цифрових технологій, GPS-навігації, робототехніки, менеджменту сервісу. Студенти повинні отримувати навички роботи з діагностичним обладнанням, навчатися сучасним методикам планування ТО. Доцільно налагодити стажування студентів у провідних сервісних центрах країни або за кордоном, щоб переймати передовий досвід.

Перепідготовка діючих інженерів та механізаторів. Для цього можна організувати короткострокові курси та тренінги на базі науково-дослідних установ або сервісних компаній. Тематика – від освоєння комп'ютерних програм до специфіки обслуговування конкретних сучасних моделей техніки. Наприклад, навчити механіка старшого покоління користуватися планшетом з сервісною програмою чи діагностичним сканером – це значно підвищить його ефективність. Фінансувати такі навчання варто як коштом самих агропідприємств (інвестиція в персонал), так і частково за рахунок державних програм розвитку сільських територій.

Залучення молоді в професію. Щоб зацікавити молодих спеціалістів працювати в сільськогосподарському секторі, потрібна популяризація цих професій і створення привабливих умов. Можливо, введення системи грантів чи підйомних для випускників, які поїдуть працювати інженерами в село; забезпечення їх житлом, соціальним пакетом. Важливо показати, що сучасний аграрний інженер – це високотехнологічна спеціальність, де можна реалізуватися і отримувати гідну оплату, особливо в умовах зростання технічної оснащеності агросектору.

Держава та приватні інвестори мають спільно працювати над тим, щоб інновації у технічному сервісі знаходили дорогу до українських полів.

Отже, удосконалення технічного сервісу має бути комплексним – охоплювати технологічні, організаційні, освітні та екологічні аспекти. Реалізація вищезгаданих заходів здатна радикально змінити ситуацію протягом найближчих 5-10 років, вивівши український АПК на якісно новий рівень ефективності.

Інвестиції в розвиток технічного сервісу агросектора – це не лише витрати, а й значний економічний виграш у середньо– та довгостроковій перспективі. Поліпшення системи обслуговування техніки прямо впливає на собівартість виробництва і прибутковість агробізнесу.

Технічний сервіс АПК є фундаментом, на якому тримається ефективність сільськогосподарського виробництва. Аналіз показує, що в Україні цей фундамент потребує серйозного зміцнення: спадок зношеної техніки, брак ресурсів та технологічне відставання стримують розвиток галузі. Водночас досвід провідних країн демонструє, які результати можна досягти, якщо зробити ставку на інновації в обслуговуванні техніки. Проактивний підхід до сервісу в США забезпечує мінімальні простої; роботизація в Японії дозволяє вирішувати проблему дефіциту робочої сили; системна підтримка цифровізації в Німеччині та неймовірні голландські інновації доводять, що навіть за обмежених ресурсів можна досягти світового лідерства у продуктивності.

Для України відкривається вікно можливостей інтегрувати найкращі світові практики у власну модель. Перехід до "розумного" технічного сервісу – з датчиками, даними, аналізом – здатен стати тим прискорювачем, який виведе наш АПК на новий рівень. Важливо, що багато рішень не потребують винаходити велосипед: більшість технологій вже існують і успішно застосовуються, треба лише адаптувати їх і масово впровадити. Не менш важливим є людський фактор – підготовка

цілого покоління інженерів і техніків, які зможуть працювати з агротехнікою майбутнього. Державна політика повинна підтримати ці зміни, заклавши стимули і ресурси для модернізації.

Отже, перспективи технічного сервісу АПК в Україні тісно пов'язані з цифровою трансформацією, інноваціями та міжнародним досвідом. Впровадження описаних кроків сприятиме не лише зростанню врожаїв і прибутків аграріїв, але й посиленню позицій України на глобальному аграрному ринку. На шляху до цієї мети можливі труднощі – від фінансових до ментальних, адже зміна підходів завжди виклик. Проте виграші від модернізації настільки вагомі, що виправдовують зусилля. Україна має всі передумови стати одним зі світових лідерів аграрного виробництва, поєднавши свої природні багатства із сучасними технологіями. Сильний технічний сервіс – один з ключів до цієї амбітної, але досяжної мети.

Список використаних джерел

1. Aleksandr Katsuba. Ukraine's Economy on the Road to Recovery: Challenges, Investments, and Energy. Kyiv Post. 2024. URL: https:www.kyivpost.compost40342#:~:text=despite%20these%20challenges%2C%20I%20see,in%20stabilizing%20the%20economic%20situation/

2. Тарас Висоцький. Україна виробляє понад 70% номенклатури сільгосптехніки. Хвиля. 2024. URL: https://hvylya. net/uk/news/298226-ukraina-proizvodit-bolee-70-nomenklatury-selhoztehniki.

3. Негрей М. Цифрова трансформація аграрного сектору: перспективи, виклики та рішення. Наукові записки НаУКМА. Економічні науки. 2023. Том 8, випуск 1. С. 94-100.

4. Ukraine's ag sector takes massive hit – over $350 million in damages, 25% less sown, 175,000 sq. km mined. The new voice of Ukraine. 2024. URL: https://english. nv. ua/business/the-reduction-of-sown-areas-and-the-challenges-of-logistics-of-the-ukrainian-agro-industrial-complex-50421408.html#:~:text=The%20damage%20caused%20to%20agricultural,Photo%3A%20REUTERS%2FViacheslav%20Ratynskyi

Борак К. В., Руденко В. Г.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж,
Грудовий Р. С., Гонгало А. Й., Хопяк, В. М.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН: АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА РІШЕНЬ ОСТАННЬОГО ДЕСЯТИЛІТТЯ

Роботоздатність сільськогосподарської техніки, тобто її здатність безвідмовно виконувати заплановані роботи протягом необхідного часу, є вирішальним фактором успішності аграрного виробництва. У сезон польових робіт незаплановані простої техніки можуть спричинити значні втрати врожаю і доходів. За оцінками інженерів, лише один день простою (8 годин) під час посівної кампанії може коштувати фермеру близько $2400, а під час жнив – близько $900 (для комплексу техніки на 12 рядів) [1]. Ці втрати зросли майже вдвічі порівняно з початком 2000-х, що підкреслює критичну важливість забезпечення максимальної готовності машин до роботи. Окрім фінансових втрат, простої в пікові періоди (посів, збирання) загрожують несвоєчасним виконанням агротехнічних операцій, що напряму впливає на врожайність.

Основними причинами виходу з ладу сільгоспмашин є зношення вузлів та деталей, підвищені навантаження і вплив агресивних умов експлуатації (пил, бруд, волога тощо). Дослідження показують, що понад 50% поломок сільськогосподарської техніки спричинені саме зносом критично важливих деталей. Наприклад, типовий зернозбиральний комбайн в умовах інтенсивного використання може безвідмовно працювати лише 20-30 годин, після чого потребує технічного обслуговування чи ремонту, а ресурс ножа ротаційного плуга становить лише близько 80 годин. Таким чином, питання підвищення зносостійкості та надійності є надзвичайно актуальним. Останнє десятиліття ознаменувалося стрімким розвитком новітніх технологій, які відкривають нові можливості для підвищення ефективності та роботоздатності сільськогосподарських машин. Автоматизація, електронні системи керування, точне землеробство, штучний інтелект (ШІ) та Інтернет речей (IoT) – всі ці інновації поступово впроваджуються в агротехніку, породжуючи концепцію "Agriculture 4. 0" та "Agriculture 5. 0" – цифрового і розумного сільського господарства. Водночас традиційні інженерні рішення – удосконалення конструкцій, застосування нових матеріалів та покриттів – залишаються ключовими для забезпечення довговічності техніки.

За останнє десятиліття сільськогосподарське машинобудування зробило значний крок уперед у напрямі автоматизації та впровадження цифрових технологій. Наступне покоління сільгосптехніки

оснащується комплексом сенсорів, робототехнічних рішень та аналітичних систем, що дозволяє фермерам приймати більш обґрунтовані рішення і "робити більше меншими засобами". Наприклад, вже стали звичними системи точного землеробства: автоматичне кермування (автопілот) тракторів по GPS-навігації, диференційоване внесення добрив і насіння, картографування врожайності комбайнами. Ці технології підвищують ефективність польових робіт, зменшують перевитрати ресурсів і людський фактор. Автопілот і системи паралельного водіння забезпечують надзвичайно точний рух агрегатів по полю з похибкою до 2-3 см, що мінімізує непродуктивні пропуски чи перекриття. Це не тільки підвищує продуктивність, а й знижує навантаження на механізатора, зменшуючи втомлюваність та ризик помилок при тривалих роботах [2].

Одним із головних трендів є розвиток автономних сільськогосподарських машин. Провідні виробники представили перші прототипи і серійні зразки тракторів без кабіни, здатних працювати взагалі без оператора. Так, компанія John Deere у 2022 році анонсувала автономний трактор на базі серії 8R, обладнаний камерами 360° та ШІ для розпізнавання перешкод – такий трактор може самостійно обробляти поле, поки фермер контролює процес через мобільний додаток. Подібні розробки ведуться і іншими виробниками: в Японії Kubota випробовує автономні рисові сівалки та комбайни, а в Китаї створено експериментальний трактор ET504-H на водневих паливних елементах. Китайський прототип оснащений технологіями 5G зв'язку, міліметровими радарами та системою дистанційного керування цілим роєм техніки. Використання 5G і "рою" безпілотних тракторів дозволяє в режимі реального часу відстежувати стан кожної машини і координувати їх роботу, що підвищує надійність виконання польових операцій. Іншими словами, якщо одна автономна машина зупиниться чи виявить несправність, інші зможуть підлаштувати графік роботи, мінімізуючи вплив простою.

Автоматизація торкнулася не лише тракторів, але й причіпного та навісного обладнання. З'являються роботизовані системи для прополювання та збирання овочевих і ягідних культур, які здатні працювати з високою точністю і обережністю, перевершуючи людську продуктивність. Наприклад, автономні роботи для вибіркового збирання спаржі чи полуниці використовують комп'ютерний зір, щоб акуратно збирати стиглі плоди, не ушкоджуючи рослини. Такі машини поки що дорогі, але демонструють потенціал вирішення проблеми нестачі робочих рук у сезон збору врожаю. Ринок сільськогосподарських роботів стрімко зростає – за прогнозами, його обсяг може сягнути $86,5 млрд до 2033 року (проти $13,4 млрд у 2023), що вказує на значні інвестиції в цей напрям і очікування аграріїв. Крім повної автономії, широко впроваджуються системи автоматизації окремих операцій. Прикладом є автономні комплекси для перевантаження зерна на ходу: комбайн під час жнив може автоматично викликати трактор з бункером-перевантажувачем і, синхронізувавшись через GPS, розвантажувати бункер без зупинки. Такі рішення (наприклад, Raven OMNiDRIVE для тракторів Case IH / New Holland) дозволяють економити час і підвищують продуктивність комбайнового комплексу. Ще один приклад – системи автоматичного розвороту на краю поля: сучасні трактори з GPS-навігацією вміють самі виконувати розвороти і заходити на новий гон без участі водія, що прискорює обробіток поля і усуває можливі помилки на розворотній смузі.

Важливо зазначити, що поряд з перевагами автоматизації виникають і нові вимоги до надійності електронних компонентів і програмного забезпечення. Сучасний трактор обладнаний десятками електронних блоків, сенсорів та приводів автоматичних систем, і відмова будь-якого з них може паралізувати роботу машини. Тому виробники паралельно розвивають системи самодіагностики та резервування. Наприклад, якщо автопілот трактору вийде з ладу, оператор завжди може перейти на ручне керування. Деякі автономні машини мають дубльовані критичні сенсори (наприклад, пара GPS-приймачів) або режими безпечної зупинки у випадку помилки. Попри високі початкові інвестиції, автоматизація обіцяє значний економічний ефект. Аналіз компанії McKinsey показав, що повністю автономні рішення у спеціалізованих культурах (наприклад, у виноградниках та садах) можуть давати понад $400 додаткового прибутку з акра на рік, забезпечуючи подвоєння або навіть чотириразове повернення інвестицій у таку техніку. Таким чином, новітні технології та автоматизація стають ключовими драйверами підвищення роботоздатності агротехніки, зменшуючи залежність від людського фактору і дозволяючи техніці працювати довше, точніше і продуктивніше.

Приклад із практики: у 2023 році фермерське господарство в Каліфорнії обладнало свій парк тракторів електронними системами моніторингу стану та автоуправління. В результаті, за один сезон їм вдалося скоротити пересіви і перевитрати пального на 10%, а також уникнути простоїв під час збирання, оскільки техніка самостійно сигналізувала про необхідність обслуговування завчасно. Цей кейс ілюструє, як поєднання автоматизації (автопілот) і цифрового моніторингу дає подвійний ефект – підвищення продуктивності та надійності роботи машин [3].

Надійність сільськогосподарських машин значною мірою залежить від того, наскільки довго їхні вузли і деталі здатні протистояти зношуванню, уда-

рним і вібраційним навантаженням та корозії. Польові умови експлуатації надзвичайно важкі: деталі машин контактують із ґрунтом, піском, камінням, жорсткими стеблами рослин, зазнаючи абразивного спрацювання та ударів. Вологе середовище і добрива викликають корозію металів. За таких умов традиційні матеріали і конструкції можуть швидко виходити з ладу, тож інженери шукають рішення для підвищення довговічності техніки.

Одним із напрямів є впровадження нових зносостійких матеріалів і спеціальних обробок поверхні деталей. Зокрема, для ґрунтообробних знарядь (лемешів плугів, лап культиваторів, дисків борін) широко застосовується наплавлення твердих сплавів на робочі кромки. Наприклад, відомою технологією є індукційне наплавлення сплаву типу "Сормайт-1" на лемеші плугів. Після наплавлення проводиться додаткова термообробка, що покращує структуру металу і підвищує його твердість та в'язкість. Дослідження показують, що такий леміш служить значно довше за звичайний: ресурс збільшується в 1,5-2 рази, перш ніж кромка спрацюється до граничного стану. Ще кращі результати дає поєднання індукційного наплавлення з наступною електрофрикційною обробкою – ця інноваційна методика дозволяє отримати надтверду зносостійку поверхню з глибоким переходом до основного металу. У польових випробуваннях лемеші, зміцнені за комбінованою технологією, зберігали робочий профіль навіть після обробки на 20-30% більшої площі, ніж звичайні наплавлені.

Ще один підхід – застосування покриттів з твердих сплавів і надтвердих матеріалів. В наукових дослідженнях випробувано різні види покриттів для захисту поверхонь від абразивного зносу. Приміром, у одному експерименті плужні лемеші зі сталі 30MnB5 було по черзі покрито хромом (твердохромове покриття ~20 мкм), хімічним нікелем (~20 мкм) та нітридом титану (TiN, фізичне напилення ~4 мкм). Потім зразки порівнювали з непокритими лемешами при роботі в абразивному ґрунті. Усі види покриттів зменшили знос, але найкраще себе показало покриття TiN – воно забезпечило найменшу втрату маси і довше захищало основу деталі. Твердий хром та електролітичний нікель також зменшили зношування, хоча й менш ефективно. Отже, сучасні матеріалознавчі рішення дозволяють підвищити зносостійкість робочих органів: від традиційних наплавлених твердосплавних смуг до високотехнологічних тонких покриттів (карбідів, нітридів) – вибір залежить від економічної доцільності та необхідного ресурсу.

Окрім матеріалів, інженерне вдосконалення конструкцій сприяє підвищенню надійності. Наприклад, в сучасних тракторах і комбайнах широко застосовуються ущільнені підшипникові вузли і централізовані системи змащення. Ущільнення підшипників перешкоджають потраплянню пилу і бруду, продовжуючи строк їх служби, а автоматичні мастильні системи регулярно подають мастило до критичних точок (шарнірів, втулок), запобігаючи сухому тертю. В результаті вузли зберігають працездатність довше і менш схильні до раптових відмов. Ще один приклад – гасники вібрації та амортизатори ударів у трансмісіях та навісці. Інженери вводять демпфіруючі елементи (пружини, гумові втулки, гідроамортизатори) між вузлами, щоб згладити пікові навантаження при наїзді на перешкоди або різкій зміні режиму роботи. Це зменшує ризик тріщин і поломок рам, осей, кронштейнів.

Поліпшення охолодження і терморежиму – важливий аспект для двигунів і гідросистем. Перегрів масла чи двигуна здатен різко знизити ресурс. Тому сучасна техніка має більш ефективні радіатори, вентилятори з електронним керуванням, додаткові охолоджувачі для гідравлічної рідини. Деякі трактори оснащуються системами автоматичного відключення двигуна при критичному перегріві чи падінні тиску масла – це запобігає серйозним поломкам, переводячи машину в безпечний режим до усунення проблеми.

Інженерні рішення часто включають удосконалення технології виготовлення деталей. Наприклад, перехід на нові марки сталі з бором і мікролегуванням дозволив підвищити міцність та зносостійкість деталей трансмісій без значного здорожчання. Використання лазерного гарту і лазерного наплавлення дає змогу зміцнювати тільки поверхневий шар деталі в місцях контакту, не деформуючи всю деталь термічно. Це застосовується для зубців шестерень, кулачків розподільчих валів, напрямних втулок – ресурс таких компонентів збільшується на десятки відсотків.

У випадках, коли все ж відбувається знос або поломка, на допомогу приходять сучасні технології ремонту і відновлення. Раніше зламану важливу деталь часто заміняли новою, але нині поширюється підхід remanufacturing – відновлення зношених компонентів з використанням зварювання, наплавлення, механічної обробки та нанесення покриттів. Наприклад, лазерне наплавлення порошковими матеріалами використовується для відновлення дорогих валів, гільз гідроциліндрів, корпусів редукторів. Відновлена таким способом деталь може служити не гірше нової, а іноді і довше завдяки застосуванню покращеного матеріалу в зоні ремонту. Це економить кошти фермера і зменшує час простою (порівняно з очікуванням нової запчастини). Важливо, що підвищення надійності та зносостійкості не обмежується лише "залізом". Все ширше застосовуються електронні системи контролю навантаження та стану вузлів. Приміром, деякі сучасні комбайни обладнані датчиками вібрації на підшипниках барабана молотарки: якщо вібрація перевищує норму (через початок

руйнування підшипника або дисбаланс), система попереджає оператора, і той може вчасно зупинити машину для огляду, уникаючи серйозної аварії. Такі датчики встановлюють і на інші вузли – трансмісії, двигуни (детектори детонації, пропусків запалювання), гідросистему (датчики тиску і температури). Зв'язка датчиків з бортовим комп'ютером дозволяє реагувати на передаварійні ситуації до того, як вони переростуть у відмову. Таким чином, інженерні рішення для підвищення роботоздатності охоплюють широкий спектр – від матеріалознавчих інновацій до смарт-систем контролю – і їхнє поєднання забезпечує значний прогрес у довговічності та надійності сільгоспмашин.

Навіть найдосконаліша машина потребує належного технічного обслуговування (ТО) – регулярного догляду, налаштування і планового ремонту. Правильно організоване обслуговування є запорукою збереження роботоздатності техніки протягом усього життєвого циклу. Традиційно фермери дотримуються регламентів ТО, що рекомендуються виробником: наприклад, заміна масла через кожні певні мотогодини, щоденна перевірка вузлів, сезонний огляд і т. д. Однак в сучасних умовах, коли господарства оперують великим парком складної техніки, виникає потреба оптимізувати стратегії обслуговування, щоби мінімізувати простої і витрати.

Колись ремонти виконувалися реактивно – по факту поломки. Сьогодні акцент змістився на превентивні заходи. До них належать планово-попереджувальні ремонти (ППР) через наперед визначені інтервали часу або напрацювання, а також технічне обслуговування за станом. Останнє передбачає проведення ТО тоді, коли показники стану вузлів свідчать про необхідність (наприклад, вібрація, температура чи аналіз мастила). Такий підхід став можливим завдяки розвитку діагностичних засобів і датчиків на машині. Найсучасніша концепція – прогнозно-профілактичне обслуговування (predictive maintenance), що базується на даних сенсорів та алгоритмах штучного інтелекту. Машина, оснащена IoT-сенсорами, постійно збирає інформацію про ключові параметри роботи: температуру двигуна, тиск масла, рівень вібрацій, витрату пального тощо. Ці дані в реальному часі передаються в аналітичну систему, яка зіставляє їх з еталонними моделями та історичними трендами. ШІ аналізує, чи не почали параметри відхилятися від норми, що може вказувати на зародження несправності (наприклад, поступове падіння тиску в гідросистемі може сигналізувати про знос насоса). Якщо виявлено аномалію, система формує попередження та рекомендації, які отримує механік або менеджер парку.

За даними практики, перехід на обслуговування за станом може зменшити загальні витрати на ремонт на ~10-20%, а втрати врожаю через простої – на ще більший відсоток. Наприклад, одне велике господарство в США обладнало свою зрошувальну систему IoT-датчиками тиску і витрати води. Це дозволило виявляти дрібні протікання і закупорки труб на ранній стадії та усувати їх до перетворення на серйозні аварії. В результаті за сезон було заощаджено 15% води і знижено витрати на ремонт на 20%.

Сучасна техніка оснащена портами для діагностики та модемами телеметрії, що дозволяє дистанційно відстежувати її стан і оперативно виявляти несправності. Впровадження цифрових інструментів обслуговування дає змогу проводити ремонти цілеспрямовано і проактивно, значно скорочуючи простої парку машин.

Багато виробників сільгосптехніки сьогодні пропонують телематичні системи для моніторингу парку машин. Наприклад, John Deere JDLink або Case IH AFS Connect – це платформи, які через встановлений на машині модуль передачі даних відправляють на сервер інформацію про техніку (місце знаходження, витрату пального, напрацювання, а також коди помилок та стан датчиків). Власник господарства бачить усі свої машини на екрані комп'ютера чи смартфона, може контролювати графік їх роботи і параметри. Але ще більш цінною є функція віддаленої діагностики та підтримки. Зокрема, в системі John Deere Connected Support дилерський центр отримує інформацію про помилки, що виникли на машині, практично миттєво. Якщо трактор чи комбайн генерує DTC (код діагностики несправності), інженери сервісного центру можуть віддалено проаналізувати цей код і пов'язані дані і визначити ймовірну причину. Далі можливі декілька сценаріїв: або консультант телефонує механізатору і підказує, як усунути проблему власними силами (наприклад, очистити датчик, змінити налаштування), або ж приймається рішення відправити сервісну бригаду. В останньому випадку технік виїжджає вже підготовленим – з потрібними запчастинами і інструментом, знаючи, що саме ремонтувати. Це економить час і усуває ситуацію, коли машина простоює в полі, чекаючи, доки сервіс спершу приїде для діагностики, а потім вдруге – з потрібними деталями. За допомогою таких систем багато неполадок усуваються протягом лічених годин, тоді як раніше на це могли йти дні. Окрім діагностики, телеметрія дозволяє реалізувати віддалені оновлення програмного забезпечення та налаштування. Сучасна техніка багато в чому залежить від прошивок електронних блоків. Раніше для оновлення ПЗ або активації нових функцій потрібно було підключати комп'ютер на місці. Тепер же, завдяки віддаленому доступу, дилер може завантажити оновлення ПЗ на машину по мережі (наприклад, оновити версію системи автоматичного керування або змінити калібрування двигуна).

Це схоже на оновлення смартфона "по повітрю".

В результаті виправляються можливі помилки програм, додаються вдосконалення – і все це без виїзду техніки в майстерню.

Важливим елементом оптимізації ТО є навчання персоналу. Людський фактор все ще відіграє значну роль: недотримання інструкцій з обслуговування може звести нанівець технічний прогрес. Частою причиною поломок є банальне ігнорування щоденних оглядів та регламентів. Експерти зазначають, що багато фермерів не відкривають посібник з експлуатації і не знають усіх точок змащення чи інтервалів заміни фільтрів. Тому сьогодні виробники і дилери інвестують у тренінги для механізаторів та інженерів господарств, щоб підвищити культуру експлуатації. Зростає популярність цифрових чек-листів і додатків, які нагадують про необхідні операції ТО. Наприклад, додаток може щодня виводити список: "Перевір рівень масла, очисть повітряний фільтр, змасти карданні шарніри" – і дозволяє відзначити виконання. Це дисциплінує персонал і гарантує, що базові профілактичні дії не будуть пропущені.

Крім того, організація ремонтної служби в господарстві впливає на швидкість відновлення роботоздатності техніки. Великі агрокомпанії створюють власні мобільні бригади ремонту, оснащені пересувними майстернями. Вони чергують у полі в сезон і можуть швидко дістатися до несправної машини, маючи запас типових запчастин. Такий підхід мінімізує час простою порівняно з ситуацією, коли потрібно транспортувати трактор у центральну майстерню. Стратегії запасу запчастин теж оптимізуються: аналізуючи статистику відмов, менеджери визначають, які деталі ламаються найчастіше (ремені, гідрошланги, фільтри, підшипники певного типу) і завчасно формують запас на складі перед сезоном. Це дозволяє уникнути простоїв, пов'язаних з очікуванням постачання деталей.

Таким чином, оптимізація ТО та ремонтів – це комплекс заходів, що включає перехід на прогнозне обслуговування, використання телеметрії та дистанційної діагностики, вдосконалення планування ремонтів, навчання персоналу та налагодження логістики запчастин. Усі вони в сукупності спрямовані на одне: забезпечити максимальну готовність техніки до роботи при мінімальних витратах. За умов правильної реалізації цих стратегій фермерське господарство може значно підвищити продуктивність і економічну віддачу від машин, уникаючи авралів ремонту посеред поля. Приклад із практики: господарство в Канаді, що має понад 50 одиниць техніки, впровадило систему CMMS (Computerized Maintenance Management System) для керування обслуговуванням. Кожна машина обладнана телеметричним модулем, що повідомляє пробіг, напрацювання двигуна та сигнали про несправності. CMMS автоматично створює заявки на ТО, коли підходить час, та відправляє завдання механікам через мобільний додаток. За рік після впровадження незаплановані простої парку скоротилися на 30%, а витрати на аварійні ремонти – на 25%. Фактично, система окупилася за два роки за рахунок економії та збільшення виробітку техніки. Цей випадок демонструє ефективність цифрових рішень в організації технічного обслуговування.

Сучасні сільськогосподарські машини генерують величезні обсяги даних про свою роботу. Поява недорогих датчиків і засобів зв'язку дозволила перетворити традиційну техніку на частину екосистеми Інтернету речей (IoT), де кожна машина – це "розумний пристрій", підключений до мережі. Штучний інтелект, у свою чергу, дає можливість проаналізувати ці дані і витягти з них корисну інформацію для діагностики та покращення експлуатації. Використання AI та IoT у діагностиці сільгосптехніки – це один з ключових трендів агроінженерії останніх років.

Як зазначалося, обладнання машин численними сенсорами – базова умова для онлайн-моніторингу їхнього технічного стану. Типовий сучасний трактор може мати датчики тиску та температури моторної оливи, охолоджуючої рідини, палива, гідравліки; датчики частоти обертів валів, навантаження на вал відбору потужності, ступеня пробуксовки коліс; сенсори вібрації на двигуні і трансмісії; датчики положення навіски і багато інших. У комплексі вони створюють детальну "картину здоров'я" машини в реальному часі. Підключення до Інтернету (через GSM-модем, супутниковий зв'язок чи Wi-Fi) дозволяє ці дані передавати для централізованої обробки. Наприклад, трактори John Deere серійно оснащуються телематичним шлюзом, який збирає та надсилає дані на хмарний сервер MyJohnDeere. Подібно, інші бренди (Case IH, New Holland, Fendt тощо) мають свої платформи.

На боці сервера або навіть безпосередньо на бортовому комп'ютері машини можуть працювати алгоритми штучного інтелекту, що займаються діагностикою. Один з підходів – машинне навчання на основі історичних даних. Система навчається на великій вибірці прикладів: як поводилися параметри машини до відмови, які ознаки передували поломці. В результаті вона здатна розпізнавати патерни – скажімо, повільне підвищення температури гідравлічної оливи разом зі зниженням тиску і зростанням шуму насоса може означати наближення відмови гідронасоса. Коли AI виявляє такий патерн, він генерує прогноз несправності. Це фактично і є описане раніше predictive maintenance, тільки реалізоване за допомогою AI/ML. Перевага штучного інтелекту – в здатності виявляти складні, нелінійні залежності і робити точніші прогнози, ніж прості порогові правила. Дослідження відзначають, що інтеграція AI та автоматизації дає змогу значно підвищити точність діа-

гностики і зменшити час простоїв.

Інший аспект – комп'ютерний зір. Відеокамери на машинах можуть використовуватися не лише для автономного руху, а й для діагностичних цілей. Приміром, камера, встановлена всередині зернового елеватора комбайна, в поєднанні з нейронною мережею здатна оцінювати потік зерна на наявність сторонніх домішок чи ушкоджених зерен і, побічно, сигналізувати про неправильні налаштування чи збої (наприклад, підвищена кількість битого зерна може вказувати на занадто високі оберти молотильного барабана або тупі били молотарки). Камери також можуть контролювати стан робочих органів – скажімо, стежити за висотою зрізу косарки і сигналізувати, якщо ніж затупився (травостій після проходу занадто рваний і нерівний). Такі рішення поки що експериментальні, але цілком реальні з огляду на розвиток CV (computer vision) в інших галузях.

IoT забезпечує підключеність машин до глобальної мережі, а це означає, що експерти можуть допомагати з діагностикою дистанційно. Уже згадувалося про систему John Deere, де дилери отримують коди помилок та параметри і можуть віддалено консультувати ремонт. Йде далі ідея створення централізованих діагностичних центрів при великих компаніях або сервісних мережах. Уявімо, що дані від тисяч тракторів сходяться в єдиний центр моніторингу. Там ШІ сортує випадки, а інженери-аналітики відстежують найбільш критичні і нетипові ситуації, допомагаючи локальним механікам знаходити рішення. Насправді це вже відбувається – в John Deere функціонує Machine Health Monitoring Center, де інженери аналізують тенденції по флоту машин і навіть передають виробничому відділу рекомендації щодо вдосконалення конструкції проблемних вузлів. Таким чином, зворотній зв'язок від діагностики сприяє покращенню надійності майбутніх моделей техніки. Експертні системи на основі AI можуть підказувати діагностичні рішення. Наприклад, мобільний додаток з доповненою реальністю для механіка: навівши камеру смартфона на трактор, механік побачить підказки, де розташовані ті чи інші вузли, яку послідовність дій виконати для діагностики певної проблеми. Уже розробляються системи, де AI-асистент допомагає в пошуку несправностей: механік описує симптом (наприклад, "сторонній шум у коробці при 5 передачі"), а система, аналізуючи базу знань і дані датчиків, видає ймовірні причини (знос підшипника вторинного валу або некоректна робота гідроперемикача) та спосіб перевірки. Це економить час на діагностику складних комплексних випадків.

Особливо корисним AI може бути при діагностиці двигунів та паливних систем. Сучасні дизелі оснащені електронними блоками керування (ECU), які реєструють десятки параметрів: тиск в рейці, тривалість впорскування, положення клапанів EGR, дані по турбонаддуву тощо. Коли двигун починає працювати нестабільно, AI-алгоритм може проаналізувати тренди цих параметрів і виявити, чи проблема у забитому паливному фільтрі, чи у форсунці, чи в датчику. Наприклад, якщо помітно поступове зниження максимального тиску в паливній рампі, система може порадити перевірити паливний насос високого тиску ще до того, як тиск впаде до аварійного рівня і двигун зупиниться.

В аспекті IoT цікавим є концепт "цифрових двійників" (Digital Twin) техніки. Це віртуальна модель конкретної машини, яка в реальному часі оновлюється на основі датчиків і даних про агрегат. Цифровий двійник дозволяє імітувати роботу машини, прогнозувати її поведінку при різних навантаженнях і навіть моделювати майбутні відмови. Великі виробники, як-от John Deere, вже працюють над такими моделями у хмарі, аби досягти ще точнішої діагностики і прогнозів для обслуговування. Цифровий двійник може врахувати безліч факторів – від стану деталей до погодних умов, щоб, наприклад, порадити оптимальний час для заміни певного вузла чи налаштування машини.

Використання AI та IoT у діагностиці фактично виводить технічне обслуговування на новий рівень знань і прозорості. Машини перестають бути "чорними ящиками" – натомість кожна з них постійно "спілкується" з нами, розповідаючи про свій стан. Це дозволяє перейти від реактивної моделі "поламалося – лагодимо" до проактивної "передбачаємо і запобігаємо", що суттєво підвищує роботоздатність техніки та рентабельність агровиробництва.

Приклад із практики: один з європейських виробників комбайнів впровадив систему AI-налаштування молотарки. Під час роботи комбайна дані з сенсорів потоку зерна, втрат, навантаження двигуна надходять до бортового комп'ютера, де алгоритм машинного навчання коригує налаштування в режимі реального часу – швидкість барабана, зазори підбарабання, потік повітря в гуркоти. Як результат, комбайн завжди працює в оптимальному режимі, не перевантажуючи механізми. Це не тільки підвищило продуктивність збирання на ~5-7%, але й зменшило пікові навантаження на систему обмолоту, підвищуючи її довговічність. Діагностична складова тут – AI відстежує, якщо якийсь параметр не може бути скоригований до норми (скажімо, навіть на мінімальних обертах барабана зерно сильно б'ється) і сигналізує, що, ймовірно, є технічна проблема (затупилися бичі молотильного барабана). Таким чином, ШІ не лише оптимізував роботу, а й непрямо виявляв приховані несправності, допомагаючи механіку вчасно провести ремонт.

Впровадження новітніх технологій та інженерних рішень, спрямованих на підвищення роботоздатності машин, завжди пов'язане з економічними розрахунками. Фермерське господарство або агропідприємство має зважувати затрати на модернізацію чи купівлю нової техніки проти очікуваних вигод у вигляді збільшення продуктивності, зниження витрат і ризиків простоїв. Економічні аспекти є визначальними при прийнятті рішень: чи варто, приміром, оснащувати існуючий трактор системою автопілоту, чи окупиться заміна плугів на більш зносостійкі, чи виправдано купувати дорогий автономний агрегат.

Нові технології зазвичай потребують суттєвих інвестицій. Автономні трактори і комбайни поки що коштують значно дорожче за звичайні аналоги через високу ціну сенсорів, комп'ютерів та розробки ПЗ. За оцінками експертів, базова ціна автономного трактора стартує від $500 тис., що робить його недоступним для дрібних фермерів. Такі капіталовкладення економічно виправдані переважно на великих площах – за підрахунками, покупка автономної техніки має сенс на господарствах понад 3-5 тисяч акрів (1200-2000 га), де можна реалізувати її цілодобову експлуатацію і отримати максимальну віддачу. На малих же ділянках (менше 200-300 га) окупність наразі сумнівна, адже техніка просто не встигне "заробити" на себе за час її ресурсу.

Подібна ситуація і з деякими іншими новинками. Наприклад, електричні трактори дають економію на паливі та обслуговуванні, але їхня ціна зараз вища за дизельні аналоги. Фермер має розрахувати, за який період зекономлені кошти покриють різницю. Часто модернізація існуючої техніки є більш економічно вигідною, ніж покупка нової. Якщо трактор механічно справний, але не має сучасних функцій, є сенс дооснастити його – встановити систему автокерування, телеметрію, тощо. Такі ретрофіт-комплекти (наприклад, набір для автономної роботи від компанії Sabanto або система автопілот Trimble) коштують десятки тисяч доларів, тоді як новий "розумний" трактор – сотні тисяч. До того ж, ретрофіт дозволяє продовжити життя наявної техніки і відстрочити витрати на купівлю нової машини. З іншого боку, надмірна економія на оновленні може обійтися дорожче. Якщо машина стара і часто ламається, постійні ремонти і простої можуть перевищувати плату за лізинг чи кредит на новішу, надійнішу модель. Тут корисним є поняття Total Cost of Ownership (TCO) – сукупної вартості володіння технікою протягом певного часу, яке враховує не лише ціну покупки, а й витрати на ремонт, обслуговування, пальне, страховку, втрати від простоїв тощо. Приклад: два комбайни одного класу – старий (амортизований) і новий. Старий вже не має балансової вартості, але кожен сезон потребує капремонту двигуна або заміни коробки, що виливається у десятки тисяч доларів, і кілька днів простою. Новий комбайн з гарантією майже не ламається, проте щороку потрібно платити лізинговий платіж. Порівняння TCO може показати, що новий комбайн забезпечує нижчі сумарні витрати і кращу прогнозованість (особливо, якщо врахувати втрати врожаю через поломки старого). Тому економічно раціонально замінити стару техніку, навіть якщо вона ще "їздить".

Заходи з підвищення роботоздатності – зносостійкі деталі, додаткові сенсори, системи діагностики – також мають оцінюватися на предмет рентабельності. Наприклад, загартовані або наплавлені плужні лемеші можуть коштувати в 1,5-2 рази дорожче за звичайні. Якщо вони служать вдвічі довше, то начебто витрати рівні. Але потрібно врахувати вартість простою на заміну: замінити леміш – це час і праця. Менша частота замін – більше часу трактор у роботі. Особливо критично це під час посівної: якщо потрібно менше зупинок, можна швидше завершити роботи і перейти на інше поле. Тут вигода від довговічніших деталей уже перевищує їхню дорожчу ціну. Тому великі господарства часто не економлять на якісних запчастинах, розуміючи, що "дешево" може обернутися дорогими простоями.

Використання штучного інтелекту та IoT теж потребує інвестицій (в сенсори, програмне забезпечення, підписки на сервіси даних). Однак воно виправдане, якщо призводить до відчутної економії. Як згадувалося, predictive maintenance знижує витрати на ремонти і простої. В цифрах це може означати, що за 5 років господарство заощадить, умовно, $50 тис. на ремонтах – і ці гроші можуть перекрити вартість впровадження системи. До того ж, є непрямі економічні ефекти: краще обслуговувана техніка має вищу залишкову вартість при продажу на вторинному ринку. Якщо трактор весь час був під моніторингом і всі регламенти виконувалися вчасно, покупець буде готовий заплатити більше, знаючи, що машина в хорошому стані.

Модернізація техніки часто пов'язана не лише з підвищенням надійності, а і з підвищенням ефективності використання ресурсів – пального, добрив, насіння. Приміром, точне землеробство дозволяє зменшити пересіви, економити добрива, оптимізувати витрату пального завдяки рівномірному руху. Це прямі заощадження коштів. У масштабах великих полів економія може бути значною – 5-10% дизпалива щороку, що для агрохолдингу перетворюється на десятки тисяч доларів. Тому вкладення в GPS-навігацію, датчики та IT-системи управління часто окуповуються через кілька сезонів просто за рахунок зменшення витратних матеріалів. А зменшення витрат пального – це ще і скорочення викидів CO?, що стає дедалі

важливішим з огляду на "зелені" вимоги і можливі екологічні платежі. Деякі господарства отримують додаткові стимули чи гранти за впровадження енергозберігаючих технологій.

Економічні вигоди слід розглядати і в ширшому контексті. Надійна техніка сприяє стабільності аграрного бізнесу. Прогнозований виробничий процес зменшує ризики зриву контрактів поставки, штрафів за невчасну поставку продукції тощо. Крім того, модернізація техніки підвищує привабливість агробізнесу для інвесторів: господарство з сучасним парком, де впроваджено ефективні практики, оцінюється вище, ніж те, що працює "по-старому". Також, висока технічна культура зменшує травматизм і аварії, що теж має економічний вимір (менше витрат на лікування, компенсації, простій через розслідування).

Оскільки малим фермерам складно інвестувати в дорогі новації, розвиваються альтернативні моделі, що мають економічний сенс для всіх сторін. Один з варіантів – аутсорсинг або сервіс на основі техніки. Згідно з досвідом країн Азії, дрібні господарства можуть користуватися послугами механізованих загонів або кооперативів, які мають сучасну техніку. Таким чином, фермер платить лише за виконану роботу, уникаючи великих капіталовкладень. В Україні також поширюються послуги аграрного підряду – коли компанія з технікою приїздить і виконує, скажімо, збирання врожаю за певну плату з гектара. Для власника техніки це спосіб монетизувати інвестиції, завантажити машини, а для замовника – доступ до передових технологій без покупки. Кооперація та спільне використання техніки – ще один шлях: кілька господарств складуться разом на дорогий комбайн або обприскувач і розподілять графік його роботи між собою. Це особливо доцільно, якщо в кожному окремому господарстві машина використовувалася б неповний сезон (простоювала б частину часу). Державна підтримка та гранти також впливають на економіку модернізації. В ряді країн уряди субсидують придбання ресурсозберігаючої техніки або компенсують відсотки за кредитами на оновлення парку. Наприклад, програми з підтримки електротракторів, що передбачають податкові пільги чи прямі дотації, роблять їх придбання більш виправданим з точки зору фермерських фінансів. Якщо без дотації електротрактор окупиться за 7 років, а з дотацією – за 4, то більше господарств зважаться на цю інвестицію.

Підсумовуючи, економічні аспекти зводяться до аналізу "витрати-технологія-вигода". Кожне рішення про модернізацію потребує бізнес-плану: як це вплине на собівартість продукції, на обсяги виробництва, на ризики. Загалом, останні дослідження і практичний досвід підтверджують: інновації в агротехніці підвищують конкурентоспроможність господарств, сприяють зростанню продуктивності та сталому розвитку агросектору. Вони ведуть до економії ресурсів, зниження витрат праці, покращення якості продукції. Звісно, ефект проявляється повною мірою, коли впроваджено належні умови – навчено персонал, адаптовано управлінські процеси. Але ті, хто зміг успішно модернізувати свій парк, отримують довгострокові економічні вигоди: стабільні врожаї, передбачувані витрати і можливість масштабувати виробництво з меншими капітальними ризиками.

Приклад із практики: фермерське господарство на 300 га стояло перед вибором – купити новий обприскувач з технологією точного внесення (автовідключення секцій, GPS) за $100 тис., або залишити старий без таких функцій. Порахувавши, фермер з'ясував, що точне внесення зекономить йому близько 5% пестицидів і гербіцидів на рік (на суму ~ $5 тис.), плюс 2-3% пального (~ $1 тис.), а найголовніше – покращиться рівномірність обробки, що підвищить врожайність на ~2% (прибуток +$4-5 тис.). Таким чином, щорічний додатковий ефект ~ $10-11 тис. Новий обприскувач окупився б за 9-10 років. Фермер скористався державною програмою компенсації 25% вартості, що скоротило строк окупності до ~7 років, і прийняв рішення оновити техніку. Через два роки він відзначив, що крім прямого економічного ефекту, отримав менше головного болю – новий обприскувач жодного разу не ламався, тоді як старий раніше щосезону простоював через поломки насосів або штанги. Цей кейс демонструє, як економічний розрахунок і підтримка модернізації сприяють оновленню парку, що в кінцевому рахунку підвищує прибутковість агровиробництва.

Підвищення роботоздатності сільськогосподарських машин – багатоаспектне завдання, що вимагає одночасного застосування передових технологій, інженерних інновацій, ефективних практик експлуатації та обґрунтованих економічних рішень. Аналіз останніх наукових, технічних і виробничих джерел свідчить, що за минуле десятиліття в цій сфері досягнуто значного прогресу. Новітні технології та автоматизація дозволяють зменшити залежність від людського фактору і максимально реалізувати потенціал машин, забезпечуючи високу точність і продуктивність роботи. Інженерні рішення – від нових матеріалів до вдосконалення конструкцій – підвищують зносостійкість та надійність вузлів, продовжують ресурс техніки і знижують ризик раптових відмов. Оптимізація технічного обслуговування за рахунок переходу до проактивних стратегій, телеметрії і навчання персоналу дозволяє уникати значної частки поломок і тримати парк машин у постійній готовності. Штучний інтелект та IoT трансформують підхід до діагностики – тепер

машина сама сигналізує, що і коли їй потрібно, а помилки можуть виправлятися ще до того, як спричинять простій. Нарешті, економічні розрахунки показують, що інвестиції у модернізацію техніки в більшості випадків окупаються підвищенням ефективності виробництва, зниженням витрат і втрат, хоча потребують зваженого підходу і можуть вимагати нових бізнес-моделей для дрібних фермерів.

Конкретні приклади – від впровадження автономних тракторів до використання твердосплавних покриттів на плугах – підтверджують життєздатність і корисність розглянутих рішень. В реальних умовах господарств ці інновації приводять до суттєвого збільшення напрацювання на відмову, скорочення часу на ремонт та обслуговування, а отже – до зростання врожайності та прибутковості. Водночас, розвиток технологій продовжується: агроінженерія рухається до концепції Agriculture 5. 0, де інтелектуальні машини, об'єднані в єдину мережу, здатні автономно виконувати весь цикл польових робіт з оптимальною продуктивністю і мінімальним зносом. Майбутні дослідження і розробки зосереджені на ще більш зносостійких матеріалах (наприклад, використання наноматеріалів, керамічних композитів), удосконаленні алгоритмів ШІ для діагностики та управління, а також на екологічній складовій (зменшення негативного впливу на довкілля, перехід на електротягу та відновлювані джерела енергії). Для фермерів і агропідприємств шлях до підвищення роботоздатності техніки лежить через комплексний підхід: потрібно одночасно модернізувати парк, впроваджувати нові технології, забезпечувати якісне обслуговування і економічно обґрунтовувати кожен крок. Ті, хто це робить, отримують конкурентну перевагу на ринку – стабільні високі врожаї за нижчої собівартості, гнучкість до погодних та ринкових викликів, можливість ефективного розширення діяльності. В кінцевому рахунку, підвищення надійності та працездатності сільгоспмашин є складовою частиною побудови стійкої та продуктивної агросистеми, здатної задовольнити потреби зростаючого населення в продовольстві та забезпечити економічний розвиток сільських територій.

Список використаних джерел

1. Ying Wang,Dong Li,Cheng Nie,Pan Gong,Junsheng Yang, Zhigang Hu,Bin Li and Ming Ma. Research Progress on the Wear Resistance of Key Components in Agricultural Machinery. Materials 2023, 16(24), 7646; https://doi. org/10. 3390/ ma16247646.

2. Vasanth Ganesan, Evania Hong, and Julia Kalanik. Trends driving automation on the farm. McKinsey Company. 2023. URL: https://www. mckinsey. com/industries/agriculture/our-insights/ trends-driving-automation-on-the-farm#/.

Borak K. V.
Zhytomyr Agricultural and Technical College,
Biletskyi V. R., Dubovyi A. V., Wagner A. Y.
Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine.

IMPROVING THE RELIABILITY OF AGRICULTURAL TRACTORS

Reliability is a cornerstone of agricultural machinery performance. Tractors operate as the workhorses of the farm, often performing long hours under harsh conditions with minimal room for unexpected failures. A breakdown during critical periods – such as planting or harvest – can lead to significant operational delays, financial losses, and even crop loss. In fact, downtime in agriculture has far-reaching consequences: from delayed field work to extra labor costs and reduced yields. A single equipment failure at the wrong time can compromise an entire season's work. Therefore, ensuring that tractors are highly reliable and durable is a top priority for farmers and equipment manufacturers alike.

Reliability isn't just about avoiding inconvenience; it directly impacts farm economics and productivity. Studies in industrial settings show unplanned downtime can cost businesses over $100,000 per hour. While farm tractors may not rack up losses at that rate, the principle is similar: unexpected tractor failure during a narrow planting or harvesting window can ruin a crop, translating to a year's income lost. Accordingly, surveys indicate that reliability is often rated the number one factor when purchasing new equipment. Improving tractor reliability means maximizing uptime, ensuring tasks are completed on schedule, and safeguarding the farm's profitability and reputation. This requires a multifaceted approach, including mechanical durability by design, effective maintenance strategies, adaptation to climate and terrain challenges, and leveraging modern technologies for monitoring and prediction.

In the following sections, we delve into technical aspects of improving agricultural tractor reliability. We examine how materials and engineering design contribute to mechanical durability, explore

preventive and predictive maintenance practices, assess environmental impacts like climate and terrain on tractor performance, and highlight emerging innovations (IoT, AI, machine learning) that are shaping the future of reliable farming equipment. Case studies and industry trends will illustrate real-world successes in boosting tractor longevity and dependability. Finally, we conclude with best practices and a look ahead at how tractor reliability may further evolve. By combining robust engineering with smart maintenance and modern technology, farmers and manufacturers can significantly reduce downtime and ensure tractors remain trusty partners in the field for years to come.

Mechanical durability refers to a tractor's ability to withstand stresses and loads over time without failure. It starts with sound engineering design and material selection. Tractors are subjected to heavy loads (towing implements, carrying loads) and irregular forces (bumpy fields, varying traction), so every component – from the engine and transmission to the chassis and axles – must be built to endure these conditions. Key factors in mechanical durability include the choice of structural materials, the design of frames and components for stress distribution, protection against wear (friction, abrasion), and the incorporation of safety margins for fatigue life.

The materials used in tractor construction play a crucial role in reliability. High-quality steels (often alloyed for toughness) are commonly used in frames, axles, and gears, while cast iron is typical for engine blocks due to its strength and vibration damping. Using superior materials can greatly extend component life. For example, gear transmissions in tractors benefit from alloy steels that resist wear and fatigue. A recent study on an 86 kW agricultural tractor transmission found that upgrading the gear material improved durability dramatically. In that case, original gears suffered damage in about 107 hours of heavy field work due to material fatigue; by switching to a stronger alloy (SCM822 steel), the gears met the target lifespan and survived rigorous testing with no damage. This illustrates how material selection can solve mechanical failure issues without major redesigns.

Manufacturers also enhance durability through innovative design features. Modern tractors often have reinforced frames and chassis to handle high stress areas. Critical joints and load-bearing structures are analyzed with finite element methods to ensure stresses remain below fatigue limits during operation. For instance, using thicker gauge steel or adding gussets at high-stress points can prevent frame cracking. High-strength bolts and fasteners secure assemblies to prevent loosening under vibration. Components like the drawbar and three-point hitch are overbuilt to handle shock loads from implements.

Another design consideration is weight distribution and structural balance. A well-balanced tractor (proper center of gravity and axle load distribution) reduces undue stress on any single component and improves stability. Some tractors integrate front ballast or cast iron wheel weights not just for traction, but also to even out loads and reduce strain on the rear axle and transmission when pulling heavy implements.

Protective coatings and treatments further boost mechanical longevity. Many manufacturers apply corrosion-resistant coatings (e. g. powder coat paint, zinc plating) on chassis and body parts to guard against rust, which can weaken structures over time. Gears and shafts are typically case-hardened or nitrided – surface treatments that increase hardness at the contact surfaces – to resist wear and pitting. For example, nitriding a gear can significantly increase its fatigue life under cyclic loads by creating a hard wear-resistant shell around a tougher core.

From the engine to the hydraulics and electrical systems, using premium components and materials is central to reliability. A well-built tractor is composed of parts designed to withstand tough jobs. High-grade engine alloys, robust hydraulic pumps, and heavy-duty bearings all contribute to a tractor that not only performs well initially but maintains performance over thousands of hours. In essence, durability is "designed in" by choosing quality materials and including structural safeguards in the tractor's architecture.

Even with good design, certain areas of a tractor are prone to wear or failure due to the harsh working conditions. Understanding these failure modes allows engineers and operators to address them proactively:

Gear and Transmission Failures. Transmissions endure constant torque transfer and shock loading (especially when changing gears under load or during sudden traction changes). Typical failures include gear tooth wear, pitting (surface fatigue), or tooth breakage from fatigue cracks at the root. As noted earlier, insufficient material strength or improper heat treatment can cause premature gear failures. Solutions involve using alloy steels with high tensile strength and toughness, ensuring proper heat treatment (carburizing and quenching for a hard surface and tough core), and designing gears with adequate safety factors for both bending and contact stresses (ISO gear standards recommend safety factors >1. 4 for bending fatigue and >1. 0 for contact durability). Manufacturers also employ gear design software (e. g. KISSsoft) to optimize gear profiles and predict life under various loads. Improved lubrication (discussed later) in the transmission can mitigate wear as well.

Engine Wear and Overheating. Tractor engines often run at steady high loads in dusty fields. Over time, piston rings, bearings, and valves wear. Overheating is a risk in hot climates or if radiators clog with debris. Materials like ductile iron for engine blocks and forged steel for crankshafts help engines last, as these materials handle heat and stress well. Innovative solutions include improved cooling system

design (higher capacity radiators, coolant filters, and fan clutches that engage as needed) and using turbochargers with intercoolers to manage intake air temperatures on high-power models. Electronic engine management can also protect the engine by throttling down if temperatures or pressures stray from safe ranges. To combat abrasive dust, dual-stage air filters with pre-cleaners are used so that most dust is removed before air reaches the main filter. This extends engine life by keeping internal parts cleaner.

Hydraulic System Leaks and Failures. Hydraulics are central to tractor operation (steering, braking, implement lifting). Hoses and seals can deteriorate, causing leaks that reduce reliability and pose safety issues. Manufacturers improve durability by using high-quality hoses rated for UV and temperature extremes, and by routing them to avoid sharp bends or chafing. Seals made of advanced polymers (like Viton or Teflon blends) better resist heat and chemical attack from hydraulic fluid. Some new tractors feature integrated hydraulic manifolds and hard-lines in place of many hoses, reducing leak points. Regular maintenance (checking filters and fluid, replacing worn hoses) is key to preventing failures here.

Axle and Drivetrain Stress. The axles, differentials, and final drives take the brunt of pulling heavy loads and traversing rough ground. Failures can include axle shaft breakage or differential gear damage, often due to shock loads (like a wheel hitting a stump) or chronic overloading. Design measures for durability include using planetary final drives (common on larger tractors) which spread torque across multiple gears, and making axles from heat-treated alloy steel with a tough core to absorb shocks. Some tractors incorporate wheel slip sensors and traction control that automatically modulate power if excessive wheel spin or sudden load changes are detected, thereby protecting the driveline.

Frame and Structural Fatigue. Repeated flexing of the frame over years (especially in articulated tractors or those with front loaders) can lead to metal fatigue and cracks. Manufacturers combat this with techniques like finite element analysis to reinforce high-stress zones, using frame articulation joints with large tapered roller bearings or bushings to distribute forces, and implementing strict quality control on welds (since a bad weld can be a crack initiation point). For example, high-end tractors may employ robotic welding and even ultrasonic inspection of critical welds to ensure integrity. In some cases, lightweight composites or polymer components are introduced not for primary structure but for secondary parts (hoods, fenders) to reduce overall stress on the chassis without sacrificing strength.

Innovative solutions continue to emerge to improve mechanical durability. Manufacturers like Kubota emphasize precision engineering and rigorous testing to ensure each tractor meets durability standards. Before production, tractors undergo accelerated life testing: running on shaker tables, pulling dynamometers, and operating in extreme temperature chambers to identify weak links. Such testing can lead to design tweaks like adding a reinforcement plate, choosing a different bearing, or rerouting a wiring harness to prevent chafing – all improving the final reliability.

In summary, mechanical durability in tractors is achieved by a combination of robust materials, thoughtful design, and continuous improvement through testing and feedback. By addressing common failure points with better materials (e. g. upgraded gear steel) and design solutions (reinforcements, improved cooling, protective features), modern tractors are far more durable than their predecessors. Many well-maintained tractors now achieve 5,000 to 10,000 engine hours of service life – equivalent to decades of use – thanks to these durability enhancements. However, reaching those high hour milestones also critically depends on maintenance, which we discuss next.

Even the best-engineered tractor will falter without proper maintenance. Reliability in the long run is a partnership between build quality and maintenance quality. There are two broad approaches: preventive maintenance (routine scheduled service to prevent breakdowns) and predictive maintenance (using condition-monitoring and data to predict and fix issues before they cause failure). Effective maintenance covers everything from regular lubrication and inspections to advanced sensor-based monitoring. Here we explore strategies to maximize tractor uptime through maintenance.

Preventive maintenance involves following a routine service schedule recommended by the manufacturer and based on known intervals (hours of operation, seasonal cycles, etc.). The goal is to address wear-and-tear items before they fail. Key preventive maintenance tasks for tractors include:

Engine oil and filter changes. Tractors often operate in dusty, high-load conditions; changing engine oil and filters at recommended intervals (often every 100-250 hours) keeps the engine lubricated and removes contaminants. Clean oil prevents excessive engine wear and overheating.

Air filter cleaning/replacement. In dusty fields, air filters can clog quickly, reducing engine air flow and performance. Regularly inspecting and cleaning the air filter (or replacing it) ensures the engine "breathes" properly. Many tractors have two-stage air filters (primary and safety filter); both should be maintained. Some farmers even use compressed air to blow out filters daily during heavy dust operations (with care to not damage the filter).

Fuel system checks. Replacing fuel filters and draining water separators is important, especially for

diesel tractors. Contaminated fuel or water in fuel can cause injector failure or engine stumbling. Preventive care ensures the fuel system stays clean. In cold climates, using winter-grade fuel or additives prevents fuel gelling (wax formation) that can clog filters.

Lubricating grease points. Tractors have numerous grease fittings (zerks) on pivot points, steering knuckles, three-point hitch linkages, loader pins, etc. Applying grease at proper intervals keeps these joints lubricated, preventing metal-to-metal contact and wear. A structured greasing program is crucial for keeping the tractor's moving joints free of excessive friction.

Hydraulic and transmission fluid service. These fluids not only transfer power but also lubricate and cool internal components. Checking levels routinely and changing fluids/filters as recommended will prevent issues. Low hydraulic fluid can cause pump cavitation and failure, while old fluid may contain particles that wear valves and seals. Many manufacturers suggest hydraulic oil change every 500-1000 hours along with filters.

Cooling system maintenance. Radiators and coolers should be kept clean from debris (chaff, mud) to prevent overheating. Flushing and replacing coolant on schedule is also important because coolant additives that prevent corrosion inside the engine and radiator degrade over time. Hoses and belts in the cooling system are also inspected and replaced if cracked or worn.

Electrical system checks. Ensuring battery terminals are clean and tight, battery electrolyte is topped up (if not sealed), and that charging voltage is correct keeps the electrical system reliable. In cold weather, battery capacity drops, so preventive maintenance might include battery load testing before winter and using battery warmers or trickle chargers as needed.

Preventive maintenance is often formalized in a maintenance schedule or log. Farmers are advised to create a comprehensive schedule listing daily, weekly, monthly, and seasonal tasks. For example, daily checks might include fluid levels and a quick walkaround inspection; weekly might involve deeper inspections of belts, hoses, tire pressure; seasonal (or pre-season) maintenance often includes engine tune-ups, calibrating equipment (like planters or sprayers), and performing any overdue repairs before peak usage. By adhering to such a schedule, farmers can catch early signs of wear (like a frayed belt or a small oil leak) and fix them before they escalate into major failures. The payoff of diligent preventive maintenance is significant: reduced unexpected breakdowns, extended machine life, and improved efficiency. It's noted that regular maintenance can reduce farm equipment downtime by up to 25%, which in turn boosts operational efficiency and saves costs. Moreover, a well-maintained tractor also retains a higher resale value and runs more fuel-efficiently, as a bonus.

Lubrication deserves special emphasis in maintenance because it directly combats the primary causes of mechanical wear: friction and heat. A tractor has many lubrication needs – engine oil, gear oil in the transmission and differentials, hydraulic fluid, and grease for bearings and joints. Each of these must be maintained:

Engine lubrication. Modern diesel tractors use high-performance engine oils with additives that clean and protect. Changing the oil at proper intervals ensures that viscosity remains in spec and acid buildup (from combustion byproducts) is removed. Neglecting oil changes can lead to sludge formation and accelerated engine wear or even catastrophic failure like seized bearings. Always use the grade of oil the manufacturer recommends for the ambient temperature range.

Transmission and gear lubrication. Transmissions, final drives, and gearboxes in implements require the correct gear oil (or hydraulic oil if it's a shared system). These oils need periodic changing because they can degrade and accumulate metal particles from normal gear wear. Proper lubrication prevents gear pitting and reduces noise and heat. For example, a well-lubricated gear set operates with a hydrodynamic film that prevents direct tooth contact, drastically reducing wear.

Greasing points. As mentioned, a routine greasing schedule is key. Grease not only lubricates but also pushes out dirt and moisture from critical joints. Failing to grease bearings or pins leads to squeaking, increased friction, and eventually parts galling or seizing up. Some farmers use automatic greasers on large machinery, but for most tractors, the operator or mechanic must manually grease every fitting on schedule. The choice of grease (water-resistant grease for loader pins, high-temp grease for wheel bearings, etc.) also matters.

Lubrication is also a first line of defense against corrosion. A thin film of oil or grease on metal surfaces prevents moisture from causing rust. For instance, applying a coat of oil on unused equipment parts or chromed hydraulic cylinder rods can prevent rust in humid conditions. In tractors, keeping joints and linkages greased helps inhibit rust in those areas too. As one guide notes, well-lubricated moving parts both enhance smooth operation and protect against corrosion and wear.

Furthermore, oil analysis is an emerging aspect of preventive maintenance. By periodically sending samples of engine or hydraulic oil to a lab, owners can get a report on contaminants and metal particles in the oil, which can reveal abnormal wear in components before a failure. For example, high iron content in transmission oil might indicate gear wear; coolant traces in engine oil could signal a head gasket

leak. This predictive element of oil analysis can supplement routine maintenance by indicating if something is wrong internally.

In summary, consistent and proper lubrication is one of the simplest yet most impactful maintenance practices to ensure reliability. Many catastrophic failures that occur – like a seized engine or a failed bearing – can often be traced back to lubrication neglect. Therefore, a commitment to keeping all lubrication points in top condition directly translates to fewer breakdowns and longer tractor life.

While preventive maintenance follows fixed schedules, predictive maintenance uses data from the machine to optimize when and what maintenance is needed. Modern tractors increasingly come equipped with sensors and telematics systems that enable this approach. The idea is to monitor the health of the tractor in real-time and predict failures before they happen, so maintenance can be performed just in time. This reduces unnecessary maintenance, avoids sudden breakdowns, and can lower overall costs. IoT Sensors and Telematics: Tractors today can be fitted with a variety of sensors: engine and hydraulic oil temperature and pressure sensors, vibration sensors on major components, filters that detect pressure drops (indicating clogging), tire pressure monitors, and more. These sensors feed data into onboard telematics units which can transmit the information to cloud platforms or dealer maintenance systems. For example, John Deere's JDLink telematics system streams data about engine hours, fuel usage, and diagnostic trouble codes. With the data, a Machine Health Monitoring Center can analyze trends and detect anomalies. Thousands of connected machines feeding data allow patterns to emerge – if a certain model shows a vibration pattern before a drive failure, the system learns this. Deere's centralized monitoring and dealer support can then alert a farmer or dispatch a technician before a failure occurs.

Advanced Analytics and AI: The raw sensor data is made useful by advanced analytics. Machine learning algorithms can sift through years of operating data to identify subtle signs of impending problems. One example is using vibration and temperature data from a tractor's drivetrain to predict bearing failure. AI models trained on historical failure data can recognize the "fingerprint" of a bearing starting to spall or a gear beginning to crack. A study applying ML algorithms to tractor maintenance data found failure prediction accuracy could be improved by up to 90% by catching patterns humans might miss. Similarly, algorithms monitor engine telemetry – if an injector is clogging or a fuel pump weakening, slight changes in engine RPM stability or fuel rail pressure might tip off an alert, even if the operator hasn't noticed an issue yet.

Remote Diagnostics and Alerts: With connectivity, many tractors can be diagnosed remotely. If an error code appears or a sensor reading goes out of range, an alert can be sent to the farmer's smartphone or the dealer's service center. Farmers benefit from smartphone apps and dashboards that show their fleet status, upcoming maintenance needs, and alerts. For instance, a connected tractor might send an alert that "Hydraulic oil filter 80% clogged – service soon" based on pressure differential readings. This allows for proactive scheduling of a filter change before the hydraulic system goes into bypass and potentially damages the pump. Manufacturers like John Deere have even enabled remote software updates and calibrations – so some issues can be resolved without a trip to the dealership. This level of remote support minimizes downtime because the machine spends less time waiting for diagnostics or software tweaks.

From a maintenance management perspective, predictive tools help in decision-making. Instead of strictly following a calendar, a farmer might extend the interval of a maintenance task if sensors show everything is healthy (saving cost and downtime), or conversely perform early maintenance if data indicates a concern. Over a fleet of tractors, this can optimize the maintenance budget significantly. It's noted that simply increasing frequency of scheduled maintenance as a precaution can be counterproductive in terms of cost and downtime; predictive maintenance offers a smarter alternative by targeting efforts exactly where needed.

In heavy industry, over 90% of companies report that better maintenance increased their uptime, and many are shifting from run-to-failure to outcome-based maintenance strategies. Agriculture is experiencing the same trend. Farmers and agribusinesses are adopting these predictive maintenance technologies to ensure maximum machine availability. The result is fewer surprise breakdowns during critical operations and a longer effective lifespan for the tractors (since small issues are fixed before they cascade into larger damage).

Beyond sensors and schedules, some emerging technologies are improving how maintenance is conducted:

Drones and Remote Inspection. On large farms or in difficult terrain, drones equipped with thermal cameras can inspect tractors and other equipment for hotspots (indicating friction or electrical issues) or leaks from above. This isn't mainstream yet, but it's a developing field to spot maintenance issues without close manual inspection.

Augmented Reality (AR) for Repairs. Technicians can use AR glasses that overlay service manuals or highlight parts on the tractor as they perform maintenance. This technology can reduce errors and speed up complex repair tasks by guiding mechanics visually. It also allows remote experts to see what a field technician sees and provide live guidance.

Automated Maintenance Reminders. Digital platforms (and even the tractor's own display) now keep track of service intervals and issue reminders.

Many new tractors will flash a service code when an oil change or other interval is due, ensuring the operator doesn't forget. There are also farm management software solutions that log equipment hours and send notifications for upcoming maintenance tasks, integrating maintenance scheduling into overall farm planning.

Outcome-based Service Contracts. As reliability becomes a focal point, some manufacturers and dealers offer contracts where maintenance is managed entirely by them with a guarantee of uptime. For example, outcome-based agreements might stipulate that the service provider keeps the tractor running with >95% availability – if it breaks down, they fix it quickly under contract. This shifts the maintenance planning burden off the farmer and incentivizes the provider to perform optimal preventive/predictive maintenance.

In practice, a blend of preventive and predictive maintenance yields the best results. A farmer might continue with routine tasks (oil changes, greasing) as preventive measures, while using predictive analytics for major components (engine, transmission) to catch unusual behavior. This multi-layered maintenance strategy ensures reliability is maximized from all angles. Regular care keeps the tractor in baseline good condition, and high-tech monitoring adds an extra shield against the unexpected.

Ultimately, maintenance is not just about fixing tractors – it's about preserving reliability and productivity. As one maintenance guide succinctly put it: proper maintenance leads to lower operating costs, higher resale value, and safer, better performance. In the next section, we consider how external operating conditions – climate and terrain – can challenge reliability, and how tractors and their maintenance must adapt to those factors.

Agricultural tractors work in a wide range of environments: scorching summers and freezing winters, dry dusty plains and water-logged fields, smooth pastures and rocky hillsides. Climate and terrain factors profoundly affect tractor reliability. Extremes of temperature can cause component stress or failure if not addressed, humidity and mud can induce corrosion and clogging, while rough terrain imposes vibrations and shock loads that test the tractor's structural integrity. Understanding these impacts helps in designing tractors and maintenance practices that withstand the conditions.

In freezing conditions, tractors face difficulties starting and operating efficiently. Engine oil and hydraulic fluids thicken in the cold, increasing drag on moving parts and making it harder for the engine to crank and pumps to circulate oil. At very low temperatures, batteries deliver less current, reducing starter power. Cold can also make rubber components like belts and tires less pliable, risking cracks. The reliability issues in winter include: hard starting engines, condensation freezing in fuel lines, brittle hoses, and slow hydraulic response.

To combat cold-related reliability problems, several strategies are used:

Block heaters and oil pan heaters keep the engine and oil warm when the tractor is not in use, ensuring easier starts and immediate lubrication flow. In regions like far northern US or Canada, farmers may leave tractors idling or on heaters overnight during cold snaps to avoid start failures.

Winter-grade oils and fluids are crucial. Using lower viscosity engine oil (e. g. 5W-40 instead of 15W-40) and special synthetic hydraulic fluid formulated for cold weather keeps the machine running smoothly in subzero temperatures. These fluids remain pourable and maintain lubricity when standard oils would be gel-like.

Fuel management. Diesel fuel can gel in cold weather, forming wax crystals that plug filters. Operators use winter-blend diesel (with anti-gelling additives) or add their own anti-gel additives to the fuel. Additionally, fuel filters may need more frequent changing in winter and fuel tanks should be kept fuller to reduce condensation (water can freeze and block fuel flow).

Battery care. Ensuring the battery is fully charged and in good condition is vital in winter. Some equip battery warmers or use stronger batteries with higher cold cranking amps. As a preventive measure, many replace batteries preemptively after a few years in cold regions to avoid failures during a cold start.

Warm-up procedures. It's recommended to idle the tractor for a few minutes after start to let the engine and hydraulic systems warm up before applying heavy loads. This practice allows the oil to circulate and prevents sudden stress on cold, brittle parts.

With these measures, tractors can reliably operate in very cold climates, though the strain is still higher than normal. Neglecting winter prep is a common cause of reliability mishaps – for instance, a tractor left with summer diesel in the tank may refuse to start on a freezing morning due to gelled fuel. Thus, the cold demands both design features (heaters, proper fluids) and maintenance practices (winterization routines) to maintain reliability.

Hot Weather: High temperature environments introduce a different set of challenges. Overheating becomes a prime concern. The cooling system (radiator, water pump, fan) must dissipate the heat from the engine which is exacerbated by high ambient temperatures. If the cooling system is marginal or partially clogged, a tractor can overheat on a 40°C day where it would run fine at 20°C. Overheating can cause head gasket failures, warped engine heads, or seized engines – obviously catastrophic for reliability. Hot climates also affect tires (heat buildup at road speeds can cause blowouts if tires are not rated for it), and can shorten the life

of hydraulic seals and hoses (heat makes rubber age faster). There's also increased stress on the transmission if working hard in heat, as its oil can thin out and not lubricate as effectively.

Design and maintenance considerations for heat:

High-capacity cooling systems. Tractors intended for tropical or desert use often have larger radiators, oil coolers, or charge air coolers to handle the heat. Multi-speed or viscous fans can kick into high gear when needed. It's essential to keep the radiator fins clean of debris so they function at full capacity. In very dusty conditions, a technique is to periodically blow out the radiator with compressed air or use a reversible fan that can purge dust from the cooler.

Proper coolant mix. Coolant (antifreeze) raises the boiling point compared to plain water and also lubricates the water pump and prevents corrosion. Maintaining the correct coolant mixture (typically 50/50 antifreeze and water) and condition is key. If coolant is old and its additives depleted, not only is corrosion a risk, but the boiling protection is reduced.

Engine intake and ventilation. Turbocharged engines in hot environments may need intercoolers to reduce intake air temperature for better combustion efficiency and lower engine stress. Ensuring engine compartment panels are clear and any auxiliary ventilation fans (sometimes used in combine harvesters, for example) are working can prevent heat soak.

Operational adjustments. In extreme heat, some farmers avoid running tractors at full load during the hottest part of the day if possible. Also, monitoring gauges closely is important – a rise in engine temperature should prompt an immediate check (it could be as simple as removing chaff from the grille).

Tractors generally are built to work from well below freezing to very high temperatures, but reliability under extremes comes from both robust design (cooling, material choices that handle thermal expansion) and active maintenance (keeping systems clean and filled).

Water – whether in the form of high ambient humidity, rain, or mud – can be the enemy of mechanical longevity. Corrosion is a major issue in farming, as equipment is constantly exposed to the elements and often to fertilizers and chemicals that accelerate rust. Unlike controlled environments (factories), farm equipment sits in barns or outdoors for long periods, and runs in wet conditions that can promote corrosion beyond normal wear and tear.

Corrosion and Rust: When steel parts rust, they lose strength and can seize up. Rust in electrical connectors causes bad connections and sensor failures. Corrosion in the cooling system (from not maintaining coolant) can eat away at radiator fins or engine water jackets. To improve reliability:

Manufacturers use stainless steel or galvanized components for critical small parts (e. g. pins, linkages) where feasible, and apply protective coatings to larger steel parts.

Painting and waxing. Keeping the tractor's paint in good shape isn't just cosmetic – paint protects metal from moisture. Touching up paint scratches and periodically cleaning and even waxing the tractor can help shield it from moisture and corrosive chemicals.

After working with fertilizer spreaders or in manure (both highly corrosive), equipment should be washed to remove residues. Some farmers have a practice of pressure-washing tractors after the season and maybe applying a light oil spray to exposed metal to prevent off-season rust.

Storage. Storing equipment in a dry, sheltered area significantly reduces rust and corrosion. If indoor storage isn't available, using covers or parking on a dry surface (concrete or gravel rather than bare ground) can reduce moisture exposure.

Corrosion is cited as a nemesis of farm equipment maintenance, often more problematic than mechanical wear in the long run. A tractor might have a perfectly good engine and transmission after years, but if the chassis is rusted out or electrical system is unreliable due to corrosion, it's a major reliability issue.

Mud and Moisture Ingress: Operating in muddy, wet conditions can introduce water and dirt into places they shouldn't be. Mud caked on a tractor (especially around the axles, brakes, or the engine bay) can lead to problems:

Mud can trap moisture against metal, promoting rust. It also can dry hard and put stress on moving parts (imagine a thick caking around a drive shaft or in the linkage of a hitch).

If mud or water gets into a breather or a seal that's compromised, it can contaminate oils (for example, mud in the axle oil can ruin bearings).

Wet conditions also test seals and gaskets – a leaky seal might not show up until you go through water and see oil contaminated with water or vice versa.

To preserve reliability in wet conditions, tractors have features like sealed bearings, water-resistant connector plugs, and breather hoses routed upward. Maintenance after heavy mud exposure often means a thorough cleaning. Mechanics will check rubber boots around axles or CV joints for tears since those can let water in. Draining and replacing fluids that might have gotten water (e. g. if a tractor was submerged beyond a certain depth in a flooded field) is done to prevent long-term damage.

Muddy and flooded terrains also challenge the air intake and exhaust. Tractors have air intake systems often mounted high (sometimes with a snorkel) to reduce ingestion of dust and water. If an intake is poorly placed and draws in water, it can cause a hydrolock (water entering engine cylinders) – an instant and severe failure. Thus, design accounts for typical water fording depth and heavy splash, but operators must also use caution not to exceed those limits.

In summary, moisture management is key: keep things dry when possible, and when exposure is inevitable, clean and service the tractor to remove water and prevent corrosion. Simple practices like allowing a wet tractor to dry out in an open, airy space before storage, or using compressed air to blow water out of nooks and crannies, can make a difference in long-term reliability.

At the other end of the spectrum from mud is dust and sand. Dry, dusty conditions (like during harvest in a dry season, or in arid regions) present an abrasive environment that can infiltrate every part of a tractor. Dust causes accelerated wear on moving parts and clogs cooling and filtering systems. For example, dusty conditions can clog radiators and air filters quickly, leading to overheating or engine performance issues if not addressed. It can also mix with grease on pivot points forming a grinding paste that wears joints down. To handle dusty environments:

Air intake pre-cleaners (cyclonic separators) remove a large portion of dust before it reaches the air filter, extending filter life.

Cabin filters and better sealing are used on modern tractors to keep the operator's area dust-free (indirectly helping reliability by protecting electronic components in the cab from dust as well).

Radiator screens and frequent cleaning is necessary; some tractors have rotary fans or screen shakers that continuously knock off dust from intake grilles.

For implements like balers that create chaff, guarding and directed airflow help keep debris away from tractor internals.

Abrasive soils (sand) can also chew up components. Tractors used in sandy desert soils often experience higher wear on tires and ground-engaging implements. The sand can infiltrate joints and cause abrasion. Using better sealing (e. g. cassette seals on wheel bearings) and choosing materials with high hardness for parts exposed to sand (like using boron steel for plow shares) improves durability in such terrain.

Terrain roughness is another major factor. Rocky or uneven terrain induces constant vibrations and shock loads on the tractor's frame and components. Research has shown that long-term exposure to vibrations can degrade the fatigue strength and reliability of tractor components. Every jolt as a tractor traverses a rut or bump transmits stress through the frame and axles. Over time, this cyclic loading can initiate cracks or loosen bolts. Additionally, severe bumps can cause momentary overloads – for example, hitting a rock could stress a front axle beyond its design load, risking a crack or bend (especially if traveling too fast). Manufacturers address rough terrain in several ways:

Suspension systems. Traditional tractors have rigid axles, but newer high-end models may have front axle suspension or cabin suspension. These systems absorb some of the shock from rough ground, protecting both the machine and the operator from vibration. By dampening peaks, they reduce the amplitude of stress cycles on components.

Tire choices and management. Larger tires with lower inflation pressure can also cushion the ride and reduce vibration transfer. Tracks (rubber tracked tractors) spread weight and can give a smoother ride over certain rough ground. However, tracks introduce their own maintenance needs.

Structural reinforcements. If a tractor is intended for forestry or very rough use, it might have extra guarding (e. g. belly pans, guard frames) that not only protect from impacts but sometimes add rigidity.

Operator practice. A part of reliability in rough terrain comes from how the tractor is driven. Manufacturers often educate operators on techniques like reducing speed on rough sections, crossing ditches at an angle to avoid severe jolts, etc. to mitigate stress on the machine.

It has been noted that after prolonged harsh operations, the reliability of key components can decline due to accumulated fatigue damage, potentially leading to accidents or failures if not preemptively addressed. Therefore, periodic inspection of the frame (looking for cracks at welds or high-stress areas) and other components is advised when a tractor has seen extensive rough use. Some farmers will Magnaflux or use dye penetrant on suspect areas in the off-season to check for hairline cracks, then reinforce or repair them to prevent a future breakdown.

In essence, terrain and climate impose external stresses that can be as damaging as the internal stresses from engine power. A reliable tractor must be equipped to deal with heat, cold, wet, dry, smooth, and rough – all the variability that Mother Nature offers. By design (e. g., sealing, cooling, suspension) and by maintenance (e. g., winterizing, cleaning mud, replacing filters), these influences can be managed. This holistic view – factoring environment into the care of the machine – is necessary to achieve high reliability.

Having examined how traditional approaches and environmental adaptation keep tractors running, we now turn to the cutting edge: how new technologies like IoT and AI are further improving reliability and changing the maintenance landscape for agricultural machinery.

The digital age has arrived on the farm. Internet of Things (IoT) connectivity, artificial intelligence (AI), and machine learning are revolutionizing how tractors are monitored, maintained, and even operated. These technologies aim to enhance reliability by providing better information and control – predicting failures, optimizing performance, and sometimes removing the human error factor. In this section, we explore how IoT, AI, and related innovations are being harnessed to improve tractor reliability beyond the traditional

methods.

IoT in agriculture means connecting farm equipment to the internet or local networks to share data and enable remote management. A modern "smart" tractor can have dozens of sensors streaming data about its operation (engine metrics, location, fuel use, etc.). IoT connectivity (via cellular networks, satellite, or farm Wi-Fi) allows this data to be collected and analyzed in real time. The benefits to reliability include:

Real-time Performance Monitoring: Continuous monitoring means any deviation from normal performance can be caught immediately. For instance, if a tractor's oil pressure dips or its engine starts misfiring, an alert can be generated at once. This prevents the scenario where an operator might overlook a gauge and run the machine low on oil, causing damage. Instead, IoT systems can send an alarm to a dashboard or phone.

Geo-fencing and Work Tracking. Knowing where and how the tractor is operating can influence maintenance. If a tractor spent the day in an extremely dusty field (data obtained via location + known field conditions or dust sensors), the system might recommend an air filter check that evening. Or if it's been doing unusually heavy draft work (detected via engine load sensors), an early oil change might be suggested.

Software Updates and Configuration. With connectivity, manufacturers can push software updates to tractors' control units that may fix bugs or improve algorithms (for example, refining the logic that manages engine performance or transmission shifting). Keeping the control software updated can resolve issues that otherwise might have impacted reliability or performance. An example is addressing a known glitch that could cause an unexpected engine stall – a remote patch can eliminate that risk.

Usage Data for Design Feedback. IoT-collected data from many tractors feeds back into the design process. Manufacturers analyze big data to find patterns: e. g., if they see that a certain model frequently runs hotter than expected in a particular region, they might investigate and enhance the cooling system in future versions or issue a proactive service bulletin. This creates a virtuous cycle where real-world data leads to design improvements, which lead to more reliable next-generation tractors.

One concrete implementation is John Deere's Connected Support platform which includes features like Expert Alerts. The tractor sends data to the cloud; algorithms analyze it and if a known issue pattern is recognized, an alert is sent to the dealer and owner describing the likely problem and recommended fix – often before the machine actually fails. This has transformed maintenance from reactive to proactive in many cases.

AI and machine learning build on the IoT data by making sense of it and even controlling systems intelligently. Some innovative uses in tractors:

Predictive Analytics for Maintenance. As discussed, ML algorithms can predict failures with high accuracy by learning from historical data. AI can consider multivariate data (engine load, temperature, vibration, oil quality readings) and compute a health score for each subsystem of the tractor. If a score deteriorates, it flags attention. This is much more sophisticated than single-sensor thresholds. For instance, a combination of a slight increase in vibration and a subtle rise in drivetrain temperature might together indicate a bearing starting to fail, even if each parameter alone is within "normal" range. AI catches these complex relationships.

Optimization of Operations. AI systems in tractors can adjust operations dynamically to reduce stress on the machine. Modern tractors with computer-controlled transmissions and engine management use algorithms to optimize performance and load. They might automatically reduce ground speed a bit when going over an extremely rough patch (if there's a suspension sensor or accelerometer detecting high shock) to protect the machine. Or intelligent draft control can modulate implement depth when excessive load is detected, preventing stall and high stress on the engine and hitch.

Autonomy and Precision. Autonomous or semi-autonomous tractors are emerging, where AI drives the tractor or assists the driver. This can improve reliability by eliminating human errors like grinding gears, over-revving the engine, or forgetting maintenance. An autonomous tractor will always operate within predefined safe parameters. Companies like Monarch are producing electric smart tractors that are constantly connected and monitored via AI – they can perform tasks autonomously and report status for maintenance scheduling. By handling routine tasks autonomously, these systems ensure the machine isn't misused or overstressed inadvertently.

Computer Vision for Inspection. Research is underway on using computer vision (a branch of AI) to inspect equipment. A camera can scan tractor components (belts, tire treads, etc.) and AI could detect if, for example, a belt is fraying or a leak has developed (by spotting oil drip marks). While not common on tractors yet, such systems could be deployed via mobile apps – a farmer taking smartphone pictures of his tractor and an AI highlighting potential issues.

AI in agriculture also extends to agronomic decisions, but in terms of tractor reliability, the focus is on using AI to ensure the machine is functioning optimally and gets maintenance when needed. The combination of AI analysis with IoT connectivity forms the basis of advanced predictive maintenance systems we described earlier. Many large farming operations now use these systems to manage fleets

of equipment, often overseen by dedicated maintenance managers who rely on the data.

Most major tractor manufacturers have embraced these tech innovations:

John Deere has the Operations Center and Machine Health Monitoring as noted. Deere reports that these systems have significantly reduced downtime by addressing issues early and guiding technicians directly to the root cause when a problem is detected. Their goal is to have every dealership actively monitoring customer machines, so problems are solved before the farmer even knows something is wrong.

Caterpillar (in construction equipment but analogous to large ag tractors) uses Cat Connect with sensors and predictive analytics to schedule maintenance at optimal times and avoid unexpected failures. Customers on Cat's programs have seen improved machine availability.

AGCO and CNH (Case IH/New Holland) also offer telematics and are developing predictive systems. Case IH, for example, in some of their high-end tractors, integrates advanced diagnostics and can communicate with their AFS Connect system to alert owners of maintenance needs.

Smaller startups and aftermarket companies are providing retrofittable IoT devices that can be put on older tractors to gain some of these benefits, such as monitoring engine vitals and GPS tracking usage hours for maintenance scheduling.

It's clear that the industry trend is toward data-driven reliability – using information to ensure tractors are maintained in the right way at the right time. The technology is a tool to assist farmers, not replace them; it provides insights and early warnings, but farmers and technicians still play the key role in performing the maintenance or adjustments needed.

In conclusion, the pursuit of reliability in agricultural tractors is an ongoing journey of innovation and diligence. By adhering to engineering best practices and embracing new technologies, manufacturers are producing tractors that can work harder and longer with fewer breakdowns. Farmers, by maintaining and operating these machines wisely (increasingly with the help of smart data), are achieving unprecedented levels of equipment uptime. The synergy of sturdy design, proactive maintenance, and intelligent monitoring forms the bedrock of reliable tractor operation.

Agriculture is a field where timing is critical and the margin for error is slim. A reliable tractor is not just a piece of equipment; it is peace of mind for a farmer – the confidence that when the critical day comes, the machine will start, run, and get the job done. With the continuing advancements in materials and technology, coupled with time-honored maintenance discipline, the future of agricultural tractor reliability looks bright. Farmers can look forward to machines that increasingly "just work," allowing them to focus on the farming and not the fixing. Each incremental improvement in reliability is, ultimately, an improvement in agricultural productivity and sustainability, helping to secure our food systems with efficient and dependable machinery.

Куликівський В. Л., Бабіч В. О., Кіпчук В. Б, Самчук В. І.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна,
Сорока Б. А.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж.

ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Сучасне сільське господарство постійно стоїть перед необхідністю підвищення ефективності використання ресурсів, зниження витрат палива та зменшення впливу на навколишнє середовище. Однією з ключових проблем, що впливають на продуктивність сільськогосподарської техніки, є тяговий опір, який виникає під час руху машин по різноманітних ґрунтах. Тяговий опір впливає на споживання палива, знос деталей, а також на загальну ефективність роботи сільськогосподарських машин.

Одним із напрямків зниження тягового опору є вдосконалення конструкції шин:

Використання нових композитних матеріалів. Сучасні матеріали, що мають високу міцність і знижений коефіцієнт тертя, сприяють зменшенню опору, що виникає під час контакту з ґрунтом.

Оптимізація малюнка протектора. Ретельне проектування малюнка протектора дозволяє забезпечити оптимальне зчеплення з ґрунтом при мінімальних втратних енергіях. Дослідження показують, що спеціальні конструкції протекторів можуть зменшувати тяговий опір до 15-20 % порівняно зі стандартними рішеннями.

Впровадження адаптивних систем. Сучасні технології дозволяють створювати шини, здатні самостійно адаптувати свої характеристики під конкретні умови експлуатації, наприклад, змінювати жорсткість або розподіл контактної поверхні.

Зниження тягового опору можна досягти не лише шляхом удосконалення шин, а й завдяки загальній оптимізації конструкції машин:

Аеродинамічний дизайн. Хоча аеродинаміка традиційно асоціюється з транспортними засобами, у сільськогосподарській техніці вдосконалення зовнішнього профілю може сприяти зниженню опору повітря під час руху по відкритих просторах.

Оптимальний розподіл ваги. Перерозподіл маси конструкції дозволяє знизити тиск на окремі ділянки контакту з ґрунтом, що в свою чергу сприяє зниженню деформацій ґрунтового покриття і, як наслідок, тягового опору.

Використання активних систем управління. Сучасні технології дозволяють впроваджувати системи, що автоматично регулюють робочі параметри машин, зокрема, швидкість руху, кут нахилу та розподіл навантаження в реальному часі. Це дозволяє оптимізувати умови руху та знизити споживання палива.

Ще одним напрямком, що здатен значно зменшити тяговий опір, є використання систем, спрямованих на зменшення тертя:

Змащувальні системи. Встановлення спеціальних смазочних засобів у точках контакту між шиною та ґрунтом може зменшувати коефіцієнт тертя. Це рішення вже отримало широке застосування у важкій техніці, де застосування високоякісних мастильних матеріалів дозволяє знизити витрати енергії.

Нанотехнології. Використання нанопокриттів на поверхнях шин або важливих вузлах конструкції дозволяє досягти значного зниження тертя. Наноматеріали мають властивості, які сприяють зменшенню адгезії між контактними поверхнями, що позитивно впливає на загальну енергоефективність машини.

Електромагнітні та пневматичні системи. Інноваційні технології, засновані на використанні електромагнітних полів або пневматичних приводів, дозволяють мінімізувати прямий контакт між шиною та ґрунтом, що може сприяти зниженню втрат енергії на стирання та деформацію.

Попри всі переваги, впровадження сучасних технологій зниження тягового опору стикається з низкою викликів: висока початкова вартість; інтеграція з існуючими системами; навчання персоналу; стандартизація та нормативно-правова база.

Проте, досвід останніх досліджень показує, що перехід на інноваційні технології є невідворотним трендом. Дослідницькі роботи з усього світу демонструють потенціал зниження тягового опору до 30 % при правильному впровадженні нових матеріалів та конструктивних рішень. Сучасні системи адаптивного управління дозволяють в режимі реального часу оптимізувати роботу техніки, що сприяє як підвищенню продуктивності, так і зниженню витрат.

У Європі та США проводяться численні дослідження, спрямовані на оптимізацію параметрів роботи сільськогосподарських машин.

Провідні науково-дослідні установи Німеччини розробляють нові типи шин з використанням композитних матеріалів та нанопокриттів, що дозволяють суттєво знизити тяговий опір. Практичні експерименти на польових установках підтверджують, що такі рішення можуть знизити витрати палива та підвищити ефективність роботи машин.

Американські аграрні дослідницькі центри активно впроваджують системи активного управління тяговими характеристиками машин. За допомогою спеціалізованих датчиків та алгоритмів, що аналізують дані в режимі реального часу, досягається оптимальний розподіл навантаження, що дозволяє мінімізувати втрати енергії при русі по різних типах ґрунтів.

У країнах з суворими кліматичними умовами особлива увага приділяється адаптації конструкцій сільськогосподарських машин до екстремальних умов експлуатації. Використання адаптивних систем, що автоматично регулюють робочі параметри, дозволяє забезпечити стабільну продуктивність техніки навіть у холодну пору року, коли фізичні властивості ґрунту зазнають значних змін.

Аналіз сучасних досліджень свідчить, що зниження тягового опору сільськогосподарських машин є складною, але надзвичайно важливою задачею для підвищення ефективності аграрного виробництва. Розробка нових конструктивних рішень, впровадження інноваційних матеріалів, оптимізація систем управління та інтеграція цифрових технологій створюють комплекс заходів, що дозволяють мінімізувати втрати енергії під час руху машин по ґрунту.

Сучасні технології, зокрема застосування композитних матеріалів, нанопокриттів, адаптивних систем управління та алгоритмів штучного інтелекту, демонструють значний потенціал для зниження тягового опору. Це, у свою чергу, сприяє зниженню витрат палива, зменшенню зносу компонентів, підвищенню продуктивності та збереженню ресурсів. Крім того, екологічні переваги, пов'язані з впровадженням енергоефективних технологій, мають стратегічне значення для сучасного аграрного виробництва в умовах глобальних змін клімату.

Незважаючи на значний потенціал нових технологій, існують і певні виклики, пов'язані з високою початковою вартістю модернізації, необхідністю адаптації існуючих систем та навчанням персоналу. Для успішного впровадження нових технологій потрібна тісна співпраця між науковими установами, виробниками сільськогосподарської техніки та аграрними підприємствами. Лише комплексний підхід, що враховує як технічні, так і економічні та екологічні аспекти, дозволить досягти макси-

мальної ефективності в зниженні тягового опору.

Підсумовуючи, можна сказати, що шляхи зменшення тягового опору сільськогосподарських машин включають:

вдосконалення конструкції шин за рахунок застосування нових матеріалів та оптимізації малюнка протектора;

розробку та впровадження адаптивних систем управління, що дозволяють коригувати робочі параметри машин у режимі реального часу;

використання цифрових технологій, включаючи системи моніторингу, машинне навчання та IoT, для оптимізації розподілу навантаження та підвищення енергоефективності.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою інтелектуальних систем, здатних адаптуватися до змінних умов експлуатації, та створенням нових матеріалів з унікальними властивостями. Такі рішення дозволять не тільки знизити тяговий опір, але й забезпечити стабільну та ефективну роботу сільськогосподарських машин в умовах сучасного аграрного виробництва.

Впровадження інноваційних технологій для зменшення тягового опору сільськогосподарських машин є необхідним кроком для забезпечення конкурентоспроможності аграрного виробництва в умовах зростаючих вимог до енергоефективності та екологічної безпеки. Використання нових матеріалів, розробка адаптивних систем управління та інтеграція цифрових технологій дозволяють значно знизити витрати палива, підвищити продуктивність та продовжити термін служби техніки.

Сучасний досвід Європи, США та Скандинавських країн демонструє, що комплексний підхід до вирішення проблеми тягового опору дозволяє досягти високих результатів. Подальші дослідження в даній галузі сприятимуть розробці нових стандартів та технологій, що забезпечать більш ефективну та екологічно чисту роботу сільськогосподарських машин.

У підсумку, шлях до зниження тягового опору лежить через інновації, тісну співпрацю між науковцями, інженерами та практиками, а також через активне впровадження сучасних цифрових технологій. Цей підхід не тільки забезпечує економічну вигідність аграрного виробництва, а й сприяє сталому розвитку сільського господарства в умовах глобальних викликів.

Список використаних джерел

1. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин: дис. … д-ра. техн. наук: 05. 05. 11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

2. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Міжнародний науковий журнал "Проблеми трибології". 2020. № 2. С 34-41.

Білецький В. Р., Ковальчук Р. О., Польовий А. В.
Поліський національний університет, м. Житомир Україна,
Добранський С. С.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Сучасне сільське господарство стикається із численними викликами, пов'язаними із зниженням родючості ґрунтів, ерозійними процесами, високими витратами енергії та паливно-мастильних матеріалів. Одним із ключових елементів вирішення цих проблем є механізація ґрунтообробних робіт. Ґрунтообробні машини відіграють важливу роль у створенні оптимальних умов для росту сільськогосподарських культур, забезпечуючи належну розпушеність, мульчування, рівномірне загортання рослинних решток та зниження витрат ресурсів.

Оскільки вимоги до якості обробітку ґрунту стають все більш суворими, зростає потреба у розробці нових конструктивних рішень для ґрунтообробних машин. Зокрема, вирішальним напрямком є розробка багатофункціональних агрегатів, що поєднують у собі декілька технологічних операцій за один прохід, а також впровадження інноваційних рішень, які дозволяють оптимізувати енерго-затрати, підвищити ефективність роботи і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Традиційно ґрунтообробні машини, як правило, розроблялися з урахуванням принципів механічної простоти та міцності конструкції. Протягом останніх десятиліть у світовій практиці спостерігається поступове впровадження концепції багатофункціональності, коли машина виконує не одну, а кілька технологічних операцій за один прохід по полю. Цей підхід дозволяє значно знизити витрати пального, трудозатрати і терміни проведення робіт, що є важливими аспектами сучасного сільського господарства.

Попри це, у вітчизняному виробництві часто спостерігається тенденція до використання застарілих конструкцій, що не відповідають сучасним вимогам з енергозбереження, екологічності та адаптивності до різних ґрунтово-кліматичних умов. Це призводить до залежності від імпортних тех-

нологій і неефективного використання власного науково-технічного потенціалу.

До основних проблем сучасних ґрунтообробних машин відносять:

Енергозатратність. Традиційні машини часто характеризуються високим споживанням пального, що пов'язано з одноопераційним характером робіт і недостатньою енергоефективністю конструкції.

Відсутність універсальності. Багато машин створені для виконання однієї технологічної операції, що ускладнює інтеграцію процесів і знижує загальну продуктивність.

Зниження якості обробітку ґрунту. Неправильна конструкція робочих органів може призводити до утворення гребенів на дні борозен, що зменшує реальну глибину обробітку і погіршує умови для проростання рослин.

Екологічні аспекти. Надмірне ущільнення ґрунту, втрата органічних речовин та ерозія – це фактори, які негативно впливають на родючість ґрунту.

Одним із ключових напрямків розвитку конструкцій ґрунтообробних машин є впровадження модульних конструкцій, які дозволяють швидко змінювати конфігурацію агрегату відповідно до потреб конкретної технологічної операції. Сучасні тенденції з розвитку конструкцій ґрунтообробних машин спрямовані на застосування легких, але міцних матеріалів, таких як композити та високоякісні легкі сплави. В умовах сучасного розвитку цифрових технологій важливим є впровадження електроніки в конструкцію ґрунтообробних машин.

Наукові праці останніх років свідчать про активний розвиток конструкцій ґрунтообробних машин. Дослідники аналізують як традиційні, так і новітні технології, що дозволяють:

підвищити ефективність роботи машин за рахунок оптимізації геометричних параметрів робочих органів;

розробити методики математичного моделювання технологічних процесів, що впливають на якість обробітку ґрунту;

застосувати комбіновані рішення, які дозволяють виконувати декілька операцій за один прохід, що є особливо важливим для регіонів із обмеженими ресурсами.

У патентних документах відзначаються інноваційні конструкції, що включають нові типи дискових знарядь, роботи з підрізними лапами, застосування пружинних підвісок і демпферних систем для стабілізації роботи агрегатів на зниження тягового опору, підвищення якості обробітку ґрунту та зменшення витрат енергії.

Перспективні напрямки розвитку конструкцій ґрунтообробних машин спрямовані на підвищення ефективності, енергоефективності та екологічної безпеки сільськогосподарських виробництв. Сучасний розвиток технологій дає можливість:

розробляти модульні, універсальні агрегати, здатні виконувати декілька технологічних операцій за один прохід;

впроваджувати інноваційні конструкції робочих органів, такі як дискові з підрізними лапами, що дозволяють зменшити тяговий опір і покращити якість обробітку ґрунту;

застосовувати сучасні матеріали, які зменшують вагу агрегатів і підвищують їх зносостійкість;

інтегрувати електронні системи управління, що сприяють точному контролю технологічних процесів та оптимізації роботи машин;

проводити математичне моделювання і експериментальні дослідження, що дозволяє адаптувати конструкції до регіональних умов та специфічних агротехнічних вимог.

Реалізація цих напрямків дозволить не лише підвищити продуктивність сільськогосподарського виробництва, а й забезпечити збереження родючості ґрунтів, знизити енергозатрати та негативний вплив агротехнічних операцій на навколишнє середовище. У довгостроковій перспективі це сприятиме підвищенню конкурентоспроможності вітчизняного агропромислового комплексу та стимулюватиме розвиток власного машинобудівного потенціалу.

Отже, впровадження сучасних конструктивних рішень у виробництво ґрунтообробних машин є ключовим фактором для досягнення сталого розвитку сільського господарства в Україні. Спільні зусилля науковців, інженерів та виробників дозволять створити високоефективну, енергозберігаючу та екологічно безпечну агротехніку, що відповідатиме сучасним вимогам ринку та забезпечуватиме високу продуктивність господарських підприємств.

Список використаних джерел

1. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин: дис. … д-ра. техн. наук: 05. 05. 11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

2. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics: Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.

3. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Міжнародний науковий журнал "Проблеми трибології". 2020. № 2. С 34-41.

Куликівський В. Л., Богатирчук М. В.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Веремій Т. Б.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж,

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ

Сільське господарство традиційно опирається на важку техніку, серед якої трактори є ключовим елементом. За останні десятиліття розвиток технологій призвів до революційних змін у цій галузі. Сучасні трактори вже не є простими двигунами на колесах – вони набувають нових функцій завдяки впровадженню інтелектуальних систем керування, автоматизації, альтернативних джерел енергії та цифрової взаємодії з іншими елементами агросистеми.

Від перших моделей, які були простими робочими машинами, до сучасних високотехнологічних агрегатів, трактори пройшли довгий шлях вдосконалення. Спершу ключовими характеристиками були потужність, надійність і витривалість. Сучасні моделі поєднують ці базові вимоги з високою ефективністю роботи, низьким рівнем викидів та можливістю інтеграції з іншими цифровими системами на фермі. Завдяки інноваціям виробники намагаються мінімізувати витрати палива та знизити негативний вплив на ґрунт, зберігаючи при цьому продуктивність техніки. Такі дослідження та огляди, як "Трактори майбутнього", дають змогу зрозуміти основні напрями розвитку агротехніки вже сьогодні

Сучасний фермерський бізнес все більше орієнтується на максимальну ефективність виробництва. Трактори є не лише засобом для виконання традиційних операцій з обробітку ґрунту, а й платформою для впровадження численних цифрових технологій, що забезпечують оптимізацію ресурсів, зменшення витрат і підвищення врожайності. Завдяки технологіям точного землеробства, трактори можуть автономно збирати дані про стан ґрунту, рівень вологості, температуру та інші параметри, що дозволяє оперативно коригувати агротехнологічні процеси.

Одним із найбільш перспективних напрямків розвитку є повна автоматизація робочих процесів. Сучасні трактори все частіше оснащуються системами автоматичного керування, які дозволяють проводити роботи без участі водія. Роботизовані рішення, такі як автономні трактори з використанням GPS та сенсорних систем, забезпечують точність обробітку ґрунту, мінімізують людський фактор і дозволяють ефективніше використовувати час роботи на полі. У деяких випадках технології автономного управління вже демонструють значне зниження витрат палива та підвищення продуктивності робіт.

Цифровізація у сільському господарстві стає ключовою складовою модернізації тракторів. Використання інтернету речей (IoT) дозволяє агрегатам обмінюватися даними з центральними системами управління, що забезпечує моніторинг технічного стану, діагностику несправностей і навіть прогнозування обслуговування. Такі цифрові системи сприяють оптимізації маршрутів, підвищенню ефективності використання палива та зменшенню часу простою. Сучасні платформи для управління технікою дозволяють інтегрувати дані з тракторів із системами аналізу даних, що відкриває нові можливості для прийняття оперативних рішень

З метою зниження викидів шкідливих речовин та зменшення залежності від традиційних видів палива, виробники тракторів активно досліджують можливості використання альтернативних енергоносіїв. Впровадження технологій роботи на біопаливах, водні, а іноді й водні елементи, стає невід'ємною частиною стратегії сталого розвитку. Також розробляються електричні та гібридні версії тракторів, які обіцяють значне зниження витрат палива та експлуатаційних витрат. Енергетична ефективність розглядається як один із ключових показників майбутніх агротракторів, що відповідають сучасним екологічним стандартам.

Використання штучного інтелекту (ШІ) дозволяє тракторним агрегатам аналізувати велику кількість даних у режимі реального часу. Завдяки алгоритмам машинного навчання, системи можуть оптимізувати режими роботи, прогнозувати несправності, а також аналізувати ефективність виконання технологічних операцій. Інтелектуальні системи допомагають підвищити точність застосування добрив, засобів захисту рослин і водних ресурсів, що безпосередньо впливає на врожайність і економічну ефективність виробництва. Сучасні дослідження в галузі ШІ дозволяють створювати системи з самонавчанням, які в подальшому забезпечать повну автономність тракторів.

Однією з ключових вимог сучасного сільського господарства є збереження екології. Трактори майбутнього повинні мінімізувати шкідливі викиди та негативний вплив на ґрунт. Використання електричних двигунів, біодизелю, водню та інших альтернативних джерел енергії допомагає знизити викиди CO? та інших шкідливих речовин у повітря. Крім того, новітні системи зниження тиску на

ґрунт, наприклад, інноваційні шини з розподілом ваги, дозволяють мінімізувати ущільнення ґрунту, що сприяє збереженню родючості полів. Це важливо не лише для підвищення продуктивності, а й для забезпечення стійкого розвитку аграрного сектору.

У майбутніх тракторах важливо враховувати ефективне використання водних ресурсів. Сучасні системи автоматизованого зрошення, що інтегровані з датчиками вологості та метеостанціями, дозволяють точно регулювати обсяг води, що подається на поле. Це сприяє зниженню втрат води та підвищенню ефективності аграрного виробництва. Завдяки застосуванню цифрових технологій можливо також проводити аналіз стану ґрунту і визначати оптимальні параметри для різних культур, що зменшує використання ресурсів і допомагає зберегти екосистему ґрунту.

Автономні трактори – це не просто модифіковані трактори, а повноцінні роботи, здатні виконувати широкий спектр агротехнічних операцій. Завдяки використанню сенсорів, камер, лазерних сканерів і супутникової навігації, такі агрегати можуть працювати в автономному режимі, адаптуючись до змін у середовищі. Вони здатні коригувати свій маршрут, реагувати на несподівані перешкоди, а також спілкуватися з іншими елементами цифрової ферми, що забезпечує інтегровану систему управління виробництвом. Роботизація в сільському господарстві вже демонструє значне зниження витрат на працю та підвищення продуктивності, що є важливим чинником конкурентоспроможності сучасних тракторів.

Світові лідери в агротехнологіях активно інвестують у розробку автономних тракторів. Наприклад, численні стартапи та великі виробники впроваджують системи, що дозволяють агрегатам працювати без водія, виконуючи складні операції – від оранки до збору врожаю. Ці технології спрямовані на зменшення людського фактору, оптимізацію процесів і підвищення безпеки на полі. Крім того, використання роботизованих рішень дозволяє інтегрувати систему управління з іншими цифровими платформами на фермі, створюючи мережу взаємопов'язаних пристроїв, що працюють в режимі реального часу.

Цифрові двійники – це віртуальні копії фізичних об'єктів, які дозволяють моделювати роботу тракторів у реальному часі. Завдяки створенню цифрового двійника можна здійснювати прогнозування технічного стану, аналізувати ефективність роботи та виявляти потенційні несправності до їх виникнення. Це значно знижує витрати на ремонт і обслуговування, а також сприяє підвищенню надійності техніки. Інтеграція цифрових двійників із системами управління агропідприємствами дозволяє оптимізувати процеси від планування до виконання робіт, що є критично важливим у сучасному агробізнесі.

Сучасні трактори оснащуються великою кількістю датчиків, які збирають інформацію про стан агрегата, характеристики поля, погодні умови та інші параметри. Обробка цих даних за допомогою алгоритмів машинного навчання дозволяє прогнозувати оптимальні режими роботи, адаптувати техніку до змін умов і навіть автоматично коригувати параметри руху. Ця аналітика допомагає фермерам приймати оперативні рішення, що підвищує врожайність і знижує експлуатаційні витрати.

Впровадження новітніх технологій дозволяє суттєво знизити витрати на експлуатацію тракторів. Автономні системи, цифровий моніторинг, прогнозування несправностей і оптимізація маршрутів сприяють економії палива, зменшенню часу простою та підвищенню ефективності роботи на полі. Це особливо важливо в умовах глобального зростання цін на енергоносії та необхідності підвищення продуктивності аграрного сектору.

Одним із серйозних викликів є нестача кваліфікованих кадрів, здатних працювати з високотехнологічною технікою. Сучасні трактори майбутнього вимагають знань не лише механіки, а й IT, аналітики даних, роботи з сенсорними системами та робототехніки. Це створює попит на нові професії, що поєднують агротехнічні та цифрові навички. У той же час впровадження таких технологій може сприяти зниженню залежності від фізичної праці, що є важливим фактором в умовах зростання урбанізації населення.

Уряди багатьох країн, зокрема й України, активно підтримують розвиток агротехнологій. Програми субсидування, державна компенсація вартості техніки та стимулювання інвестицій у дослідження та інновації створюють сприятливі умови для впровадження нових рішень у сільському господарстві. Це дозволяє зменшити економічні ризики для фермерів та сприяє швидшому переходу до високотехнологічних методів виробництва.

Майбутні сільськогосподарські трактори обіцяють бути більш автономними, енергоефективними та екологічними. Інтеграція штучного інтелекту, IoT-систем та цифрових двійників дозволить не лише покращити технічні характеристики, а й забезпечити комплексну взаємодію з іншими елементами фермерського господарства. Такі трактори зможуть адаптуватися до специфічних умов кожного поля, оптимізуючи не лише механічні, а й агротехнологічні процеси.

Одним із головних завдань є забезпечення сталого розвитку сільського господарства. Майбутні трактори повинні відповідати високим екологічним стандартам, зменшуючи викиди шкідливих речовин, оптимізуючи використання палива та зберігаючи родючість ґрунту. Розробка технологій для мінімізації ущільнення ґрунту, застосування альтернативних енергоносіїв та систем контролю за станом навколишнього середовища стане обов'я-

зковою умовою успішного впровадження нових агрегатів.

Інновації завжди пов'язані з високими початковими витратами. Інвестори та фермери мають бути готові до довгострокових інвестицій у впровадження новітніх технологій. Однак завдяки державним програмам підтримки та зростанню попиту на ефективні рішення, ринок AgriTech демонструє позитивні перспективи для збільшення рентабельності та підвищення продуктивності виробництва.

Сучасні сільськогосподарські трактори майбутнього – це не просто машини для виконання традиційних завдань, а високотехнологічні комплекси, здатні інтегрувати різні цифрові, енергетичні та автоматизовані рішення. Основні напрями розвитку включають:

а) Автоматизацію та автономність – впровадження систем автономного керування дозволить знизити витрати на працю та підвищити точність виконання робіт.

б) Цифровізацію та IoT – інтеграція даних з різних датчиків і використання цифрових двійників забезпечать оптимізацію агротехнологічних процесів.

в) Альтернативні енергоносії – використання електричних, гібридних, водневих та біопаливних технологій сприятиме зниженню екологічного навантаження.

г) Інтелектуальні системи – застосування штучного інтелекту та машинного навчання дозволить прогнозувати несправності, оптимізувати режими роботи та підвищити загальну ефективність.

д) Екологічна стійкість – збереження родючості ґрунту та мінімізація викидів шкідливих речовин стане одним із ключових критеріїв майбутніх тракторів.

У комплексі ці інновації створюють фундамент для стійкого розвитку аграрного сектора, що дозволить не лише збільшити врожайність і економічну ефективність, а й зберегти природні ресурси планети. Майбутні трактори вже сьогодні набувають характеристик, які колись здавалися фантастикою, і їх впровадження відкриває нові горизонти для сільського господарства.

Водночас, розвиток новітніх технологій супроводжується низкою викликів: необхідність висококваліфікованих кадрів, значні початкові інвестиції, потреба в оновленні інфраструктури та адаптації до швидкозмінних ринкових умов. Однак завдяки державній підтримці, міжнародному співробітництву та активному впровадженню інновацій, ці труднощі можуть бути подолані, а потенціал сучасних тракторів – розкритий у повній мірі.

Сучасні дослідження, проведені українськими та зарубіжними науковцями, свідчать про те, що технологічний прорив у виробництві тракторів відкриває можливості для створення агрегатів, здатних працювати у важких кліматичних умовах, з високою енергоефективністю та мінімальним впливом на довкілля. Такий підхід є ключовим для забезпечення продовольчої безпеки та стійкого розвитку аграрного сектора у майбутньому.

Підсумовуючи, можна відзначити, що трактори майбутнього – це високотехнологічні, цифровізовані, екологічно чисті та автономні машини, що інтегрують інновації з різних галузей науки та техніки. Їх впровадження сприятиме трансформації сільського господарства, дозволить знизити витрати, підвищити продуктивність та забезпечити сталий розвиток агросистем в умовах глобальних викликів сучасності. Ці тенденції є невід'ємною складовою майбутнього агротехнічного ринку, що вже сьогодні демонструє позитивні перспективи для розвитку як в Україні, так і у світі.

Розвиток сільськогосподарських тракторів майбутнього – це комплексний процес, що охоплює як технічні, так і економічні, екологічні та соціальні аспекти. Сучасні трактори стають все більш автономними, енергоефективними та цифровізованими, що сприяє підвищенню врожайності, зниженню витрат і мінімізації негативного впливу на довкілля. Використання альтернативних джерел енергії, інтеграція IoT та ШІ, а також розвиток цифрових двійників – усе це є фундаментальними складовими трансформації аграрного сектора.

З урахуванням глобальних викликів, зокрема змін клімату, зростання цін на енергоносії та нестачі кваліфікованих кадрів, впровадження сучасних технологій у виробництво тракторів стає невід'ємною умовою сталого розвитку сільського господарства. Державна підтримка, інвестиції в AgriTech та співпраця між науковими установами та промисловістю сприятимуть успішній трансформації галузі.

Майбутнє сільськогосподарських тракторів виглядає перспективним і обіцяє революційні зміни, що дозволять фермерам ефективно управляти ресурсами, оптимізувати виробництво та забезпечити стабільне зростання аграрного сектору в умовах стрімких технологічних змін. Цей процес вже набуває обертів, і найближчі роки визначаться як етап впровадження високотехнологічних, екологічно чистих і економічно ефективних рішень у сільському господарстві, що, без сумніву, стане запорукою успіху як на внутрішньому ринку, так і на світовій арені.

Таким чином, трактори майбутнього – це інноваційний симбіоз класичної агротехніки та сучасних цифрових технологій, що відкриває нові горизонти для оптимізації агровиробництва, підвищення економічної ефективності та збереження природних ресурсів. Подальший розвиток у цій сфері є ключовим чинником у забезпеченні продовольчої безпеки та стійкого розвитку аграрного сектора в сучасному світі.

Грудовий Р. С., Головач В. Б.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Веремій Т. Б.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ

Агропромисловий комплекс (АПК) є однією з найважливіших галузей економіки України. У сучасних умовах зростаючих цін на паливо, підвищення екологічних вимог та необхідності оптимізації витрат на транспортування продукції, дедалі більше уваги приділяють впровадженню інноваційних рішень у транспортну інфраструктуру. Одним із таких рішень є використання вантажних електромобілів.

Електрифікація вантажного автопарку в АПК має потенціал змінити підхід до логістики, знизити експлуатаційні витрати та зменшити негативний вплив на довкілля.

За останні кілька років технології електрифікації значно розвинулися, і на ринку з'явилося все більше моделей вантажних електромобілів, розрахованих як для міських, так і для регіональних перевезень. Сучасні електричні вантажівки характеризуються:

- високою енергоефективністю завдяки застосуванню сучасних акумуляторних технологій;
- можливістю інтеграції систем автономного керування, що дозволяє підвищити безпеку перевезень.
- екологічними перевагами, оскільки практично не виробляють шкідливих викидів, що є надзвичайно актуальним для зменшення екологічного навантаження в АПК.

За даними деяких досліджень, впровадження електромобілів у вантажні перевезення може знизити експлуатаційні витрати за рахунок меншого споживання електроенергії порівняно з дизельним паливом, а також заощадити кошти на технічному обслуговуванні завдяки меншим механічним навантаженням.

Проте, для масового впровадження вантажних електромобілів необхідне врахування таких аспектів, як розвинена зарядна інфраструктура, технологічні особливості акумуляторних систем та адаптація транспортних засобів до специфічних умов роботи в аграрному середовищі.

Однією з ключових переваг електрифікації вантажного парку є економія коштів у довгостроковій перспективі. Хоча початкові витрати на закупівлю електромобілів та створення зарядної інфраструктури можуть бути вищими, експлуатаційні витрати суттєво знижуються. Електромобілі потребують меншої кількості обслуговування, а електроенергія зазвичай дешевша за дизельне паливо, що є критично важливим фактором у великих перевезеннях в аграрному секторі

Застосування вантажних електромобілів дозволяє суттєво знизити рівень викидів шкідливих речовин, що особливо актуально для регіонів, де аграрний сектор пов'язаний з високою концентрацією транспорту. Менше шкідливих викидів сприяє поліпшенню якості повітря, що має позитивний вплив як на здоров'я населення, так і на екологічний баланс в регіоні. Також зниження шумового забруднення є важливим аспектом у зв'язку з розташуванням виробничих об'єктів біля населених пунктів.

Інтеграція вантажних електромобілів у транспортну систему АПК сприяє оптимізації логістичних процесів. В електричних вантажівках можливе використання сучасних систем моніторингу та керування, що дозволяє зменшити час простоїв, оптимізувати маршрути перевезення продукції та покращити планування технічного обслуговування. Це, в свою чергу, забезпечує конкурентну перевагу аграрних підприємств на внутрішньому та міжнародному ринках.

Використання електромобілів стимулює розвиток супутніх технологій, таких як автономне керування, телематика, системи енергоменеджменту та цифрові платформи для оптимізації транспортних процесів. Це створює додаткові можливості для модернізації всього агропромислового комплексу та інтеграції його в сучасні глобальні технологічні ланцюги.

Переходячи на електричний транспорт, аграрні підприємства можуть значно зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Дослідження показують, що відсутність викидів CO? та інших шкідливих речовин сприяє збереженню біорізноманіття та покращенню якості ґрунтів, що є особливо важливим для сільського господарства. Крім того, застосування електромобілів дозволяє відповідати сучасним екологічним стандартам та зменшувати штрафи, пов'язані з перевищенням норм викидів.

Україна має великий потенціал для розвитку відновлюваних джерел енергії, і використання електромобілів дозволяє зменшити залежність від імпортних енергоносіїв. Власне виробництво електроенергії з відновлюваних джерел, таких як

сонячна чи вітрова, може бути інтегроване у систему зарядних станцій, що забезпечить стійкий розвиток електротранспорту та зменшить вплив коливань цін на нафту на аграрну галузь.

Однією з основних перешкод для широкого впровадження вантажних електромобілів є недостатньо розвинена зарядна інфраструктура. Для забезпечення ефективного використання електромобілів в агропромисловому комплексі необхідно створювати мережі швидкісних зарядних станцій як у містах, так і в сільській місцевості. Це потребує державної підтримки, інвестицій та співпраці приватного сектору з місцевою владою.

Поточні акумуляторні технології ще мають певні обмеження щодо ємності та тривалості роботи, особливо при виконанні важких вантажних перевезень у віддалених регіонах. Проте наукові дослідження у сфері матеріалознавства та енергетичних систем дозволяють поступово долати ці бар'єри. Інвестиції в дослідження та розробки нових типів акумуляторів, таких як твердотільні акумулятори, можуть призвести до значного збільшення пробігу вантажних електромобілів та зниження вартості їх виробництва.

Важливою складовою інтеграції вантажних електромобілів є адаптація нормативно-правової бази до нових технологій. Це включає стандарти безпеки, правила зарядки, а також механізми державної підтримки інноваційних рішень. В Україні вже спостерігається активізація дискусій щодо впровадження екологічних стандартів, що стимулюють використання електричного транспорту у всіх галузях економіки.

Для вирішення інфраструктурних питань необхідна тісна співпраця між державними установами, інвестиційними фондами та приватним сектором. Державні програми підтримки інновацій та енергоефективних технологій можуть стати каталізатором для широкого впровадження електромобілів у вантажних перевезеннях. Такі партнерства дозволяють зменшити ризики для інвесторів та сприяти швидкому масштабуванню проектів

В агропромисловому комплексі вантажні електромобілі можуть використовуватися для перевезення продукції від полів до складів, а також для доставки сільськогосподарських матеріалів і техніки. Електричні вантажівки можуть бути особливо ефективними в умовах коротких та середніх дистанцій, де важлива швидкість завантаження та розвантаження. Сучасні системи керування транспортуванням дозволяють інтегрувати електромобілі у вже існуючі логістичні платформи, оптимізуючи маршрути і знижуючи витрати на паливо.

Електромобілі не тільки сприяють зниженню експлуатаційних витрат, але й можуть бути оснащені додатковими модулями для виконання специфічних завдань аграрного виробництва. Наприклад, модуль зарядки може бути інтегрований з системою моніторингу температури вантажу, що дозволяє перевозити швидкопсувні продукти. Крім того, завдяки можливості адаптації надбудов, такі автомобілі можуть бути перетворені у мобільні лабораторії, ремонтні майстерні або спеціалізовані перевізники для рільничих бригад.

Інтеграція електромобілів у систему АПК стимулює використання відновлюваних джерел енергії. Зарядні станції можуть бути обладнані сонячними панелями або вітровими турбінами, що дозволить знизити залежність від зовнішніх джерел електроенергії та забезпечити стабільну експлуатацію транспортного парку навіть у віддалених регіонах.

Використання електромобілів підвищує корпоративну соціальну відповідальність компаній. Сучасні аграрні підприємства, впроваджуючи інноваційні та екологічно чисті технології, покращують свій імідж як сучасних, екологічно орієнтованих та соціально відповідальних організацій. Це, в свою чергу, може стати важливим фактором при залученні інвестицій та партнерств як на національному, так і на міжнародному рівнях.

Однією з основних перешкод для широкого впровадження вантажних електромобілів є високі початкові інвестиції. Проте державні субсидії, кредити на розвиток зеленої енергетики та партнерства з міжнародними фінансовими організаціями можуть допомогти знизити цей бар'єр. Важливою задачею є розробка ефективних моделей фінансування, які враховують довгострокову економічну вигоду від експлуатації електротранспорту.

Сучасні акумуляторні системи мають обмеження щодо ємності та швидкості зарядки. Для вантажних перевезень у важких умовах аграрного виробництва необхідно продовжувати дослідження у сфері нових матеріалів і технологій зберігання енергії. Підвищення ефективності акумуляторів дозволить збільшити пробіг електромобілів та знизити експлуатаційні витрати, що сприятиме масовому впровадженню електротранспорту.

Інтеграція електромобілів в аграрний сектор вимагає створення спеціалізованої мережі сервісних центрів, що займаються ремонтом і технічним обслуговуванням електротранспорту. Це включає навчання персоналу, розробку нових стандартів обслуговування та впровадження сучасних інформаційних систем для моніторингу стану техніки. Розвиток сервісної інфраструктури стане ключовим чинником успішної експлуатації електромобілів у важких умовах сільського господарства.

Агрономічні умови, кліматичні особливості та географічна розмаїтість України створюють додаткові виклики для експлуатації вантажних електромобілів. Необхідно проводити польові випробування, адаптувати конструкцію транспортних засобів до високих температур, пилу, вологості та нерівностей ґрунту. Це дозволить забезпечити надій-

ність і довговічність електротранспорту в умовах аграрного виробництва.

За прогнозами експертів, широке впровадження електричних вантажівок в агропромисловому комплексі може стати однією з ключових тенденцій наступного десятиліття. Масове використання електротранспорту сприятиме зниженню витрат на паливо, зменшенню шкідливих викидів і підвищенню конкурентоспроможності українських аграрних підприємств на світовому ринку.

Впровадження вантажних електромобілів у агропромисловому комплексі є важливим кроком на шляху до стійкого та екологічно чистого розвитку сільського господарства України. Цей процес має потенціал не лише знизити витрати підприємств, а й покращити екологічну ситуацію, сприяти розвитку цифрових технологій в транспортній сфері та зміцненню конкурентних позицій на міжнародній арені.

Сучасні дослідження та приклади успішного впровадження інноваційних технологій свідчать про те, що аграрний сектор готовий до змін. Важливо, щоб підприємства, державні установи та наукові інститути спільними зусиллями працювали над створенням умов для масового впровадження електромобілів, що в кінцевому результаті призведе до модернізації всієї транспортної системи в АПК та сприятиме сталому розвитку національної економіки.

Таким чином, перспективи застосування вантажних електромобілів у агропромисловому комплексі відкривають нові горизонти для розвитку інноваційних технологій, що сприятимуть підвищенню енергоефективності, зниженню екологічного навантаження та оптимізації логістичних процесів. Впровадження цих технологій має стати пріоритетним завданням для всіх суб'єктів господарювання, зацікавлених у збереженні природних ресурсів та економічному зростанні.

14. Білецький В. Р., Кравченко М. В.
Поліський національний університет, м. Житомир, м. Житомир, Україна,
Веремій Т. Б.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL

Технологія Strip-Till, або смугове обробітку ґрунту, являє собою інноваційний метод, що поєднує переваги традиційної оранки та системи нульового обробітку (no-till). Суть методу полягає у тому, що обробляються лише вузькі смуги ґрунту в межах майбутніх посадкових рядів, тоді як міжрядя залишається недоторканим. Це дозволяє забезпечити оптимальні умови для проростання насіння, зберегти вологу, зменшити ерозію ґрунту та знизити витрати на пально-технічні операції.

Strip-Till (від англ. strip – смуга, till – обробіток) є технологією, в якій ґрунт розпушується та одночасно вноситься добриво лише в смуги, що будуть використані для сівби. Інша частина поля залишається недоторканою, що сприяє збереженню природного рослинного покриву та корисних організмів, що в свою чергу впливає на підтримку родючості ґрунту. Завдяки цій методиці проводиться не повна обробка всього поля, а лише цільових зон, що дозволяє оптимізувати витрати ресурсів, зменшити втрати вологи та забезпечити більш точне внесення засобів захисту і живлення рослин.

Перші дослідження і впровадження Strip-Till розпочалися в США понад 30 років тому, коли аграрії шукали способи поєднати переваги традиційної оранки з мінімальним руйнуванням ґрунтової структури. Після успішного впровадження в американських аграрних господарствах технологія стала популярною в Європі, зокрема в Німеччині та Канаді. В Україні технологія Strip-Till впроваджується поступово, але вже отримує позитивний відгук аграріїв завдяки можливості зменшити витрати на палева-технічні операції та підвищити ефективність використання добрив

Основний принцип Strip-Till полягає у вибірковому розпушуванні ґрунту за допомогою спеціалізованих агрегатів. При цьому формуються смуги шириною зазвичай 20-30 см, в яких відбувається як розпушування, так і одночасне внесення добрив. Таке точне внесення дозволяє концентрувати поживні речовини безпосередньо у зоні розвитку кореневої системи майбутніх рослин. Завдяки цьому ґрунт у рядках прогрівається швидше, а міжряддя, яке залишається незмінним, допомагає утримувати вологу та зменшувати ерозійні процеси.

Для успішного застосування Strip-Till необхідне використання спеціалізованих агрегатів, здатних здійснювати як розпушування смуг, так і внесення добрив. Сучасні агрегати часто оснащуються системами GPS і RTK, що дозволяє забезпечити точність виконання операцій із відхиленням до ±2-3 см. Така точність є критичною для того, щоб посів відбувався точно у межах оброблених смуг, що забезпечує оптимальний контакт насіння з ґрунтом і рівномірний розвиток рослин.

Strip-Till може застосовуватися як у комбінованому, так і в послідовному режимах. У комбінованому режимі розпушування і посів виконуються за один прохід, що скорочує витрати пального і трудових ресурсів. У послідовному режимі, особливо на важких ґрунтах, розпушування проводять восени, а посів – навесні. Цей підхід дозволяє краще адаптувати технологію до різних типів ґрунтів та кліматичних умов.

Переваги технології Strip-Till:

1. Економія ресурсів. Оскільки обробляється лише частина поля, Strip-Till дозволяє значно знизити витрати на палева-технічні операції. Менша кількість проходів трактором сприяє економії пального, що є важливим фактором для сучасного господарства.

2. Покращення структури ґрунту. Незмінні міжряддя зберігають природний рослинний покрив і органічні залишки, що сприяє збереженню вологи, запобігає ерозії ґрунту та стимулює розвиток корисних мікроорганізмів. Це сприяє підвищенню родючості ґрунту та забезпечує здорове середовище для росту рослин.

3. Точне внесення добрив. Завдяки використанню систем GPS і RTK, добрива вносяться точно у зону кореневої системи. Це дозволяє зменшити їх витрати, уникнути надлишкового внесення та покращити засвоєння поживних речовин рослинами.

4. Швидке прогрівання ґрунту. Розпушування смуги забезпечує швидке прогрівання ґрунту, що дозволяє раніше починати посів і, відповідно, продовжувати вегетаційний період. Це особливо важливо в регіонах із прохолодним ранковим кліматом.

5. Зменшення ерозії. Збереження значної частини покриву ґрунту між обробленими смугами сприяє зменшенню впливу вітру та опадів, що в свою чергу знижує ерозійні процеси. Це особливо актуально для полів, розташованих на схилах або в регіонах із сильними опадами.

6. Підвищення врожайності. За умов правильного застосування Strip-Till показує конкурентоспроможні результати щодо врожайності у порівнянні з традиційною обробітком із повною оранкою. Деякі дослідження вказують на можливе збільшення врожайності на 15-25% завдяки кращому контакту насіння з ґрунтом, оптимальному внесенню добрив та збереженню вологи.

Недоліки та виклики технології Strip-Till

1. Високі початкові витрати. Впровадження Strip-Till вимагає придбання спеціалізованого обладнання, яке часто є дорогим. Також необхідне обладнання для точного землеробства (GPS, RTK системи), що може стати серйозним фінансовим тягарем для малих господарств.

2. Технічна складність та вимоги до кваліфікації. Технологія вимагає високої кваліфікації оператора та агронома, адже неправильне налаштування агрегатів або помилки в роботі систем навігації можуть призвести до неефективного внесення добрив і зниження врожайності.

3. Залежність від умов ґрунту та клімату. Strip-Till не завжди підходить для важких, забагато вологих ґрунтів. При надмірній вологості або в умовах ранньої весняної посухи може спостерігатися повільне прогрівання ґрунту, що затримує посів і негативно впливає на розвиток рослин.

4. Ризик помилок у системах навігації. Хоча сучасні системи GPS та RTK забезпечують високу точність, будь-яка помилка або несправність у цих системах може спричинити зміщення смуг, що негативно вплине на рівномірність посіву та внесення добрив.

5. Обмеження застосування в певних агрокліматичних умовах. Для оптимального застосування Strip-Till потрібні певні кліматичні умови. Наприклад, у регіонах із дуже холодними веснами або надзвичайно важкими ґрунтами традиційні методи можуть виявитися ефективнішими, адже Strip-Till може не забезпечувати достатньої обробки для повного проростання насіння.

В Україні технологія Strip-Till впроваджується поступово, і її ефективність значною мірою залежить від типу ґрунту, кліматичних умов та рівня підготовки господарства. Досвід впровадження показує, що ця технологія може суттєво знизити витрати на паливо та підвищити ефективність використання добрив.

Українські аграрії, такі як представники компаній "АТІС" та ПСП "Злагода", повідомляють про успішне застосування Strip-Till при вирощуванні різних культур – кукурудзи, соняшнику, сої та ріпаку. Основним мотивом переходу на цю технологію стало бажання знизити витрати на обробіток ґрунту, зберегти вологу та забезпечити більш раціональне внесення добрив. Також польські фермери, які мають досвід застосування цього методу, відзначають позитивні результати з економії ресурсів та підвищення врожайності, хоча вказують і на певні виклики, пов'язані з технічними особливостями методу.

Успіх Strip-Till в українських господарствах залежить від інтеграції технології з сучасними системами точного землеробства. Використання GPS і RTK дозволяє точно відслідковувати оброблені смуги та забезпечує високий рівень диференційованого внесення добрив, що є особливо важливим для економії ресурсів і оптимізації процесів.

У традиційній оранці проводиться повне переворот ґрунтового шару, що забезпечує швидке прогрівання ґрунту, але супроводжується значними втратами вологи, руйнуванням природної структури ґрунту та підвищеними витратами пального і трудових ресурсів. Strip-Till, навпаки, дозволяє зберегти частину ґрунтового покриву, що сприяє збереженню вологи та органічних речовин.

Метод no-till, або нульового обробітку, полягає у відсутності механічного впливу на ґрунт перед посівом, що дозволяє зберегти рослинні залишки на поверхні і підтримувати біологічну активність ґрунту. Проте, у системі no-till може виникати проблема повільного прогрівання ґрунту, що затримує посів і впливає на розвиток рослин. Strip-Till поєднує переваги no-till (збереження вологи та органічних залишків) із здатністю розпушувати ґрунт у вузьких смугах для прискорення прогрівання, що забезпечує оптимальні умови для проростання насіння.

Перед впровадженням Strip-Till необхідно провести ґрунтові аналізи та розробити агрохімічні карти, що дозволить оптимізувати режим внесення добрив. Планування операцій має враховувати тип ґрунту, кліматичні умови, а також особливості вирощуваних культур. Крім того, важливо забезпечити наявність систем точного водіння для коректного позиціювання агрегатів.

Для досягнення високої точності роботи агрегатів рекомендується періодично проводити технічне обслуговування і калібрування систем GPS та RTK. Важливо також звернути увагу на гостроту та стан робочих органів агрегатів, оскільки від цього залежить якість розпушування ґрунту та ефективність внесення добрив.

У регіонах з підвищеною вологістю або важкими ґрунтами необхідно враховувати можливість повільного прогрівання ґрунту. У таких випадках може знадобитися проведення додаткових заходів з попереднього поверхневого обробітку стерні або використання спеціалізованих агрегатів із можливістю регулювання глибини розпушування.

Після впровадження технології важливо регулярно аналізувати результати: врожайність, ефективність внесення добрив, витрати пального та зміни у структурі ґрунту. Це дозволить своєчасно коригувати технологічну карту господарства та оптимізувати економічні показники виробництва

Технологія Strip-Till являє собою перспективний метод обробітку ґрунту, що дозволяє поєднати переваги традиційної оранки з мінімальним руйнуванням ґрунтового покриву, характерним для системи no-till. Основні переваги включають економію пального, зниження витрат трудових ресурсів, точне внесення добрив та покращення структури ґрунту. Проте, для її успішного впровадження необхідні високотехнологічне обладнання та система точного водіння, а також адаптація до місцевих агрокліматичних умов.

Успіх технології залежить від комплексного підходу: ретельного планування, налаштування агрегатів, використання сучасних систем аналізу та контролю, а також постійного моніторингу результатів. Досвід аграріїв як з України, так і з інших країн демонструє, що при правильному впровадженні Strip-Till може суттєво підвищити ефективність агровиробництва та забезпечити стабільне підвищення врожайності.

Подальший розвиток технології пов'язаний з удосконаленням механічних агрегатів, впровадженням автоматизованих систем управління та інтеграцією з технологіями Інтернету Речей. Сучасні тенденції спрямовані на диференційований підхід до внесення добрив, що дозволить ще більш точно відповідати потребам окремих ділянок поля та забезпечити максимально ефективне використання ресурсів. Інновації в галузі точного землеробства відкривають нові можливості для аграріїв, що вже активно застосовують Strip-Till, і сприятимуть подальшій адаптації технології до умов змін клімату та економічних викликів.

Отже, Strip-Till є важливим інструментом сучасного агробізнесу, який дозволяє не лише підвищити врожайність, але й знизити витрати на обробіток ґрунту, заощадити ресурси та зберегти природну структуру ґрунту. Незважаючи на певні недоліки та виклики, пов'язані з високими початковими витратами та необхідністю точного налаштування обладнання, переваги методу переважають, особливо в умовах зниження доступності ресурсів і підвищення вартості пального. Успішне впровадження Strip-Till в Україні можливо за умови комплексного підходу, який включає технічне забезпечення, навчання персоналу, використання систем точного землеробства та регулярний аналіз агрохімічних характеристик ґрунту.

Завдяки інтеграції сучасних технологій, Strip-Till має всі шанси стати одним із ключових методів обробітку ґрунту в майбутньому. Досвід іноземних аграріїв та перші успішні кейси в Україні демонструють, що за умови правильного впровадження ця технологія може забезпечити стабільне зростання врожайності та економічну ефективність господарства.

Білецький В. Р., Олішевський П. С.
Поліський національний університет, м. Житомир, м. Житомир, Україна.
Веремій Т. Б.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ КОМБАЙНІВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЗЛАКОВИХ ТРАВ НА НАСІННЯ

Сучасне сільське господарство все частіше зосереджується на спеціалізації виробництва насіння, адже високоякісний насіннєвий матеріал – запорука успішного посіву та високих врожаїв. Злакові трави, які вирощуються як насіннєві культури, мають специфічну морфологію та дозрівання, що відрізняються від зернових культур. Саме тому для збирання насіння злакових трав необхідно застосовувати спеціалізовані комбайни з особливими конструктивними рішеннями, спрямованими на мінімізацію втрат, збереження якості насіння та забезпечення високої продуктивності роботи.

Перші версії комбайнів з'явилися задовго до появи сучасних автоматизованих систем. Початкові моделі були пристосовані для збирання зернових культур, проте згодом почали адаптуватися й для насінництва злакових трав. Основна проблема полягала у відмінностях морфологічних особливостей рослин. Злакові трави часто характеризуються нерівномірним дозріванням, схильністю до осипання насіння та більшою делікатністю насінного матеріалу. Ці фактори стимулювали розробку нових конструктивних рішень, спрямованих на підвищення ефективності збору насіння і збереження його якості.

За останні десятиліття в галузі спостерігається стрімке удосконалення конструкцій комбайнів. Сучасні моделі оснащені системами автоматичного регулювання робочих параметрів, датчиками вологості, системами самоочищення та модульними компонентами, що дозволяють адаптувати техніку до конкретних агрокліматичних умов

Однією з ключових частин комбайна є заготівельний блок, або "жниварка". Для збирання насіння злакових трав він має бути сконструйований з урахуванням наступних особливостей:

а) Регульованість висоти та кута нахилу. Злакові трави часто ростуть на нерівних полях, тому можливість регулювання параметрів заготівлі забезпечує рівномірний зріз та мінімізує пошкодження рослин. Це важливо для збереження цілісності насіння, яке легко пошкоджується при надмірних механічних впливах.

б) Оптимізація для делікатного збирання: Конструкція жниварки передбачає використання еластичних компонентів, які забезпечують м'яке підведення рослин до робочих органів комбайна. Сучасні системи можуть регулювати силу тиску на рослини, що запобігає надмірному подрібненню насіння.

Такі рішення дозволяють зменшити втрати насіння, які виникають через недоповне чи пошкоджене його збору, що є особливо актуальним для культур з високою схильністю до осипання

Однією з найбільших проблем при зборі насіння злакових трав є небажані втрати через осипання та механічне пошкодження. Сучасні комбайни впроваджують низку інноваційних рішень:

Система CHAC. Ця система забезпечує безперервне самоочищення робочих зон комбайна за допомогою потужного потоку повітря, що ефективно видаляє залишки насіння та домішки. Завдяки цьому підвищується чистота насіння та зменшуються втрати при наступних етапах обробки.

Інтелектуальні датчики. Вбудовані датчики контролю вологості, стиглості та рівня забруднення насіння дозволяють системі автоматично коригувати режими роботи. Це знижує ризик перенасичення комбайна зайвими домішками і дозволяє проводити оптимальне очищення

Особливості будови комбайнів для збирання насіння злакових трав спрямовані на збереження якості насіння та підвищення ефективності збору. Основними елементами конструкції є заготівельний блок із системою регулювання висоти і кута зрізу, адаптована система обмолоту з делікатними роботами органами, багаторівнева система очищення та сортування, а також вдосконалені системи зберігання та транспортування насіння.

Сучасні комбайни вирізняються високим рівнем автоматизації, інтеграцією з системами точного землеробства та модульністю, що дозволяє адаптувати їх до різних умов і культур. Це сприяє зниженню втрат насіння, підвищенню його схожості та енергії проростання, а також дозволяє господарствам досягати високої продуктивності при збиранні насіннєвого матеріалу.

Однак, незважаючи на досягнення, існують виклики, пов'язані з технічною складністю, високими експлуатаційними витратами та залежністю від зовнішніх факторів. Подальші дослідження у сфері інтеграції інтелектуальних систем, безпілотних технологій та енергозберігаючих рішень сприятимуть подальшому удосконаленню комбайнів та зменшенню впливу негативних чинників.

Таким чином, розвиток комбайнів для збирання насіння злакових трав є важливим напрямком удосконалення насінництва в сучасному сільському господарстві. Впровадження новітніх технологій дозволяє не лише підвищувати якість та кіль-

кість зібраного насіння, а й сприяє екологічній безпеці, зниженню витрат ресурсів та оптимізації виробничих процесів.

Розробка та впровадження інноваційних рішень в області будови комбайнів має важливе значення для підвищення конкурентоспроможності аграрного сектора України та інших країн. Науково-технічний прогрес у цій галузі стимулює зростання продуктивності, дозволяє зменшити трудовитрати та забезпечує стабільну якість насіння, що є ключовим фактором для подальшого розвитку сільського господарства.

В умовах зростаючих вимог до якості насіння та оптимізації агротехнологій, подальший розвиток комбайнів для збирання насіння злакових трав є невід'ємною складовою модернізації аграрного виробництва. Інтеграція з сучасними інформаційними технологіями, використання роботизованих систем і модульних конструкцій відкриває нові можливості для підвищення ефективності виробничих процесів, зниження витрат та збереження природних ресурсів.

Отже, основні особливості сучасних комбайнів включають:

- регульованість заготівельного блоку: можливість адаптувати висоту та кут зрізу для забезпечення рівномірного збору насіння;
- делікатну систему обмолоту: застосування еластичних бичів і адаптивного режиму роботи барабана для мінімізації пошкоджень насіння;
- багаторівневу систему очищення: використання грохотів, решіт і повітряних каналів для видалення домішок;
- інтеграцію з сучасними технологіями: автоматичне регулювання параметрів, моніторинг вологості та стиглості, а також системи самоочищення;
- екологічність та безпеку: зниження викидів, зменшення шуму і забезпечення безпечних умов експлуатації.

У перспективі, розвиток даної техніки буде спрямований на подальшу інтеграцію з інформаційними системами, вдосконалення автоматизації та впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій. Це дозволить аграрному сектору ще більше оптимізувати виробничі процеси, забезпечуючи високоякісне насіння, що є запорукою стабільних врожаїв та конкурентоспроможності господарств.

Куликівський В. Л., Ковальчук Ю. С.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Герасимчук Д. В., Федорчук А. О., Шевчук О. А.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ СІНА

Сільське господарство сьогодні зіштовхується з численними викликами, пов'язаними з підвищенням продуктивності, збереженням родючості ґрунтів та забезпеченням високої якості сільськогосподарської продукції. Одним із ключових елементів сучасної агротехнології є оптимальне використання добрив. Особливу увагу приділяють мінеральним добривам, які дозволяють швидко та ефективно забезпечити рослини необхідними елементами живлення. Водночас питання впливу мінеральних добрив на врожайність і якість сіна є надзвичайно актуальним, адже сіно виступає важливим кормовим ресурсом для тваринництва. Дослідження у цій галузі охоплюють як короткострокові ефекти (підвищення швидкості росту рослин, поліпшення їх поживної цінності), так і довгострокові наслідки (вплив на структуру ґрунту, родючість та екологічну стійкість агроекосистем).

В умовах стрімкого розвитку агротехнологій і зростання вимог до якості кормів для тварин, визначення оптимальних режимів внесення мінеральних добрив є критично важливим завданням. Правильне застосування добрив дозволяє не лише збільшити врожайність сіна, але й покращити його якість, що безпосередньо впливає на продуктивність худоби. Окрім того, надмірне або невідповідне застосування мінеральних добрив може призводити до деградації ґрунтів, зниження органічної речовини в них та екологічних проблем, що робить дослідження у цій сфері надзвичайно актуальним

Дослідники відзначають, що мінеральні добрива забезпечують рослини вже доступними формами поживних речовин, зокрема азотом, фосфором і калієм. Ці елементи є критично важливими для процесів фотосинтезу, розвитку кореневої системи, синтезу білків та інших життєво важливих процесів у рослин. За даними ряду робіт, вплив мінеральних добрив на врожайність сіна демонструється через збільшення маси сухої речовини, покращення поживної цінності рослин та формування оптимального ботанічного складу травостоїв.

У багатьох роботах, присвячених впливу мінеральних добрив, зазначається, що застосування

добрив у відповідних дозах забезпечує суттєве підвищення врожайності сіна. Наприклад, дослідження, представлене у вигляді експериментальних даних, свідчить про те, що внесення азотних добрив може збільшити врожайність сіна на 25-40% порівняно з контролем (без добрив). Інші роботи також підкреслюють, що оптимізація режимів удобрення (в тому числі розподіл дозування азоту на декілька етапів) сприяє зменшенню стресу рослин та поліпшенню якості сіна, що характеризується підвищеним вмістом білка та зниженою кількістю клітковини.

Деякі автори проводять порівняльний аналіз впливу органічних і мінеральних добрив. Органічні добрива сприяють довгостроковому підвищенню родючості ґрунту завдяки збагаченню його органічною речовиною, проте їх дія є повільнішою та менш передбачуваною у короткостроковій перспективі. Мінеральні добрива, з іншого боку, дозволяють оперативно задовольнити потреби рослин у поживних речовинах, що робить їх більш ефективними для швидкого підвищення врожайності сіна.

Мінеральні добрива забезпечують рослини елементами, які входять до складу основних макро– та мікроелементів. Азот стимулює синтез хлорофілу, що сприяє інтенсивному фотосинтезу, фосфор забезпечує енергетичні процеси, а калій регулює осмотичний тиск і сприяє формуванню стійкої структури клітин. За результатами численних досліджень, оптимальне співвідношення N:P:K є критично важливим для формування якості сіна, адже воно впливає на співвідношення різних ботанічних компонентів травостою, що, у свою чергу, визначає поживну цінність корму.

Застосування мінеральних добрив дозволяє контролювати фазу росту рослин. Наприклад, рівномірне внесення азоту у кількох етапах сприяє продовженню активного росту та зменшенню раннього старіння рослин, що позитивно впливає на утворення сіна високої якості. Крім того, дослідження показують, що правильне дозування мінеральних добрив дозволяє знизити втрати поживних речовин під час процесу висушування сіна, забезпечуючи збереження основних елементів, таких як білки і мінерали, що є важливими для кормової цінності.

За результатами експериментальних досліджень, комбіноване застосування органічних та мінеральних добрив демонструє синергічний ефект. Органічні добрива, такі як гній, сприяють довгостроковому збагаченню ґрунту органічною речовиною, а мінеральні – оперативному забезпеченню рослин поживними речовинами. Поєднання обох систем дозволяє досягти як високої врожайності, так і стабільності якості сіна, що є важливим для стійкості агроекосистеми.

Якість сіна визначається рядом параметрів: вмістом сирого протеїну, рівнем клітковини, кількістю мінералів та іншими показниками. Дослідження показують, що застосування мінеральних добрив у оптимальних дозах сприяє зниженню вмісту надлишкової клітковини, що підвищує біологічну цінність сіна для тварин. Крім того, правильне використання мінеральних добрив допомагає забезпечити рівномірне дозрівання трав, що гарантує стабільну якість корму протягом всього періоду заготівлі.

У ряді експериментальних робіт, присвячених впливу мінеральних добрив на врожайність сіна, особлива увага приділяється люцерні. Люцерна, як одна з основних культур для заготівлі сіна, демонструє позитивну реакцію на оптимальне внесення азоту, фосфору та калію. Застосування мінеральних добрив дозволило збільшити врожайність сіна люцерни на 10-15% порівняно з контрольними варіантами, що підтверджується даними досліджень.

Інші дослідження свідчать про позитивний вплив мінеральних добрив на злакові трави, що є складовою частиною сумішей для сіна. Оптимізація режимів удобрення дозволяє підвищити вміст корисних речовин у сіні, що є особливо важливим для кормової якості. Внесення добрив у встановлених дозах сприяє не лише збільшенню маси врожаю, а й покращенню його агрохімічних характеристик, що підтверджується результатами польових експериментів.

Окрім самого впливу добрив на рослини, дослідження розглядають також технологічні аспекти заготівлі сіна. Наприклад, застосування мінеральних добрив сприяє більш рівномірному висушуванню зелені, що дозволяє знизити втрати поживних речовин під час заготівлі. Це важливо для збереження якості сіна протягом його зберігання та подальшого використання як корму для худоби.

Попри позитивний вплив на врожайність, надмірне використання мінеральних добрив може призводити до негативних екологічних наслідків. Це включає накопичення залишків нітратів у ґрунті, забруднення підземних вод, зміни мікрофлори ґрунту та зниження рівня органічної речовини. У зв'язку з цим багато дослідників наголошують на необхідності точного дозування і використання комбінованих систем удобрення, що дозволяють мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Подальші дослідження у сфері впливу мінеральних добрив на якість сіна повинні зосередитися на розробці інтегрованих систем удобрення, які враховують як короткострокові ефекти, так і довгострокові зміни в структурі ґрунту. Особливу увагу варто приділяти аналізу взаємодії між мінеральними та органічними компонентами, оптимізації режимів дозування, а також впливу різних видів мінеральних добрив на специфічні культури сіна, зокрема люцерну та злакові трави.

Також важливим напрямком є розробка нових технологій, що дозволяють мінімізувати втрати

поживних речовин під час заготівлі сіна, зокрема, через впровадження інноваційних методів сушіння та зберігання. Застосування сучасних агротехнічних рішень може значно підвищити ефективність використання добрив та знизити їх негативний вплив на довкілля.

Проведений огляд літератури та аналіз експериментальних досліджень свідчать про те, що мінеральні добрива є потужним інструментом для підвищення врожайності та покращення якості сіна. Однак їх застосування повинно бути добре продуманим і інтегрованим з іншими агротехнічними заходами. Саме збалансований підхід, який включає як мінеральні, так і органічні компоненти, дозволяє досягти високих показників продуктивності, забезпечити стабільну родючість ґрунтів і зменшити негативний вплив на екологію агроекосистеми. Подальші дослідження в цьому напрямку дозволять розробити ще ефективніші системи удобрення, що враховуватимуть специфіку різних регіонів і типів ґрунтів, а також сприятимуть стійкому розвитку сільського господарства в умовах сучасних викликів.

Таким чином, комплексне застосування мінеральних добрив, з урахуванням рекомендацій з оптимізації дозувань і інтеграції з органічними компонентами, є ключовим фактором для забезпечення високої якості сіна та стабільного кормового забезпечення худоби, що в кінцевому рахунку сприяє економічному зростанню аграрного сектору.

Грудовий Р. С., Ленко Б. С.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Веремій Т. Б., Федорчук А. О., Шевчук О. А.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАГОТІВЛІ СИЛОСУ

Заготівля силосу є однією з ключових операцій у сучасних тваринницьких господарствах. Від якості заготівлі силосу залежить не лише поживна цінність корму, але й ефективність подальшого зберігання, транспортування та годівлі худоби. Сучасні технології дозволяють вибрати оптимальний варіант заготівлі, проте кожна з них має свої переваги та недоліки.

Силос – це ферментований корм, який отримують із зелених сировин, таких як кукурудза, трава, люцерна або суміші культур, що заготовлюються за допомогою спеціальної техніки. Правильна технологія заготівлі дозволяє: зберегти максимальну кількість поживних речовин, забезпечити рівномірну ферментацію, зменшити втрати цінних компонентів, знизити витрати на транспортування та обробку силосу.

Однак застосування конкретного методу має враховувати такі чинники, як розміри господарства, наявність техніки, бюджет, погодні умови та специфіку вирощуваних культур.

Сучасна практика заготівлі силосу поділяється на кілька основних напрямків:

а) Застосування силосних комбайнів. Ці агрегати дозволяють одночасно зрізати, подрібнювати та завантажувати зелену масу.

б) Використання прес-підбирачів (причепів з роторними ножами). Такий метод дозволяє здійснювати заготівлю силосу за допомогою комбінації транспортування та попереднього подрібнення сировини.

в) Комбінована технологія заготівлі. Вона поєднує в собі елементи використання як силосних комбайнів, так і прес-підбирачів, що дозволяє адаптувати процес під конкретні умови господарства.

Застосування силосних комбайнів має ряд переваг, зокрема:

Висока продуктивність. Силосний комбайн здатний швидко обробити великі площі поля, забезпечуючи одночасну нарізку та попереднє подрібнення зеленого корму. Це особливо важливо у великих господарствах, де кожна хвилина на полі має економічне значення.

Регульованість параметрів нарізки. Деякі моделі дозволяють встановлювати довжину нарізки від кількох міліметрів до кількох сантиметрів, що дозволяє оптимізувати процес ферментації залежно від типу культури та вимог до корму.

Універсальність використання. Комбайни можуть бути використані як для заготівлі силосу, так і для підготовки зеленої маси для біогазових установок, де важлива дрібна нарізка.

Незважаючи на значні переваги слід відмітити наступні недоліки:

Висока вартість техніки та обслуговування. Силосні комбайни є дорогими агрегатами, як у купівлі, так і в експлуатації. Витрати на ремонт, технічне обслуговування та запасні частини можуть бути значними.

Ризик зношування ножів та подрібнювача. При роботі з більш забрудненою сировиною або при заготівлі силосу з високим вмістом каміння

та піску зростає швидкість зношування ножів. Це може призводити до нестабільності якості нарізки та зниження ефективності ущільнення корму.

Потреба в висококваліфікованому операторі. Для правильного налаштування та експлуатації силосного комбайна необхідна спеціалізована підготовка оператора. Неправильне управління може негативно вплинути на якість заготівлі та привести до надмірного ущільнення ґрунту, що згодом вплине на посіви наступних культур.

Використання прес-підбирачів (причепів з роторними ножами) має ряд позитивних переваг

Ефективність при невеликих обсягах. Прес-підбирачі, зазвичай у вигляді причепів з роторними ножами, добре підходять для господарств з розкиданими полями або для укосів з нижчою урожайністю. Завдяки своїй конструкції вони дозволяють зменшити втрати сировини під час транспортування.

Низькі експлуатаційні витрати. У порівнянні із силосними комбайнами, прес-підбирачі мають простішу конструкцію, що знижує ризик поломок та спрощує обслуговування. Це дозволяє зекономити на ремонті та експлуатації.

Багатофункціональність. Такий агрегат може використовуватися не лише для заготівлі силосу, а й для збору сіна та соломи, що робить його універсальним рішенням для багатьох господарств.

Також слід відмітити наступні недоліки, які спостерігаються при використанні прес-підбирачів:

Залежність від потужності тягача. Прес-підбирачі вимагають використання високопотужних тракторів (часто понад 300 кінських сил) для ефективної роботи. Це обмежує їх використання в господарствах з меншою кількістю або потужністю техніки.

Менша продуктивність на великих площах. Через свою конструкцію прес-підбирачі підходять більше для невеликих та середніх господарств. При заготівлі силосу на великій площі витрати часу та зусиль можуть бути значно вищими, ніж при використанні силосних комбайнів.

Ризик нерівномірної нарізки. При використанні прес-підбирача якість нарізки сильно залежить від умов роботи – рівномірність валку, вологість сировини та налаштування ножів. Нерівномірна нарізка може вплинути на процес ферментації та ущільнення силосу в сховищі.

Комбінована технологія передбачає використання обох типів машин – силосних комбайнів та прес-підбирачів – залежно від умов заготівлі. Наприклад, на великих, рівних полях перевагу може отримувати силосний комбайн, а на менш продуктивних або розкиданих полях – прес-підбирач.

Переваги комбінованого підходу:

Гнучкість організації виробничого процесу. Використання різних агрегатів дозволяє адаптувати процес заготівлі до конкретних умов поля, забезпечуючи оптимальне збирання сировини незалежно від її якості та рівномірності росту.

Економія часу. При правильному плануванні комбінований підхід дозволяє мінімізувати простої техніки та оперативно реагувати на змінні погодні умови.

Підвищення якості готового корму. Застосування комбайнів для попереднього подрібнення та прес-підбирачів для ущільнення допомагає отримати більш структуровану масу, що сприяє кращій ферментації та збереженню поживних речовин.

Недоліки та виклики комбінованої технології заготівлі силосу:

Складність організації процесу. Комбінований підхід вимагає ретельного планування, координації роботи різних агрегатів та висококваліфікованого персоналу для управління операціями.

Вищі початкові інвестиції. Наявність двох типів техніки збільшує капіталовкладення, а також потребує окремих сервісних центрів для обслуговування різних агрегатів.

Логістичні виклики. Забезпечення оперативного переміщення техніки між різними ділянками поля та організація своєчасного завантаження сировини можуть бути складними при великомасштабних операціях.

Хоча основна мета заготівлі силосу – це отримання якісного ферментованого корму, варто враховувати, що технологія заготівлі тісно пов'язана з методами зберігання. Найпоширенішими методами зберігання силосу є:

а) Силосні ями. Традиційний метод, який застосовувався ще в радянські часи. Він дозволяє зберігати великі об'єми силосу, проте має недоліки, пов'язані з ущільненням ґрунту та ризиком потрапляння сторонніх домішок.

б) Силосні ангари. Забезпечують кращий контроль над умовами зберігання, однак потребують великих капіталовкладень у будівництво та обслуговування.

в) Полімерні рукави. Сучасний метод, який стає все популярнішим завдяки своїй мобільності, простоті монтажу та можливості зберігати силос до одного року без значних втрат поживних речовин.

г) Зберігання в рулонах. Використовується переважно для сінажу та соломи, але в окремих випадках застосовується й для силосу. Цей метод дозволяє мінімізувати втрати завдяки щільній обмотці та забезпечує зручність транспортування.

Куликівський В. Л., Тригуба А. О., Заплетнюк Б. В.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Веремій Т. Б., Федорчук А. О., Шевчук О. А.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

СТАН ГАЛУЗІ КАРТОПЛЯРСТВА В УКРАЇНІ

Картопля завжди відігравала визначну роль у продовольчій безпеці та господарській стабільності України. Як "другий хліб" українців, вона не лише є основним продуктом харчування, але й є важливим сировинним матеріалом для переробної промисловості. Сучасна аграрна політика, технологічні інновації та наукові дослідження сприяють вдосконаленню виробництва картоплі, однак галузь стикається із численними викликами, зокрема, пов'язаними з впливом кліматичних змін, економічними обмеженнями та потребою модернізації агротехнологій.

Історично картопля займає важливе місце в аграрному виробництві України. З моменту введення цієї культури вона стала незамінною складовою продовольчого раціону населення та підтримкою сільських господарств. За даними Державної служби статистики, Україна протягом останніх десятиліть входить до числа провідних виробників картоплі у світі, що свідчить про високий потенціал галузі. Однак, попри високі обсяги виробництва, значна частина продукції використовується на внутрішньому ринку, а експортний потенціал залишається недоцільно розкритим.

На сьогодні Україна є одним із найбільших виробників картоплі в світі, щорічно вирощуючи понад 20 млн тонн цієї культури. За оцінками фахівців, сучасні врожаї досягають показників від 30 до 40 т/га, що значно перевищує середні показники багатьох інших країн. Проте, різниця між врожайністю у великих агрохолдингах та господарствах населення залишається суттєвою. Сільськогосподарські підприємства, які використовують інтенсивні технології, досягають значно вищих показників завдяки застосуванню сучасних агротехнологій, системи удобрення та захисту рослин.

Географічна специфіка вирощування картоплі в Україні визначається як кліматичними, так і ґрунтовими умовами. Традиційно основні площі вирощування концентруються в регіонах з розвиненою аграрною інфраструктурою – це Полісся, Лісостеп, а також окремі райони Західної України. Наприклад, у Львівській, Житомирській, Вінницькій та Київській областях спостерігається висока концентрація вирощування, що обумовлює як високий рівень виробництва, так і специфіку логістики, зберігання та переробки продукції.

Сучасне картоплярство в Україні характеризується застосуванням як традиційних, так і інтенсивних технологій вирощування. Традиційна технологія базується на основних агротехнічних прийомах, таких як підготовка ґрунту, своєчасне внесення добрив, механічний догляд за рослинами та збір врожаю. З іншого боку, інтенсивна (голландська) технологія дозволяє підвищити врожайність за рахунок більш точного дозування добрив, використання високопродуктивних сортів та сучасних засобів захисту рослин. Проте, інтенсивне виробництво вимагає значних інвестицій, високої кваліфікації персоналу та сучасної техніки, що не завжди доступно малим господарствам.

Ефективність виробництва картоплі значною мірою визначається рівнем собівартості продукції. Аналіз показників витрат свідчить, що основною статтею є прямі матеріальні витрати, серед яких насіннєвий матеріал, добрива, засоби захисту рослин та пальне займають провідне місце. З одного боку, зниження собівартості сприяє підвищенню конкурентоспроможності продукції на внутрішньому ринку, а з іншого – впливає на рівень рентабельності аграрних підприємств. За даними фахівців, собівартість 1 центнера картоплі в сучасних умовах зменшується завдяки оптимізації виробничих процесів, проте інфляційний тиск та зростання цін на матеріали продовжують створювати додаткові виклики.

Нестабільність клімату є одним із ключових чинників, що впливають на врожайність картоплі. Непередбачувані погодні умови, дефіцит опадів та екстремальні температурні режими можуть призвести до зниження якості та кількості врожаю. Крім того, надмірне застосування хімічних засобів захисту рослин може негативно впливати на ґрунтову екосистему, що створює довгострокові екологічні проблеми.

Сучасне картоплярство потребує значних інвестицій для модернізації обладнання, впровадження інноваційних технологій та забезпечення належного рівня логістики. Невизначеність щодо державної підтримки, коливання валютних курсів, а також зростання цін на матеріали створюють додатковий фінансовий тиск на аграріїв. Маленькі господарства, які займаються вирощуванням картоплі, часто не мають можливості інвестувати в модернізацію, що призводить до різниці в продуктивності між великими та малими виробниками.

Після збору врожаю важливим аспектом стає зберігання картоплі. Недостатня кількість сучасних картоплесховищ та неефективна логістика призводять до значних втрат продукції. Також важливою є проблема переробки картоплі: розвинена переробна промисловість здатна забезпечити

стабільний попит на сировину, однак її обсяг залишається недостатнім, що обмежує можливості аграріїв отримувати додаткові прибутки.

Незважаючи на високий потенціал картоплярства, галузь стикається з проблемами організаційно-економічного характеру. Ринок картоплі характеризується високою сезонністю, що впливає на стабільність цін та рівень попиту. Крім того, на ринку домінує господарства населення, які часто не ведуть повноцінний облік витрат та не використовують сучасні методики управління виробництвом. Це призводить до розрізненості даних, ускладнюючи планування та оптимізацію виробничих процесів.

Одним із найважливіших напрямків розвитку картоплярства є модернізація агротехнологій. Впровадження сучасних систем зрошення, застосування точного землеробства, використання високопродуктивних та стійких до хвороб сортів, а також сучасних методів захисту рослин дозволить значно підвищити врожайність і якість продукції. Державна підтримка інноваційних проектів та розширення співпраці з науково-дослідними установами сприятимуть впровадженню новітніх технологій у практику господарств.

Підвищення ефективності зберігання та переробки картоплі є критично важливим для підвищення рентабельності галузі. Створення сучасних картоплесховищ з контрольованим мікрокліматом, розвиток виробництва чіпсів, крохмалю, спирту та інших продуктів з картоплі дозволить аграріям отримувати додаткову додану вартість. Розширення можливостей переробної промисловості допоможе знизити сезонні коливання цін на свіжу картоплю та забезпечити стабільність ринку.

Незважаючи на високі обсяги виробництва, експорт картоплі з України залишається на низькому рівні. Потенціал для збільшення експортних поставок існує як за рахунок безпосереднього експорту свіжої картоплі, так і через перероблену продукцію. Розробка стратегії виходу на нові ринки, стандартизація якості продукції, вдосконалення логістичних ланцюгів та активна маркетингова політика можуть дозволити суттєво розширити експортний потенціал галузі. За певних умов, за оцінками експертів, можливе збільшення експортної виручки до кількох мільярдів доларів.

Оптимізація виробничої програми, створення кооперативних структур та об'єднання виробників може сприяти стабілізації ринку. Співпраця між аграрними підприємствами дозволить знизити витрати на виробництво, оптимізувати постачання матеріалів та забезпечити краще ціноутворення. Організація групових закупівель та спільного збуту продукції сприятиме зменшенню впливу сезонних коливань та підвищенню конкурентоспроможності картоплярства на внутрішньому ринку.

Для реалізації всіх вищезазначених напрямків важливою умовою є активна роль держави. Програми підтримки аграрного сектору, субсидії на модернізацію виробництва, кредитні програми для малих та середніх господарств, а також науково-дослідні проекти – все це сприятиме підвищенню ефективності виробництва картоплі. Державні ініціативи щодо розвитку інфраструктури, створення сучасних логістичних центрів та розвиток ринку переробної продукції дозволять створити сприятливі умови для сталого розвитку галузі.

Картопля є ключовою культурою для забезпечення продовольчої безпеки населення України. Завдяки своїй доступності та високій харчовій цінності, вона залишається важливим елементом раціону українців. Підвищення врожайності та якості картоплі сприятиме стабільності внутрішнього ринку, що особливо важливо в умовах економічної невизначеності та глобальних викликів.

Для багатьох сіл та малих населених пунктів картоплярство є основним джерелом доходу. Розвиток галузі сприяє підвищенню рівня зайнятості, збільшенню доходів сільських господарств та стимулює розвиток супутніх сфер – переробної промисловості, логістики, продажу аграрної продукції. Забезпечення стабільних доходів у сільській місцевості сприяє зменшенню міграції населення до міст та покращенню якості життя в регіонах.

Науково-дослідні установи та аграрні університети активно займаються розробкою нових сортів картоплі, які є стійкими до шкідників, хвороб та несприятливих кліматичних умов. Впровадження сучасних біотехнологій, генетичних досліджень і селекційних методик сприяє підвищенню продуктивності та якості продукції. Співпраця між науковими установами та виробниками є важливим фактором для впровадження інновацій у галузь.

Незважаючи на успіхи в агротехнологіях, частина виробників все ще застосовує традиційні методи, що не дозволяє досягати високої врожайності. Вирішення цієї проблеми полягає в широкомасштабній модернізації виробництва, впровадженні систем точного землеробства та автоматизації технологічних процесів. Державна підтримка та навчання аграріїв сучасним методам виробництва можуть стати каталізаторами змін.

Високі витрати на модернізацію, зростання вартості ресурсів і невизначеність економічного середовища створюють серйозний фінансовий тиск. Для подолання цих труднощів необхідно залучення інвестицій, державні програми підтримки та розвиток кредитування аграрного сектору. Формування кооперативів та об'єднання ресурсів малих господарств може дозволити знизити інвестиційні ризики та оптимізувати витрати.

Недостатній розвиток інфраструктури зберігання та транспортування картоплі призводить до значних втрат продукції після збору врожаю. Створення сучасних картоплесховищ, обладнаних системами контролю температури та вологості, а також оптимізація логістичних ланцюгів можуть суттєво знизити втрати і підвищити ефективність реалізації продукції. Інтеграція ринку виробництва з ринком переробки також сприятиме покращенню логістичних процесів.

Невідповідність стандартів ведення господарської діяльності між великими підприємствами та господарствами населення створює додаткові труднощі в управлінні виробництвом. Для вирішен-

ня цієї проблеми важливо впроваджувати єдині стандарти, проводити навчання, спрямоване на оптимізацію управлінських процесів, а також стимулювати розвиток партнерств між різними суб'єктами галузі.

Для розширення експортного потенціалу важливо працювати над удосконаленням якості продукції, відповідністю міжнародним стандартам та активною маркетинговою стратегією. Розвиток партнерських відносин із зарубіжними покупцями, участь у міжнародних виставках та конференціях, а також створення брендованої продукції сприятимуть зміцненню позицій українського картоплярства на світовому ринку.

Інвестиції у створення сучасних переробних підприємств дозволять не лише зберігати якість картоплі, а й перетворювати її у високоякісні продукти (чіпси, крохмаль, спирт, кормові добавки). Розширення асортименту переробленої продукції створить додаткові ринкові можливості та зменшить вплив сезонних коливань на доходи виробників.

Активна співпраця між науковими установами, аграрними підприємствами та державними структурами дозволить впроваджувати новітні технології у виробництво. Підтримка селекційних досліджень, генетичних програм та застосування біотехнологій стане запорукою підвищення врожайності та якості картоплі. Створення тестових майданчиків для впровадження інноваційних методів вирощування допоможе швидко адаптувати технології до реальних умов господарювання.

Освіта та навчання є важливим чинником для модернізації галузі. Підвищення кваліфікації аграріїв, впровадження сучасних тренінгів з управління виробництвом, а також використання цифрових технологій для моніторингу та управління процесами дозволять підвищити ефективність виробництва. Співпраця з вітчизняними та зарубіжними експертами сприятиме обміну досвідом та впровадженню найкращих практик.

Стан галузі картоплярства в Україні характеризується високим потенціалом виробництва, що підтверджується значними обсягами врожаю та широким розповсюдженням культури в різних регіонах країни. Проте, галузь стикається з низкою викликів: від кліматичних змін та зростання витрат до проблем зберігання, логістики та організаційної фрагментації.

Для подолання цих труднощів необхідно впроваджувати сучасні агротехнології, оптимізувати виробничі процеси, розвивати інфраструктуру зберігання та переробки, а також активізувати зусилля щодо розширення експортного потенціалу. Державна підтримка, інвестиційні програми та активна співпраця між науковими установами та виробниками можуть стати ключовими факторами для сталого розвитку галузі.

З огляду на соціально-економічне значення картоплярства, його розвиток сприятиме підвищенню продовольчої безпеки, стабільності доходів сільських господарств та збереженню традицій аграрної культури в Україні. Сучасна стратегія розвитку галузі повинна базуватися на інтегрованому підході, який охоплює модернізацію технологій, оптимізацію виробничої програми, розширення ринкових можливостей та впровадження інновацій.

В підсумку, сучасний стан галузі картоплярства свідчить про значний потенціал для її подальшого розвитку, проте реалізація цього потенціалу залежить від здатності аграрного сектора адаптуватися до нових умов, впроваджувати сучасні технології та ефективно управляти ресурсами. Стратегічні рішення щодо підтримки інновацій, модернізації виробництва та розширення ринків збуту створять сприятливі умови для підвищення конкурентоспроможності української картоплі як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках.

Дерев'янко Д. А., Шулятинський Н. Р.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна,
Веремій Т. Б., Федорчук А. О., Шевчук О. А.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА НА ФЕРМАХ

Якість сирого молока є вирішальним чинником не лише для безпеки кінцевої продукції, а й для економічної ефективності молочних підприємств. Первинна обробка молока, що включає очищення, охолодження, фільтрацію та сепарацію, визначає рівень мікробіологічної чистоти сировини, зберігає її фізико-хімічні властивості та впливає на подальшу технологію переробки. У сучасних умовах зростання вимог до якості молока та безпеки харчових продуктів впровадження інноваційних, ресурсозберігаючих технологій первинної обробки набуває стратегічного значення для фермерських господарств. Основне завдання полягає у зниженні рівня механічних і бактеріальних домішок, що спричиняють погіршення сортування молока, та у створенні умов для отримання продукту високої якості без значних додаткових витрат.

Молоко як сировина для переробки має складну структуру: воно містить білки, жири, вуглеводи, вітаміни й мінерали у збалансованих пропор-

ціях. Проте його первинна обробка безпосередньо впливає на органолептичні властивості, мікробіологічну чистоту та технологічну цінність. Дослідження показали, що молоко, отримане без ретельного очищення від механічних домішок, має високий рівень бактеріального обсіменіння, що може сягати від 500 тис. до декількох мільйонів бактерій на мілілітр.

Основними джерелами домішок, що потрапляють у молоко, є:

Механічне забруднення: домішки з кормів, пил, волосся, частки гною та інших матеріалів, що можуть потрапляти в молоко під час доїння.

Бактеріальне забруднення: мікроорганізми, що надходять із забруднених рук доярок, обладнання, непрохідних поверхонь вимені та повітря в приміщеннях.

Вплив зовнішнього середовища: умови утримання худоби, стан санітарії у корівниках і приміщеннях для доїння, що впливають на якість молока/

Одним із ключових етапів первинної обробки є фільтрація, що дозволяє видаляти механічні домішки. Для цього на фермах використовують:

- *тканинні та неткані фільтри:* традиційні матеріали, такі як марля, вата, лавсан та бязь, мають різну ефективність і термін служби. Наприклад, лавсанова тканина характеризується високою пропускною здатністю, міцністю та можливістю ефективної дезінфекції, що робить її оптимальним матеріалом для фільтрування.

- *модерні фільтри із застосуванням ультразвукових технологій:* інноваційні рішення, які забезпечують зниження розмірів домішок до 40-50 мкм, дозволяють отримати продукт високої чистоти.

- *центробіжні сепаратори:* обладнання, що працює за принципом центробіжного розділення, дозволяє окремо видаляти жирові кульки та інші частинки, зберігаючи збалансований хімічний склад молока.

Ефективне охолодження є важливим етапом, адже воно запобігає подальшому росту бактерій і зберігає біохімічні властивості молока. Сучасні системи охолодження повинні забезпечувати: швидке зниження температури до рівня 4-6 °С протягом декількох хвилин після доїння, інтеграцію з лінією доїння: система, яка безпосередньо охолоджує молоко у закритому потоці, мінімізує контакти продукту із зовнішнім середовищем і знижує ризик механічного забруднення.

Підвищення ефективності первинної обробки молока на фермах є багатофакторним завданням, яке вимагає комплексного підходу. Поєднання сучасних технологічних засобів (сучасні фільтри, автоматизовані системи охолодження, інтегровані лінії доїння) із суворим дотриманням санітарно-гігієнічних норм дозволяє значно покращити якість сировини. Це не лише підвищує сортність молока, але й сприяє економічній вигоді господарств, знижуючи експлуатаційні витрати та оптимізуючи виробничі процеси.

Для досягнення результатів необхідно не лише модернізувати обладнання, але й розробити чіткі технологічні регламенти, що враховують специфіку кожного господарства. Інвестиції в дослідження і розвиток інноваційних технологій дозволять створити надійну систему первинної обробки, яка стане запорукою отримання молока високої якості і конкурентоспроможності на ринку.

Отже, сучасні фермерські господарства мають можливість досягти значного підвищення ефективності первинної обробки молока за допомогою впровадження комплексних технологічних рішень. Системний підхід, що поєднує автоматизацію, сучасне обладнання та суворе дотримання санітарних норм, дозволить знизити рівень бактеріального забруднення, покращити органолептичні властивості молока і, як наслідок, отримати продукт вищої категорії. Це створює базу для подальшої оптимізації виробництва, зниження собівартості кінцевої продукції та підвищення її якості, що є особливо важливим в умовах зростаючих вимог ринку та конкуренції на глобальному рівні.

Куликівський В. Л., Хмельовський Р. А.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Веремій Т. Б., Федорчук А. О., Шевчук О. А.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

В сучасних умовах зростаючих вимог до екологічної чистоти сільськогосподарської продукції та зниження негативного впливу на навколишнє середовище, питання застосування органічних добрив набуває особливої актуальності. Цукрові буряки, як одна з основних сировинних культур для виробництва цукру, є важливим елементом аграрного сектору багатьох країн. Використання органічних добрив, таких як гній, компост, зелене добриво та інші, може суттєво впливати на якість ґрунту, мікробіологічні процеси та, як наслідок, на урожайність цукрових буряків.

Історично органічні добрива використовувалися з давніх часів для підвищення родючості ґрунту. Уже в античних цивілізаціях було відомо про позитивний вплив гною та рослинних залишків на

родючість ґрунту. З розвитком сільського господарства традиційні методи внесення органічних добрив зазнали певних змін, проте їх основна функція – постачання поживних речовин та поліпшення структури ґрунту – залишилася незмінною.

У XX столітті, з появою хімічних добрив, аграрії поступово відмовилися від використання органічних матеріалів через їхню меншу "діючу силу" у короткостроковій перспективі. Однак згодом було усвідомлено, що надмірне застосування мінеральних добрив веде до деградації ґрунтів, накопичення солей та порушення біологічного балансу. У зв'язку з цим органічні добрива знову набули популярності як засіб для відновлення природних процесів у ґрунті та забезпечення стійкого сільськогосподарського виробництва.

Органічні добрива можна класифікувати за кількома ознаками: походження, склад, форма подачі та швидкість розкладання. До основних груп належать:

- *Гній та гнійові суміші.* Гній є одним з найдавніших і найпоширеніших органічних добрив, що містить великий спектр макро– та мікроелементів. Він сприяє підвищенню вологоутримуючої здатності ґрунту, стимулює розвиток мікроорганізмів та забезпечує поступове вивільнення поживних речовин.

- *Компост*. Компостування дозволяє перетворити рослинні та тваринні відходи на стабільний органічний продукт. Компост має високий вміст гумусу, що позитивно впливає на структуру ґрунту та забезпечує тривале постачання поживних речовин.

- *Зелене добриво.* Це вирощування спеціальних рослин (наприклад, люцерни, клеверу), які потім закаопчуються у ґрунт для збільшення вмісту азоту, органічної речовини та мікроелементів. Зелене добриво є швидкодіючим та ефективним засобом покращення ґрунтових умов.

- *Біомаса та рослинні залишки.* Використання залишків рослин після збору врожаю або спеціально вирощених культур дозволяє повернути в ґрунт великі об'єми органічної речовини. Цей метод сприяє підвищенню біологічної активності ґрунту та його родючості.

Кожен з цих типів має свої переваги та особливості, які впливають на кінцевий ефект при використанні на цукрових буряках. Наприклад, гній має високу концентрацію поживних речовин, проте може спричинити надлишкове насичення азотом, що негативно позначиться на якості продукції. Компост, завдяки високому вмісту гумусу, сприяє більш рівномірному вивільненню поживних речовин, що робить його більш прийнятним для довгострокового використання.

Водночас, застосування органічних добрив вимагає комплексного підходу, що враховує початкові характеристики ґрунту, кліматичні умови, а також специфіку конкретних агротехнічних заходів. Сучасні наукові дослідження та практичний досвід дозволяють розробляти рекомендації, які сприяють оптимізації процесів внесення добрив, забезпечують високий рівень урожайності та економічну ефективність виробництва.

У перспективі впровадження інноваційних технологій, таких як нанотехнології для контролю вивільнення поживних речовин та інтегровані системи моніторингу, можна очікувати ще більшої ефективності застосування органічних добрив. Цей напрямок залишається перспективним не лише з агрономічної точки зору, але й з екологічного та економічного аспектів, що сприяє стійкому розвитку сільського господарства.

Отже, вплив органічних добрив на урожайність цукрових буряків є багатогранним і позитивним. Правильне застосування цих матеріалів дозволяє не лише підвищити продуктивність культури, але й зберегти та відновити природні ресурси, що має вирішальне значення для майбутнього сільськогосподарського виробництва в умовах зростаючих екологічних вимог.

Застосування органічних добрив у виробництві цукрових буряків представляє собою сучасний підхід до вирішення проблем деградації ґрунтів та зниження ефективності традиційних методів агротехніки. Поєднання екологічної безпеки, економічної доцільності та технологічного прогресу робить цей напрямок одним із ключових у стратегії сталого сільського господарства.

Сучасні аграрії мають можливість використовувати досвід минулих поколінь, поєднуючи його з сучасними науковими розробками, що сприятиме не лише підвищенню врожайності, але й збереженню родючості ґрунтів на довгий термін. Інноваційні підходи, спрямовані на оптимізацію процесів внесення органічних добрив, дозволяють створити стійкі виробничі системи, які забезпечують високий рівень продуктивності, економічну ефективність та екологічну безпеку.

Таким чином, вплив органічних добрив на урожайність цукрових буряків є багатофакторним процесом, що охоплює як фізико-хімічні, так і біологічні аспекти розвитку рослин. Комплексний підхід до вирішення даної проблеми дозволить не лише покращити якість продукції, але й забезпечити стабільний розвиток сільського господарства в умовах зростаючих екологічних викликів.

У підсумку, сучасні наукові дані свідчать про позитивний вплив органічних добрив на всі етапи росту цукрових буряків – від покращення структури ґрунту до збільшення концентрації цукру у коренеплодах. Застосування органічних матеріалів відкриває нові можливості для підвищення ефективності аграрного виробництва, сприяючи створенню екологічно чистої продукції та забезпеченню продовольчої безпеки в довгостроковій перспективі.

Грудовий Р. С., Євтушенко К. О.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Добранський С. С., Бучко І. О., Мельник О. П.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ NO-TILL ПРИ ВИРОЩУВАННІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

У сучасних умовах сільського господарства зростає потреба в ефективних, екологічно чистих та економічно вигідних методах ведення сільського господарства. Одним із таких напрямків є технологія no-till, що характеризується відмовою від традиційної обробки ґрунту, зокрема від оранки, на користь мінімального впливу на структуру ґрунту та збереження органічної маси. Застосування технології no-till для вирощування озимої пшениці стає дедалі популярнішим серед аграріїв як в Україні, так і у світі. Ця технологія дозволяє не лише підвищити врожайність, а й зменшити витрати енергії, покращити структуру ґрунту та знизити ерозійні процеси. У статті розглянуто основні принципи технології no-till, її переваги та недоліки, а також практичні рекомендації щодо впровадження в умовах вирощування озимої пшениці.

Технологія no-till (безорна обробка ґрунту) виникла як відповідь на численні проблеми традиційних методів обробки землі. У класичній системі обробки ґрунту здійснюється поворотний обріз (орка), який сприяє розпушуванню ґрунту та підготовці його до посіву. Проте, така система має низку негативних наслідків: вона може призводити до втрати вологи, деградації ґрунтової структури, руйнування мікроорганізмів, а також сприяти ерозії ґрунтів.

Основна ідея технології no-till полягає у мінімізації або повній відмові від механічної обробки ґрунту між посівами. При цьому насіннєвий матеріал закладають без попередньої обробки, що дозволяє зберегти природний шар рослинних залишків, підвищити вміст органічної речовини та забезпечити більш сталий режим вологообміну. Крім того, технологія сприяє підтримці біологічної активності ґрунту, оскільки мінімізує руйнування ґрунтової біоти.

Технологія no-till базується на ряді ключових принципів, які дозволяють максимально знизити механічний вплив на ґрунт:

а) *Мінімізація обробки ґрунту.* Основний принцип – це відмова від традиційної оранки. Замість цього використовують спеціалізовану сільськогосподарську техніку, яка дозволяє здійснювати посів без попередньої обробки ґрунту.

б) *Збереження рослинних залишків.* Після збору попередньої врожайності частина рослинного матеріалу залишає в полі, що сприяє збереженню вологи та запобігає ерозії ґрунту.

в) *Підтримка біорізноманіття.* Завдяки збереженню природного стану ґрунту, підтримується активність ґрунтових мікроорганізмів, що сприяє підвищенню родючості ґрунту та ефективнішому обміну речовин.

г) *Раціональне використання добрив.* При застосуванні no-till система добривлення часто пристосовується до нових умов, що дозволяє точніше дозувати поживні речовини та зменшити їх втрати.

Однією з головних переваг технології no-till є збереження природної структури ґрунту. Відсутність механічного розбурхування дозволяє зберегти мікроструктуру ґрунту, що позитивно впливає на здатність ґрунту утримувати воду та поживні речовини. Це особливо важливо для озимої пшениці, яка потребує стабільного режиму вологообміну в умовах холодного періоду.

Підтримання рослинних залишків та мінімальний вплив техніки сприяють збереженню біологічної активності ґрунту. Мікроорганізми, що розкладають органічну матерію, сприяють формуванню гумусу, який є основою родючості ґрунту. Завдяки цьому озима пшениця може отримувати більш рівномірне та тривале постачання поживних речовин протягом усього вегетаційного періоду.

Традиційні методи обробки ґрунту вимагають значних затрат енергії, що відображається на витратах палива та амортизації сільськогосподарської техніки. Застосування технології no-till дозволяє значно скоротити ці витрати, що робить вирощування озимої пшениці більш економічно вигідним. Крім того, зниження механічного впливу зменшує знос обладнання та потребу у частому технічному обслуговуванні.

Втрата верхнього шару ґрунту внаслідок ерозії є серйозною проблемою для багатьох регіонів. Використання технології no-till допомагає знизити ризик ерозійних процесів, оскільки зберігаються рослинні залишки, що виконують роль природного мульчування. Це сприяє збереженню родючості та стабільності агрогосподарських угідь.

Збереження вологи завдяки мульчуванню та мінімальному впливу на ґрунтову структуру позитивно впливає на адаптацію рослин до посушливих періодів. Озима пшениця, вирощена за технологією no-till, часто демонструє кращу стійкість до несприятливих погодних умов, що особливо актуально в умовах кліматичних змін.

За останні роки технологія no-till знайшла широке застосування не лише в країнах Заходу, але й

в Україні, де аграрії шукають шляхи підвищення ефективності господарств у контексті змін клімату та зниження витрат. Досвід інших країн демонструє, що успішне впровадження безорної технології сприяє не тільки підвищенню врожайності, а й довгостроковому збереженню родючості ґрунту.

У Сполучених Штатах, Канаді та країнах Західної Європи технологія no-till застосовується вже десятиліттями. Фермери відзначають позитивний вплив на екологічний стан земель, зниження витрат на паливо та підвищення стійкості сільськогосподарських угідь до екстремальних погодних умов. Цей досвід дозволяє проводити численні наукові дослідження, що демонструють збільшення вмісту гумусу та покращення ґрунтової біоти.

В Україні технологія no-till впроваджується поступово, але вже зараз спостерігається зростання зацікавленості серед аграріїв. Деякі регіони, де ґрунтово кліматичні умови сприятливі для збереження органічної речовини, демонструють позитивну динаміку у показниках врожайності озимої пшениці. Українські науковці проводять експериментальні дослідження, результати яких свідчать про те, що перехід до безорних технологій може стати важливим чинником у підвищенні продуктивності аграрного сектору. Практичні дослідження показують, що використання покривних культур, адаптація режиму добривації та застосування сучасних насіннєсіяльних машин сприяють зниженню негативних впливів бур'янів та підвищенню стійкості рослин до посух.

Перспективи впровадження технології no-till у вирощуванні озимої пшениці виглядають багатообіцяючими з огляду на екологічні, економічні та соціальні вигоди. Технологія no-till для вирощування озимої пшениці є перспективним напрямком, що дозволяє поєднати економічну ефективність із збереженням екологічного балансу. Завдяки мінімізації обробки ґрунту, збереженню органічної речовини та покращенню біологічної активності ґрунту, технологія no-till сприяє підвищенню врожайності та зниженню операційних витрат. Досвід країн з розвиненим сільським господарством свідчить, що впровадження безорних технологій може стати важливим чинником стабільного розвитку аграрного сектору навіть у регіонах з несприятливими кліматичними умовами.

Сучасні дослідження підтверджують, що використання технології no-till дозволяє не лише зберегти природні ресурси, а й підвищити економічну ефективність господарств за рахунок зниження витрат на паливо, добрива та технічне обслуговування обладнання. Проте, впровадження цієї технології супроводжується певними викликами, серед яких – контроль бур'янів, високі первинні інвестиції та необхідність адаптації агротехнічних заходів до специфічних умов конкретного регіону.

Враховуючи всі переваги та виклики, застосування технології no-till у вирощуванні озимої пшениці можна розглядати як важливий крок на шляху до більш екологічно сталого та економічно вигідного сільського господарства. Вона дозволяє не лише знизити негативний вплив традиційних методів обробки ґрунту, а й створити сприятливі умови для довгострокового збереження родючості ґрунту.

З огляду на сучасні виклики, пов'язані з кліматичними змінами, виснаженням природних ресурсів та зростанням витрат на традиційні агротехнології, майбутнє сільського господарства невід'ємно пов'язане з впровадженням інноваційних методів ведення господарства. Технологія no-till має всі передумови для того, щоб стати однією з базових практик сучасного агробізнесу. З розвитком наукових досліджень, удосконаленням обладнання та активною підтримкою з боку держави, можна очікувати подальший розширення її застосування як в Україні, так і на міжнародному рівні.

Фахівці в галузі агрономії підкреслюють, що інтегроване застосування технології no-till з іншими інноваційними підходами – такими як точне землеробство, цифрове управління господарством та використання біостимуляторів – дозволить суттєво підвищити продуктивність та стійкість агроекосистем. Такий підхід сприятиме зменшенню впливу негативних екологічних факторів, підвищенню врожайності та зниженню витрат фермерських господарств.

Впровадження технології no-till у вирощуванні озимої пшениці є перспективним та актуальним напрямком модернізації сільського господарства. Ця технологія сприяє збереженню ґрунтових ресурсів, підвищенню біорізноманіття та економічній ефективності аграрних угідь. Проте для успішного впровадження необхідно враховувати специфіку місцевих ґрунтово-кліматичних умов, оптимізувати систему добривації та активно впроваджувати сучасні агротехнічні заходи.

У майбутньому розвиток технології no-till може стати ключовим чинником стабільного та екологічно чистого сільського господарства. Співпраця наукових установ, державних органів та аграріїв, активний обмін досвідом та впровадження інноваційних методів дозволять забезпечити високі показники врожайності та збереження родючості ґрунтів, що, без сумніву, сприятиме підвищенню продовольчої безпеки та економічної стабільності регіонів.

Таким чином, технологія no-till для вирощування озимої пшениці являє собою не лише інноваційну альтернативу традиційним методам обробки ґрунту, а й важливий елемент стратегії сталого розвитку аграрного сектора. Сучасні дослідження підтверджують її позитивний вплив на екологічну ситуацію та економічну ефективність господарств, що робить її впровадження актуальним завданням для майбутніх поколінь фермерів.

Дерев'янко Д. А., Корпан І. В.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Добранський С. С., Руденко В. Г., Мельник О. П.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Ґрунтообробні машини є ключовими елементами аграрного комплексу, адже від їхньої працездатності залежить не лише якість обробки ґрунту, але й економічна ефективність сільськогосподарського виробництва. Надійність робочих органів цих машин безпосередньо впливає на рівень зношування деталей, вартість експлуатації, технічне обслуговування та ремонт. Зважаючи на інтенсивність їх роботи в агресивному середовищі – абразивній масі ґрунту, питання підвищення довговічності та зносостійкості набуває надзвичайної актуальності.

В сучасних умовах високої конкуренції на аграрному ринку, економія ресурсів та зниження експлуатаційних витрат є ключовими завданнями для аграрних підприємств. Однією з основних причин підвищених витрат є швидке зношення робочих органів ґрунтообробних машин. В умовах роботи в абразивному середовищі, де контакти з частинками ґрунту спричиняють механічні пошкодження, використання невідповідних матеріалів або недосконалих конструкцій може призводити до передчасного виходу з ладу основних деталей. Актуальність проблеми підвищення надійності ґрунтообробних машин підтверджується численними науковими дослідженнями, результатами яких свідчиться, що застосування сучасних методів зміцнення робочих органів сприяє збільшенню їх ресурсу в декілька разів.

Робочі органи ґрунтообробних машин, такі як дискові леза, лемеші, вістря та інші, працюють в умовах постійного контакту з частинками ґрунту, що має високу абразивну здатність. Особливо інтенсивне зношення спостерігається при обробці піщаних та супіщаних ґрунтів, де механічні пошкодження від частинок розміром понад 0,01 мм стають вирішальним чинником зменшення ресурсу деталей. Супротив абразивному впливу можна забезпечити застосуванням матеріалів із підвищеною зносостійкістю, а також шляхом нанесення спеціальних захисних покриттів.

Іншим важливим чинником є нерівномірний розподіл навантаження на робочі органи. Наприклад, на лемешах плугів тиск ґрунту на носкову частину значно перевищує навантаження на основну частину леза, що призводить до швидшого зношування саме цієї зони. Результатом є нерівномірне стирання, що знижує ефективність роботи машини та збільшує витрати на ремонт. Врахування геометричних особливостей деталей дозволяє оптимізувати конструкцію робочих органів для досягнення більш рівномірного розподілу навантаження.

Під час роботи ґрунтообробних машин важливим чинником є температурний режим, оскільки високі температури під час термообробки або під час роботи можуть впливати на структуру матеріалу та його зносостійкість. Неправильна експлуатація або зберігання може спричинити деградацію матеріалу, що негативно впливає на надійність деталей. Тому контроль температурних режимів під час виробництва, експлуатації та ремонту є необхідною умовою для підвищення ресурсу робочих органів.

Підвищення надійності ґрунтообробних машин базується на комплексному підході, що включає конструктивні, технологічні та експлуатаційні методи.

Основним напрямком у підвищенні надійності є модернізація конструктивних рішень робочих органів. Застосування сучасних комп'ютерних методів моделювання дозволяє оптимізувати геометрію деталей, що веде до рівномірного розподілу навантаження та зниження інтенсивності абразивного зносу. Наприклад, використання змінних носків або вставних елементів дозволяє оперативно відновлювати пошкоджені ділянки без заміни всієї деталі, що значно знижує витрати на ремонт та обслуговування.

Значний вплив на зносостійкість робочих органів має вибір матеріалу. Сучасні дослідження демонструють переваги використання марганцевих сталей, легованих сталей хромом та багатокомпонентних сплавів, які забезпечують вищу твердість і зносостійкість порівняно зі стандартними матеріалами. В окремих випадках застосовують двошаровий або трьохшаровий прокат, що дозволяє отримати оптимальне співвідношення міцності основи та зносостійкості робочого шару.

Одним із класичних методів підвищення довговічності робочих органів є застосування термічної обробки. Завдяки регульованому загартуванню та відпуску можна досягти оптимальної твердості металу, що забезпечує високий рівень зносостійкості при збереженні достатньої пластичності. Наприклад, для сталі 65Г технологія термообробки дозволяє отримати твердість у межах 39-44 HRC, що є прийнятним компромісом між міцністю та здатністю до самозагострення.

Сучасні методи поверхневого зміцнення, такі як електродругове наплавлення, плазмове наплавлення, а також електроерозійна обробка, дозволяють значно підвищити зносостійкість робочих органів без необхідності повної заміни деталей. Електроерозійна обробка, зокрема, забезпечує одночасне

загострення та зміцнення робочої поверхні, що дозволяє зменшити швидкість зношування та забезпечити ефект самозагострення в процесі експлуатації. Результати експериментальних досліджень показують, що застосування цього методу може підвищити довговічність робочих органів від 1,76 до 3,5 разів порівняно із серійними виробами.

Іншою перспективною технологією є нанесення спеціальних зносостійких покриттів на робочі поверхні. Використання покриттів з твердих сплавів дозволяє створити бар'єр, що захищає основний матеріал від абразивного впливу. Експериментальні дані демонструють, що при використанні зносостійких покриттів довговічність робочих органів може збільшуватися в 1,1-2,5 разів залежно від типу ґрунту та режимів експлуатації. Особливо ефективним цей метод є для робочих органів, які працюють на піщаних та супіщаних ґрунтах.

Окрім конструктивних та технологічних заходів, важливу роль відіграють експлуатаційні методи, спрямовані на оптимізацію режимів роботи машин. Систематичний моніторинг навантаження, контроль за станом робочих органів та своєчасне проведення технічного обслуговування дозволяють не тільки виявити початкові ознаки зносу, але й запобігти серйозним поломкам. Використання сучасних сенсорних систем та діагностичного обладнання дозволяє вести аналіз експлуатаційних параметрів у реальному часі, що сприяє ефективному плануванню ремонтних робіт.

Окрім конструктивних та технологічних заходів, важливу роль відіграють експлуатаційні методи, спрямовані на оптимізацію режимів роботи машин. Систематичний моніторинг навантаження, контроль за станом робочих органів та своєчасне проведення технічного обслуговування дозволяють не тільки виявити початкові ознаки зносу, але й запобігти серйозним поломкам. Використання сучасних сенсорних систем та діагностичного обладнання дозволяє вести аналіз експлуатаційних параметрів у реальному часі, що сприяє ефективному плануванню ремонтних робіт.

Підвищення надійності робочих органів ґрунтообробних машин має не лише технічний, але й економічний аспект. Зменшення витрат на заміну та ремонт деталей дозволяє аграрним підприємствам скоротити експлуатаційні витрати, що в умовах сучасної конкуренції є критично важливим. За даними досліджень, впровадження технологій відновлення робочих органів може забезпечити економічний ефект у розмірі до 100 тис. грн на рік при відновленні комплектів деталей для сучасних машин від провідних виробників.

Перспективи впровадження сучасних технологій зміцнення ґрунтообробних машин також визначаються можливістю адаптації виробничих процесів під місцеві умови. Використання локальних матеріалів для нанесення зміцнювальних покриттів, а також застосування автоматизованих систем контролю якості дозволяють знизити собівартість виробництва відновлених деталей та забезпечити їх конкурентоспроможність на внутрішньому та зовнішньому ринках. Комплексний підхід, який включає модернізацію конструктивних рішень, застосування новітніх технологій термообробки та наплавлення, а також оптимізацію експлуатаційних режимів, створює умови для суттєвого підвищення експлуатаційної надійності ґрунтообробних машин.

Підвищення надійності ґрунтообробних машин є комплексною проблемою, що вимагає системного підходу. Поєднання конструктивних, технологічних та експлуатаційних методів дозволяє значно збільшити термін служби робочих органів, знизити витрати на технічне обслуговування та забезпечити стабільну продуктивність аграрних машин. Сучасні дослідження демонструють, що застосування методів термообробки, наплавлення, електроерозійної обробки та нанесення зносостійких покриттів дозволяє досягти збільшення ресурсу робочих органів від 1,1 до 3,5 разів залежно від конкретних умов експлуатації та типу ґрунту.

Водночас, оптимізація експлуатаційних режимів і впровадження сучасних систем моніторингу дозволяють своєчасно реагувати на зміну умов роботи, що забезпечує додаткове підвищення надійності техніки. Економічна ефективність впровадження сучасних технологій підтверджується зниженням витрат на ремонт і обслуговування, що має безпосередній вплив на рентабельність виробництва.

Таким чином, системний підхід до вирішення проблеми зносу робочих органів ґрунтообробних машин, що базується на поєднанні новітніх технологічних розробок, оптимізації конструктивних рішень і ефективному управлінні експлуатацією, є ключовим фактором для забезпечення стабільного розвитку аграрного сектору. Подальші дослідження в даній сфері дозволять не лише збільшити ресурсність техніки, але й сприятимуть впровадженню інноваційних рішень у виробничі процеси, що стане запорукою підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств як на внутрішньому, так і на світовому ринках.

Список використаних джерел

1. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин: дис. … д-ра. техн. наук: 05. 05. 11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

2. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Міжнародний науковий журнал "Проблеми трибології". 2020. № 2. С 34-41.

3. Борак К. В., Крук І. С. Вплив швидкості руху ґрунтообробних агрегатів на інтенсивність зношування робочих органів. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2020. №1. С. 30-36.

4. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Проблеми трибології. 2020. № 2. С 34-41.

В. І. Дворук
Державний університет "Київський авіаційний інститут",
І. О. Бучко
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СТАЛІ ЗМІЦНЕНОЇ ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ

При русі в масі незакріплених абразивних часток відбувається інтенсивне й швидкоплинне зношування деталей машин та інструменту, що чинить негативний вплив на продуктивність та довговічність ґрунтообробної техніки. Так, наприклад, термін служби робочих органів ґрунтообробних машин у сільському господарстві становить 40 – 150 годин [1].

Для підвищення зносостійкості при виготовленні робочих інструментів грунтообробних машин застосовують різні методи зміцнення, до числа яких відноситься, зокрема, термічна обробка із залученням різних методів та швидкостей нагріву сталі: об'ємного, коли аустенізація та відпуск проводиться при малих (пічних) швидкостях нагріву, поверхневого, коли аустенізація і відпуск проводиться методами швидкісного нагріву і об'ємно – поверхневого, коли аустенізація проводиться методами швидкісного нагріву, а відпуск – пічного нагріву.

Встановлено [1, 2], що об'ємна та об'ємно-поверхнева термообробка низьколегованих сталей Л53 і 65Г, що широко застосовуються для виготовлення робочих інструментів ґрунтообробних машин у сільському господарстві, не може бути ефективним засобом підвищення їх зносостійкості. У зв'язку з цим нами досліджено вплив одного з видів поверхневої термічної обробки – швидкісної електротермічної обробки (ШЕТО) на зносостійкість сталі 65Г.

Відмінність ШЕТО від об'ємної термообробки полягає в тому, що аустенізація та відпустка проводиться контактним або індукційним електронагрівом. В результаті одержують високодисперсну (або дрібнозернисту) структуру сталі з оптимальним співвідношенням властивостей міцності та пластичності.

Відомо [3,4], що в механізмі зношування при терті ковзання об нежорсткозакріплені абразивні частки визначальну роль грає міцнісна основа металу. Границя міцності, у свою чергу, пов'язана [4] з границею втоми такою залежністю: зі зростанням границі міцності, як правило, зростає границя вто-

Таблиця 1.

Режими термичної обробки сталі 65Г

Режим термообробки	Гартування		Відпуск	
	Нагрів	Охолодження	Нагрів	Охолодження
I	Пічний, 810 °С	Вода	Пічний, 200 °С	Повітря
II	Індукційний, 810 °С, сила струму I = 0,8 А	Вода	-	-
III	Індукційний, 810 °С, сила струму I = 0,8 А	Вода	Пічний, 200 °С	Повітря
IV	Індукційний, 810 °С, сила струму I = 0,8 А	Вода	Індукційний, 200 °С, сила струму I = 0,8 А	Повітря

Таблиця 2.

Залежність трибомеханичних та реологічних властивостей сталі 65Г від режиму термообробки

Режим термообробки	Трибомеханічні властивості		Реологичні властивості	
	Твердість, HV	Зносостійкість, $\varepsilon x10^{-7}$, кг	Реологичний параметр, $Rx10^{9}$,	Реолого-втомний Папараметр, $R_y x10^{14}$, Па
I	587	2,4	1,4	0,8
II	1130	4	11,5	4,6
III	606	2,6	1,62	0,9
IV	720	3,5	2,4	4. 1

ми. Виходячи з цього, можна очікувати, що підвищення міцності й пластичності сталі після ШЕТО одночасно має сприяти підвищенню її опору втомному руйнуванню. Оскільки процес абразивного зношування однозначно визначається утомним руйнуванням і знеміцненням її поверхневого шару, то можна очікувати позитивного впливу такої обробки на зносостійкість сталі в умовах, що розглядаються.

Для оцінки адекватності такого припущення нами проведено дослідження [5] впливу режиму термічної обробки (табл. 1) на трибомеханічні та реологічні властивості сталі 65Г, (табл. 2).

Видно, що найбільше підвищення опору великим пластичним деформаціям (твердість HV), поширенню статичних (реологічний параметр R) і втомних тріщин (реолого-втомний параметр R_y) на межі області нелінійних ефектів в околах їх вершин спостерігалося після поверхневого гартування індукційним нагрівом без відпуску (режим термообробки II). Звертає на себе увагу, що порівняно з ШЕТО (режим термообробки IV) відмінності твердості та реологічного параметра були дуже суттєвими, тоді як реолого-втомні параметри – знаходилися в межах похибки вимірювання.

Порівняння зазначених характеристик з абразивною зносостійкістю ε показали наявність закономірної відповідності між ними після всіх режимів термообробки *(рис. 1*). При цьому відмінності у зносостійкості сталі після індукційної обробки (режим термообробки II) і ШЕТО (режим термообробки IV) знаходились в межах похибки вимірювання, що підтверджує висловлену вище гіпотезу.

Отже, у формуванні зносостійкості сталі, зміцненої термообробкою в режимах I – III, внесок твердості, реологічного параметра та реолого-утомного параметра є рівноцінним, а після зміцнення ШЕТО (режим IV) істотно зростає внесок реолого-втомного параметра.

Виходячи з отриманих результатів, можна констатувати, що в міцнісній основі механізму зношування при терті ковзання об нежорстко закріплений абразив сталі, зміцненої ШЕТО провідну роль грає опір зародженню й поширенню втомних тріщин на межі області нелінійних ефектів в околах вершин тріщин, а механічний компонент контактної взаємодії є визначальним. Це свідчить про високу чутливість зносостійкості сталі до її реолого-утомного параметра. Тому низьколеговані стали доцільно ранжувати за зносостійкістю за допомогою реолого-втомного параметра.

Як режим термічної обробки доцільно рекомендувати ШЕТО, оскільки вона забезпечує вищу енергоємність сталі 65Г, порівняно з індукційною обробкою, що є істотною перевагою в умовах високої ймовірності додаткових динамічних навантажень при експлуатації робочих інструментів грунтообробних машин. Порівняно є об'ємною обробкою підвищення зносостійкості складає 45 – 50%.

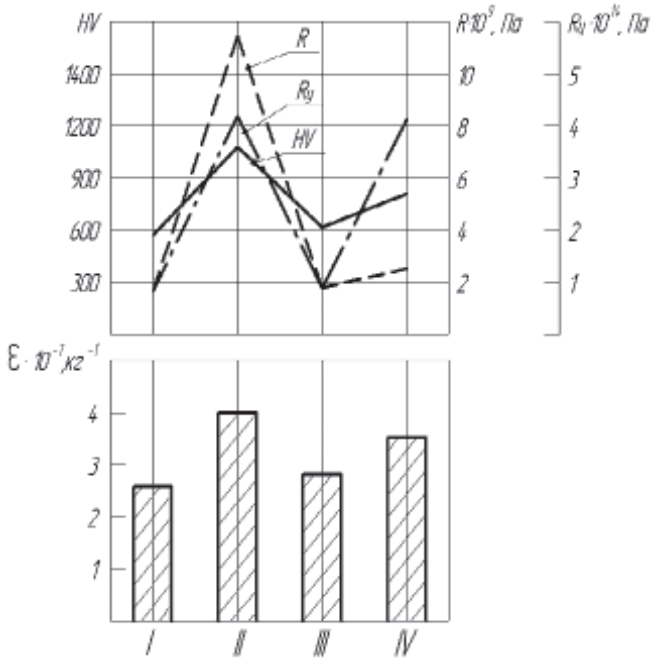


Рис. 1 – Зіставлення зносостійкості (ε) з твердістю (HV), реологічним параметром (R) та реолого-втомним параметром (R_y) сталі 65Г після різних режимів термообробки

Список використаних джерел

1. Ткачев В. Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1971. – 264 с.

2. Дворук В. І. Зносостійкість сталі 65Г, зміцненої гартуванням при індукційному нагріванні // Вчені записки ТНУ ім. В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2019. – №5. – С. 1 – 5.

3. Дворук В. І. Моделювання зношування металів при русі в абразивній масі // Проблеми трибології. – 2015. – № 1. – С. 77 – 85.

4. Сорокин Г. М. Трибология сталей и сплавов. – М.: Недра, 2000. – 316 с.

5. Dvoruk V. I., Borak K. V., Buchko I. A. Destruction of Steel, by the WorkHardened Speed Electrothermal Treatment at Wear by Friction of Skidding at the Non-Rigid Envisaged Abrasive // Journal of Friction and Wear // 2022. – Vol. 43, No. 3. – P. 255-264.

Сидорчук-Шмідт С. Д.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ОСЕЙ ШАРНІРІВ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ ЕКСКАВАТОРІВ

Виготовлення шарнірних осей (пальців) екскаваторів вимагає матеріалів з високою міцністю та твердістю. Провідні виробники (Caterpillar, Komatsu, Volvo, Hitachi, JCB) використовують леговані конструкційні сталі, здатні витримувати великі навантаження та зношування. Зазвичай це хромомолібденові сталі на кшталт AISI 4130 чи 4140 [1]. Ці сталі містять ~0,3-0,4% вуглецю та близько 1% Cr+Mo, що забезпечує хорошу загартовуваність та міцність. Як правило, після виготовлення пальці проходять індукційне гартування поверхні – утворюється тверда зовнішня оболонка (~58-63 HRC) при відносно в'язкій серцевині [1].

Багато стандартних пальців виготовлено зі сталі 42CrMo4 (аналог 4140) або 40Х (аналог 5140), які після загартування мають твердість поверхні ~HRC 52-60. Запасні пальці для Hitachi мають твердість HRC 52-56 при глибині загартування ~3 мм і виготовлені зі сталі S45C (вуглецева сталь ~0,45% C). Caterpillar застосовує леговану сталь із загартованою серцевиною та хромованим покриттям для запобігання корозії. Посилені пальці Cat для з'єднань ковша можуть виготовлятись із сталі 4140 і гартуватись до ~65 HRC на поверхні.

Втулки шарнірів, в які вставляються пальці, також виготовляються з високоміцних матеріалів. Часто втулки роблять із сталі з цементацією або індукційним загартуванням внутрішньої поверхні. Один із підходів – використання м'якої сталі (наприклад, EN14A) з подальшим цементаційним гартуванням, що дає тверду зносостійку оболонку і дещо м'який "тіло" втулки. Інший підхід – виготовлення втулок зі сталі 4140 чи подібних, з повним загартуванням. Компанія JCB повідомляє, що їхні фірмові пальці робочого обладнання виробляються з хромистої легованої сталі, загартовані ззовні на глибину ~4 мм, із отфосфатованим покриттям для захисту від корозії [2]. Внутрішня серцевина таких пальців термічно покращена (відпущена) для ударної міцності. Втулки JCB виконані зі "м'якою" зовнішньою поверхнею (щоб легко запресовуватися і не пошкоджувати посадочні гнізда) та твердою внутрішньою робочою поверхнею, з внутрішніми канавками і спеціальним триботехнічним покриттям для утримання мастила [2]. Таким чином досягається парність твердостей: тверда поверхня пальця працює по твердій внутрішній поверхні втулки, а м'якша частина втулки ззовні оберігає від ударів по конструкції машини.

В цілому для всіх зазначених виробників характерне використання загартованих пальців з легованої сталі. Часто зустрічаються: сталь 40Х/45 (~0,4-0,45% C) з індукційним гартуванням, сталь 38ХН3МФА або 18ХГТ з цементацією для втулок, сталь 30ХНМА, 34CrNiMo (аналог 4340) тощо. Деякі інженери рекомендують сталь 34CrNiMo6 (4340) з наскрізною твердістю ~45-50 HRC, яка має вищу ударну в'язкість ніж 4140 [3]. У виробників також практикується хромування пальців (тонкий шар твердого хрому) для підвищення корозійної стійкості та зниження тертя. Водночас, хром є крихким – при тривалих навантаженнях шар може стиратися або відшаровуватися. Відомо, що після зносу хромового покриття його тверді частки можуть діяти як абразив, прискорюючи спрацювання пальця. У виробників також практикується хромування пальців (тонкий шар твердого хрому) для підвищення корозійної стійкості та зниження тертя. Водночас, хром є крихким – при тривалих навантаженнях шар може стиратися або відшаровуватися. Відомо, що після зносу хромового покриття його тверді частки можуть діяти як абразив, прискорюючи спрацювання пальця. Тому якість і товщина хромування контролюються, а в деяких з'єднаннях замість хрому обирають інші покриття (фосфатування, наприклад, як у JCB).

Сучасні осі шарнірів екскаваторів – це вироби зі спеціальної легованої сталі, гартовані для твердості ?55-60 HRC на поверхні. Усі п'ять зазначених виробників дотримуються цієї концепції, варіюючи хімічний склад сталі та технологію зміцнення. Caterpillar, Komatsu, Volvo, Hitachi пропонують оригінальні пальці з індукційним загартуванням (глибина кілька міліметрів) та іноді з хромовим покриттям. JCB робить наголос на комбінації тверда оболонка + поліпшена серцевина пальця та спеціальні антифрикційні покриття втулок. В результаті, заводські пальці мають високий ресурс за умови правильної експлуатації, про що свідчить їх здатність витримувати тисячі мото-годин роботи без критичного зносу.

Шарнірні з'єднання екскаватора працюють в умовах інтенсивного тертя під високими навантаженнями, тому знос є неминучим. Однак швидкість і характер зношування залежать від низки факторів. Головні причини зносу осей:

а) *Недостатнє змащення (адгезійний знос).* Якщо між пальцем і втулкою немає належної змазки, метал труться майже напряму по металу. Це призводить до адгезійного зносу – мікрозадирів, виривання частинок металу з поверхні та утворення задирок. Неправильний вибір мастила або занадто рідкі інтервали змащування спричиняють утворення сухих ділянок. У таких умовах поверхні

швидко нагріваються і "прихоплюються", починається інтенсивне спрацювання. Як зазначають практики, ресурс пальців "цілковито залежить від умов роботи та частоти (і якості) змащування". Іншими словами, навіть високоякісний палец швидко зношується без регулярного змащування.

б) *Абразивне забруднення.* Робота екскаватора часто відбувається у ґрунті, піску, глині – дрібні тверді частинки неминуче потрапляють у зазори шарнірів. Пісок і ґрунт діють як абразивна паста, що шліфує поверхні пальця і втулки. Особливо це стосується з'єднань ковша, які безпосередньо контактують з грунтом. Навіть за наявності мастила, частинки пилу змішуються з ним, утворюючи абразивний шлам. В результаті внутрішня поверхня втулки і сам палець рівномірно "виїдаються", втрачаючи розмір. Тверді сторонні включення можуть залишати подряпини, вибивати канавки. Дослідження від Eurol відзначає, що пісок значно підвищує швидкість зносу шарнірів через абразивну дію. Тому забруднення є однією з головних причин передчасного зносу.

в) *Попадання води і корозія:* волога (дощ, миття техніки, робота у болотистих умовах) може вимивати мастило з шарніра і викликати корозію металу. Іржа на поверхні пальця чи втулки діє як абразив і прискорює спрацювання. До того ж, корозія створює шорсткість, яка руйнує мастильну плівку – виникає прямий контакт і адгезійний знос. Вода також може спричинити гідроекспансію глинистих забруднень, утворюючи щільну масу, що витісняє мастило. Таким чином, вологі умови без належного мастила ведуть до комбінації корозійно-абразивного зносу. Примітка: виробники мастил наголошують на використанні водостійких густих змазок, щоб запобігти вимиванню іржі та зберегти мастило у вузлі.

г) *Високі механічні навантаження і ударні режими.* Пальці працюють при значних контактних тисках. Наприклад, при копанні зубами ковша виникають великі зусилля, які через важільну систему концентруються на певних шарнірах. Перевантаження або різкі удари (удар ковшем об камінь, використання гідромолота) можуть перевищувати несучу здатність мастильного шару – відбувається пряме металеве контактування на мить. Такі циклічні перенавантаження викликають поверхневу втому матеріалу: на поверхнях пальця та втулки можуть зароджуватись дрібні тріщини, вибоїни (pitting). Дослідження показують, що процес зносу супроводжується місцевим підвищенням температури та проявами втомного і абразивного зношування на поверхнях тертя. З часом втомні тріщини призводять до викришування твердого шару, що прискорює спрацювання.

д) *Неправильне встановлення або деформація* компонентів. Якщо палець або втулка встановлені з перекосом, або посадочні отвори під втулку розбиті (овальні), навантаження розподіляються нерів*номірно.* Це призводить до концентрованого зносу в одній зоні. Наприклад, при зносі втулки вона може почати провертатись у гнізді, розбиваючи отвір і викликаючи овальність. В такому разі новий палець не допоможе – спочатку треба відновити геометрію гнізда. Деформація стріли чи рукояті (від сильних ударів або аварій) також може спричинити незбіг осей шарнірів і, як наслідок, підвищений знос через перекіс.

е) *Зношування мастильних матеріалів.* Навіть при регулярному мащенні, якщо використовується невідповідне мастило (наприклад, універсальне, що не витримує тисків) або якщо воно давно не оновлювалось, його властивості погіршуються. Мастило може забруднитись пилом, втратити консистенцію від перегріву. Як наслідок, захист від зносу слабшає. Сучасні екскаватори потребують високоякісних шприцевих мастил із протизносними присадками (MoS?, PTFE тощо), стійких до води. Використання дешевих або невідповідних мастил призводить до швидшого спрацювання вузла, що потім проявляється як "люфт" і потреба заміни деталей.

Основні причини зносу – це поєднання трибологічних факторів (тертя при недостатньому змащенні), абразивно-корозійного впливу довкілля та надмірних механічних навантажень. Практичні спостереження підтверджують: бракує мастила + є бруд/пил – шарнір зношується надзвичайно швидко. Навпаки, ретельне змащування і захист від бруду здатні багаторазово продовжити ресурс пальців. У наступних розділах розглянемо, які саме вузли зношуються найчастіше та як умови роботи впливають на цей процес.

Не всі шарнірні осі екскаватора зношуються рівномірно – деякі вузли відчувають набагато сильніші навантаження та абразивний вплив, тому їхній ресурс менший. Згідно з аналізом кінематики екскаватора і даними досліджень, найуразливішими до спрацювання є шарніри робочого органу на кінці стріли:

1) *Ковшові пальці та втулки.* З'єднання ковша з рукояттю (днищем) і ковша з тягами (так званий "H-линк" або коромисло) зношуються найшвидше. Ці вузли (позиції 8, 9, 10 на *рис. 1*) безпосередньо передають зусилля копання і постійно контактують із грунтом. При кожному заглибленні ковша саме ці шарніри отримують пікові навантаження та абразивний вплив піску/глини. Тому у практиці саме пальці ковша змінюють найчастіше. Наприклад, досвідчені механіки зазначають, що пальці ковша при належному догляді можуть служити 8000+ мотогодин, але в умовах недостатнього мащення спрацьовуються набагато раніше. Якщо з'явився помітний люфт ковша чи гучний стукіт – зазвичай винні саме зношені ковшові пальці і втулки [3].

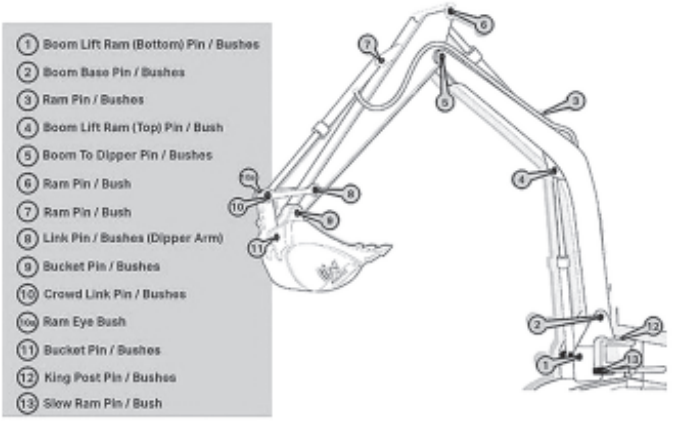


Рис. 1. **Типові точки розташування пальців і втулок екскаватора.**

2) *Шарнір рукоять-коромисло (ланка ковша)*. Тяга ковша (Н-подібне коромисло) з'єднується з рукояттю через відповідний палець. Цей шарнір також входить до групи ковшового з'єднання і відчуває великі змінні навантаження при копанні та струшуванні грунту. У дослідженні зносостійкості вказано, що вузол з'єднання коромисла (важеля ковша) з рукояттю є одним з трьох найбільш схильних до інтенсивного спрацювання [3]. Фактично, це ланка, яка передає зусилля від гідроциліндра ковша на сам ківш – тому на ній сходяться і високе навантаження, і зазвичай менший розмір, ніж у основних осей стріли. В результаті пальці цього вузла часто доводиться наплавляти чи міняти разом із ковшовими.

3) *Шарнір стріла-рукоять (замок стріли).* З'єднання "стріла-рукоять" (діпроарм, позиція 5 на рис. 1) також піддається значним навантаженням, хоча і менш забруднене ґрунтом. Цей палець стику стріли з рукояттю витримує навантаження від ваги всього ковша з грунтом і сил гідроциліндра рукояті. Він, як правило, більшого діаметра і краще захищений, але все ж входить до числа вузлів, де часто виявляється знос. Китайські дослідники відзначають проблему поломки або зносу саме пальця, що з'єднує велику і малу стрілу (стрілу з рукояттю), і рекомендують низку заходів для підвищення його довговічності [3]. Таким чином, шарнір "стріла-рукоять" – критичний з точки зору надійності, і його знос потрібно відстежувати.

4) *Кореневий шарнір стріли (основа стріли).* Палець кріплення основи стріли до платформи (позиція 2 на рис. 1) зазнає великих статичних навантажень – на нього припадає вага всього робочого обладнання і передаються зусилля від стріли. Дослідження вказують, що шарнір основи стріли також є одним із трьох найбільш навантажених і схильних до пошкоджень місць[3]. Він менш динамічно працює (кут повороту менший), проте сила, що діє на нього, дуже велика. Зазвичай цей вузол має здвоєні втулки і потужне змащення, тому зношування там повільніше, ніж у ковшових пальцях. Але якщо стріла довго працювала без заміни втулок, ремонт цього гнізда дуже складний (потрібна розточка великого посадочного місця). Отже, хоч цей шарнір і служить довше, його вихід з ладу найкритичніший.

5) *Шарніри гідроциліндрів.* Пальці, якими кріпляться гідроциліндри (на стрілі, рукояті, ковші – позиції 1, 3, 4, 6, 7), працюють в умовах менших кутів повороту і зазвичай добре захищені пильовиками. Вони також менш схильні до абразиву (знаходяться вище від землі). Тому їх знос найчастіше менш інтенсивний. Однак на них впливають ударні навантаження при роботі гідроциліндрів (особливо циліндр ковша – позиція 7, та циліндр рукояті – позиція 3). З часом може з'явитися люфт у їх вушках. Як правило, ці пальці мають значний ресурс і змінюються рідше, ніж ковшові.

6) *Поворотний пристрій ("царський палець платформи").* Хоча питання стосується робочого обладнання, варто згадати, що в екскаваторі є ще пальці ходової та поворотної платформи (наприклад, пальці кріплення башти до рами у колісних екскаваторах, пальці у поворотній осі). Вони проектуються з дуже великим запасом і зазвичай мають довгий ресурс. Пальці гусеничного ланцюга мають ущільнення і мастило, витримуючи тисячі годин. Тому їх знос менш актуальний у контексті 10-річного інтервалу для робочого обладнання. Основна увага – саме на шарнірах стріли, рукояті та ковша.

Характер зносу в уразливих вузлах: Зазвичай знос пальця проявляється у вигляді утворення еліпса (овальності) замість круглої форми. Причому часто знос однобічний – з того боку, куди спрямоване основне зусилля. Наприклад, палець ковша часто сточується з боку, що прилягає до напрямку копання. Практичний випадок: після заміни пальця та встановлення нових "пружинних" втулок (розрізних) один зварник зазначив, що за короткий час палець стерся на 5 мм вглиб саме зі сторони ковша, тоді як протилежна сторона майже не постраждала. Це сталося через неправильний матеріал пальця та відсутність змазки, але ілюструє типову ситуацію: палець зношується не по всій окружності, а переважно в напрямку навантаження. Таке одностороннє спрацювання призводить до появи "люфту" (зазору) і ударів при зміні напрямку руху. Втулки при цьому можуть зношуватися менше чи рівномірніше (бо охоплюють палець навколо), але теж стають овальними всередині.

Отже, найбільше піддаються зносу пальці ковша та прилеглих ланок, а також ключові шарніри стріли. Їх треба оглядати найчастіше і вчасно міняти або ремонтувати. Менш навантажені шарніри (циліндрові) мають довший "інтервал життя", але теж не вічні. Розуміння, які деталі "слабкі

місця", дозволяє планувати обслуговування до виникнення серйозних проблем.

Зношування пальців і втулок неминуче, але існують ефективні методи ремонту, що дозволяють відновити роботу вузлів без заміни всієї стріли чи ковша. Основні підходи до ремонту:

Заміна пальців і втулок на нові. Це найпростіший і поширений спосіб відновити шарнір. Виробники постачають змінні пальці та втулки як запасні частини. Якщо знос ще не зайшов надто далеко (немає пошкодження самого "вушка" стріли або рукояті), достатньо вибити старий палець, випресувати втулки і встановити нові. Нові деталі повертають заводський зазор і щільність посадки. Важливо вибирати пальці належної якості – наприклад, оригінальні або якісні аналогові, виготовлені з загартованої сталі. Дешеві м'які пальці швидко зношуються і можуть лише погіршити ситуацію. Заміна – гарний варіант при невеликому люфті та відсутності деформацій. Більшість планових ТО передбачає саме заміну найбільш зношених пальців (особливо ковшових) раз на декілька тисяч мотогодин, щоб не доводити до дорогого ремонту.

Використання ремонтних (ремонтних розмірів) деталей. Якщо втулка "розбила" гніздо або палець сильно зносився, іноді застосовують пальці збільшеного діаметра і втулки з ремонтним внутрішнім діаметром. Це дозволяє компенсувати помірну овальність отворів без зварювання. Наприклад, якщо стандарт був 50 мм, можуть встановити палець ?51 мм з відповідними втулками. Шайби і прокладки: ще один простий метод – встановити регулювальні шайби (shim) при боковому зносі. Спеціальні регулювальні шайби для пальців дозволяють прибрати осьовий люфт і хитання ковша, що зменшує "ударний" знос вузла. Втім, ці рішення скоріше тимчасові та не усувають знос поверхонь, але допомагають уникнути швидкого прогресування (затягують з'єднання, усуваючи бієння).

Наплавлення та мехобробка (відновлення геометрії зварюванням). Коли палець або отвір під втулку зношені за межі допусків, широко застосовується технологія зварювального відновлення. Відновлення пальця наплавленням: зношену поверхню пальця можна наростити зносостійким металом (наприклад, твердим наплавочним дротом з високим вмістом Mn, Cr) і потім проточити до номінального діаметра. Практика показує, що якісно відновлений таким методом палець може служити до 5 разів довше за оригінал (за рахунок твердості наплавленого шару). Зазвичай після наплавлення пальці шліфуються і при можливості піддаються термообробці (наприклад, індукційно гартуються, якщо наплавлений матеріал дозволяє). Відновлення отворів: якщо зношене саме гніздо втулки в стрілі/рукояті, роблять зварювання отвору по периметру (наварювання матеріалу) і подальшу розточку до номінального діаметра. Цей процес виконують спеціальними портативними розточними станками прямо на техніці. Фірми, що займаються ремонтом, зазначають: ремонт екскаватора часто включає *наплавку і розточку отворів* на місці, з наступним встановленням нових втулок. Це дозволяє відновити посадку навіть сильно "розбитого" шарніра. Розточку ведуть дуже точно, щоб досягти співвісності отворів у парі вушок.

Прецизійна розточка та гільзування. Альтернативою зварюванню може бути розточення отвору під ремонтну гільзу (втулку-вкладиш). Якщо, наприклад, стріла дуже товстостінна і знос незначний, можна просто розточити отвір до круглої форми більшого діаметра і вставити туди нестандартну втулку збільшеного зовнішнього діаметра. Проте частіше вигідніше наплавити і повернути штатний розмір – щоб використовувати стандартні запчастини надалі. В керівництвах зазначається, що єдиний правильний спосіб відремонтувати важіль із овальним отвором – наплавити його і заново розточити до потрібного розміру. Гільзування застосовують хіба що коли неможливе зварювання (наприклад, матеріал або конструкція не дозволяють).

Ремонт розрізними втулками (спліт-втулки). Існують ремонтні втулки пружинного типу – розрізні сталеві кільця, які вставляються в зношене гніздо і розпираються, беручи на себе знос. Їх використав у згаданому випадку механік, що ремонтував люфт ковша: встановив пружинні втулки без змащування. На жаль, без змазки вони не врятували палець. Проте у правильному застосуванні такі втулки можуть тимчасово відновити роботу шарніра без зварки. Зазвичай їх виконують із загартованої сталі, тому вони зносостійкі. Але потрібно забезпечити їх змащення (або самозмащувальний матеріал). Це швидкий ремонт, придатний для відновлення старої техніки "до продажу" або як проміжний захід.

Використання ремкомплектів з ущільненнями. Щоб уповільнити подальший знос після ремонту, встановлюють герметизуючі кільця (ущільнення) по краях втулок. Деякі сучасні комплекти пальців/втулок комплектуються сальниками, як у гусеничних ланцюгах, для утримання мастила і захисту від пилу. Якщо після відновлення отвір дозволяє, монтують гумові або поліуретанові ковпачки на торці пальця, які закривають щілини від бруду. Це продовжує життя відремонтованому вузлу.

Відпал та повторна термообробка пальців. Цікавий метод використовується в країнах, де практикують відновлення бувших у вжитку пальців: спочатку зношений і деформований палець відпускають (відпалюють) для пом'якшення, потім механічно обробляють (вирівнюють, проточують), і

знову проводять термічне зміцнення. Дослідження в Гані показало, що місцеві майстерні анелюють бувші у вжитку пальці для спрощення механічної обробки, але це знижує їхню міцність, і повторне використання таких пальців без належного гартування призводить до передчасного виходу з ладу. Рішення – правильно підібраний режим загартування і відпуску перед повторним введенням в експлуатацію. Тобто, якщо є можливість, відновлений палець треба загартувати (наприклад, індукційно) до необхідної твердості, щоб він служив не гірше нового [4].

Комплексний ремонт спеціалізованими бригадами. На великих підприємствах або у дилерських центрах проводять капітальний ремонт екскаваторів, що включає повну заміну всіх пальців і втулок, розточку і наплавлення всіх критичних отворів. Це дорогий, але найрадикальніший спосіб повернути машині ресурс "як новій".

Gроста заміна пальців і втулок порівняно недорога (ціну має сам палець/втулка, робота мінімальна). Натомість зварювально-розточні роботи дорожчі і потребують кваліфікації. Тому оптимально планувати заміну недорогих втулок і пальців заздалегідь, ніж доводити до необхідності наплавляти раму. Як кажуть у галузі, "ремонт втулкового гнізда може коштувати десятки тисячі гривень, тоді як вчасна заміна втулок – сотні гривень". Отже, існує широкий спектр методів відновлення: від елементарної заміни до складного зварювального відновлення. На практиці найчастіше комбінують підхід: розточка + нові втулки + нові пальці. Це повертає техніку до проєктних характеристик. Якщо ж знос незначний – обходяться лише заміною пальця чи встановленням шайб. Грамотний ремонт продовжує життя дорогим компонентам (стрілі, рукояті), уникаючи їх заміни.

Умови, в яких експлуатується екскаватор, суттєво впливають на швидкість зношування шарнірів. Режими роботи та довкілля можуть як продовжити, так і скоротити ресурс пальців у рази. Розглянемо основні фактори умов експлуатації:

Тип ґрунту і абразивність середовища. Робота в піщаних або щебенистих ґрунтах прискорює знос через абразив. Дрібний кварцовий пісок надзвичайно абразивний – він потрапляє на пальці ковша та рукояті і діє як наждачний папір. Навпаки, вологий глинистий ґрунт може краще утримуватися в мастилі і трохи зменшувати тертя (але натомість викликає корозію). Кар'єрні роботи на породі (камінні, рудні) створюють багато пилу з твердих частинок, що також пришвидшує зношування. Якщо ж екскаватор працює в більш чистих умовах (наприклад, на сипучих добривах, вугіллі, тощо), характер абразиву інший – вугілля м'якіше за кварц, а отже й знос буде дещо меншим. Важливо: наявність хороших ущільнень і регулярне прокачування мастила допомагає виштовхувати абразив з шарніру, але повністю уникнути його дії в тяжких умовах неможливо.

Вологість, вода, бруд. Як згадано, вода вимиває мастило і викликає іржу. Тому екскаватор, що часто працює під дощем, у болоті, при чищенні русел річок чи каналів, відчуває подвійну проблему – бруд + вода. За таких умов необхідно частіше змащувати вузли водовідштовхуючим мастилом. Якщо цього не робити – корозійний знос сильно скоротить ресурс. Низькі температури теж впливають: при морозі мастило густішає і може взагалі не потрапляти в зазор, плюс метал стискається – перші рухи "на суху" здатні зняти загартований шар. Тому в холодному кліматі ранок без прогріву і шприцювання – ризик "задира" на пальці. Навпаки, в дуже спекотних умовах мастило розріджується і швидше витікає, також погіршуючи захист. Такі кліматичні фактори треба враховувати, підбираючи масло відповідного класу.

Режим навантаження і вид роботи. Екскаватор може виконувати різні завдання – копання траншей, навантаження сипучих матеріалів, демонтаж (з гідромолотом), планування і т. д. Максимальний знос зазвичай при важкому копанні та довбанні: коли оператор використовує ковш як лом для скель, б'є ним, вириває каміння. При цьому виникають ударні навантаження і постійні мікроудари в шарнірах, які руйнують масляну плівку. Вібрація від гідромолота: якщо на рукоять встановлено гідромолот, вібрації передаються на всі пальці стріли і ковша. Такі високочастотні коливання можуть викликати *фреттінг-знос* – поступове стирання навіть без видимого обертання, а також розхитування пальців у посадках. Тому при роботі з гідромолотом технічні керівництва рекомендують частіше обслуговувати пальці. Спокійніші режими – планування ґрунту, робота з легкими матеріалами – менше зношують техніку. Показовий факт: ресурс сильно залежить від оператора. Оператор, що плавно працює, не б'є ковшем об землю і тримає вузли змащеними, може продовжити життя пальців удвічі проти агресивного стилю роботи.

Навантаження на межі можливостей. Екскаватор, що постійно працює на повну вантажопідйомність або максимальне зусилля, швидше зношує шарніри. Наприклад, спроби підняти надто важкий вантаж на повному вильоті призводять до величезних напружень у кореневому пальці стріли і пальцях циліндрів – це може навіть деформувати їх. Якщо така робота систематична, з'являються пластичні деформації: пальці можуть злегка гнутися або втулки – роздавлюватися. Після цього нормальна геометрія порушена і знос прискорюється лавиноподібно. У гіршому випадку можливий злам пальця (хоча це рідко, зазвичай пальці ламаються при браку матеріалу або при значних ударах). Тому перевантаження – ворог довговічності, хоча виробники і закладають коефіцієнт запасу.

Тривалість змін і технічне обслуговування. Якщо екскаватор працює у дві-три зміни без вихідних (наприклад, на виробництві), інтервали між мащенням в годинах стають коротшими (адже за

день наробіток йде 16-24 години). Потрібно частіше змащувати, але іноді персонал не встигає або економить час – і мастило може закінчитися ще до наступної регламентної точки. До того ж, без перерв деталі майже не охолоджуються, мастило не загусає – воно може повністю витекти. Безперервна експлуатація без належного ТО може прискорити знос. З іншого боку, якщо техніка простоює тривалий час на відкритому повітрі, може піти іржа по незначно зношених пальцях – і при пуску після простою цей ржавий наліт швидко сточується, забираючи метал.

Специфічні фактори. У деяких випадках на знос може впливати хімічне середовище. Наприклад, екскаватор на металургійному шлаку чи сміттєзвалищі контактує з агресивними речовинами, що можуть потрапляти в шарніри (кислоти, луги) – це спричиняє хімічну корозію. Такі ситуації рідкісні, але мають місце. Інший фактор – пил від цементу або дрібні частинки, які проникають всюди (в тому числі і в мастило) та прискорюють знос навіть дрібних шарнірів контролерів, не лише основних.

На основі наведеного можна зробити висновок: ідеальні умови для довговічності – це помірне навантаження, чистий ґрунт (або відсутність абразиву), сухий клімат без надлишку води, температура +10…+30 °C, і регулярне змазування. Найгірші умови – важкий кам'янистий ґрунт, пил або пісок, вода/бруд, різкі перепади температур, перевантаження обладнання. В реальності екскаватори часто працюють в далеких від ідеалу обставинах, тому ресурс пальців сильно варіює. Оператору і механіку важливо коригувати обслуговування під умови: скажімо, при роботі в піску мастило з MoS? (молібденом) краще витісняє пісок; у воді – мастило з підвищеною липкістю; в мороз – більш м'яке мастило або підігрів перед роботою. Такі заходи відносяться вже до експлуатаційних прийомів підвищення зносостійкості, що теж є частиною теми.

Розташування шарнірної осі в кінематичній схемі екскаватора визначає характер її роботи – амплітуду повороту, тип навантажень, можливість мащення, вплив довкілля тощо. Тому кожен шарнір "зношується по-своєму". Розглянемо особливості зношування для основних позицій (номер позиції згідно з рис. 1):

1 і 4 (пальці кріплення гідроциліндра підйому стріли): Нижній (1) та верхній (4) пальці гідроциліндра стріли зазвичай мають малу амплітуду кочення (циліндр трохи качається вушком під час підйому/опускання). Вони добре захищені пильниками, і бруд до них майже не доходить. Їх знос здебільшого втомно-тертєвий: від повторних циклів навантаження можуть утворюватися дрібні гофри на поверхні. Але як правило, ці пальці служать дуже довго. Якщо й зношуються – то рівномірно по колу, бо кочення відбувається на невеликому куті і мастило там довго зберігається. Особливість – зміщення навантаження при різних висотах стріли: у крайніх положеннях стріли навантаження на пальці міняється, через що знос може концентруватися в певних секторах (але не настільки явно, як у ковшових).

2 (кореневий палець стріли): Цей шарнір здійснює кут повороту стріли від горизонту до низу (~70-90°). Він великий за діаметром і має дві втулки по краях. Знос тут переважно поступовий, рівномірний, якщо регулярно змащувати – мастило розподіляється по великій площі. Однобічний знос може проявлятися, якщо екскаватор часто працює в одній переважній позі (наприклад, тільки копання на максимальному вильоті) – тоді та сторона пальця, що постійно навантажена, трохи більше спрацюється. Але конструктивно кореневий палець роблять з дуже товстим загартованим шаром і максимально захищеним (іноді з кришками). Тому особливість – повільний абразивно-втомний знос. Після великого напрацювання можна помітити "виходжену" матову смугу в зоні найбільшого тертя. Якщо шарнір не змащувати, знос піде швидше і проявиться як помітний люфт стріли (що вже небезпечно). Тож ключова відмінність – цей шарнір прощає деяку недбалість довше, ніж інші, але коли вже зноситься, ремонт дуже трудомісткий.

3 і 6 (пальці кріплення гідроциліндра рукояті): Палець кріплення циліндра рукояті до стріли (3) та до рукояті (6) працюють в умовах значних сил від копання. Вони зазнають багато циклів руху кожного разу, коли рукоять притягується чи виштовхується. Знос цих пальців частіше проявляється у вигляді усадки втулок: втулки можуть трошки провертатись (особливо верхня, №6), якщо послабло пресове сидіння, і так розтирати отвір. Але якщо все затягнуто, то знос іде на внутрішній поверхні втулки та на пальці. Тут також спостерігається однобічний характер: при копанні циліндр рукояті виштовхує рукоять – навантажена верхня сторона пальця №6 і задня сторона пальця №3. При підійманні – навпаки інші сторони. В сумі може виходити відносно рівномірно. Проте, нижній палець (3) ближче до грунту, тож за відсутності пильовиків може трохи отримувати бруду. Знос гідроциліндрових пальців помітний по появі "скрипу" або зміщення циліндра в посадці. Втім, за даними експлуатації, ці вузли часто переживають навіть кілька замін ковшових пальців. Особливістю можна вважати поступове розбивання отворів у вушках циліндра, якщо палець не щільно посаджений – тоді ремкомплект включає розточку отвору циліндра і встановлення вкладиша.

5 (шарнір стріла-рукоять): Як вже згадувалось, цей вузол дуже навантажений. Знос тут зазвичай комбінований – абразивно-втомний. Абразив може потрапляти при копанні (пил осідає на змащених частинах, бо вузол відкритий), а навантаження від кожного руху рукояті створює мікрослизьке тертя. Поверхня пальця може отримати мікропітинг (точкові вибоїни). Характерна особливість – розширення отворів у рукояті при сильно-

му зносі: спочатку зношується втулка, потім починає тертися сам отвір в рукояті. Це проявляється як овальність отвору. Якщо довести до цього – потрібна розточка і наплавлення (дорогий ремонт). Тому такий вузол зазвичай профілактично перебирають: міняють втулки і пальці до того, як знос піде в тіло рукояті. Однобічний знос пальця теж буває (рукоять часто працює під певним фіксованим кутом при завантаженні самоскида, наприклад – частина пальця постійно навантажена). В цілому, шарнір №5 – індикатор умов експлуатації: якщо він сильно люфтить при невеликому напрацюванні, значить, екскаватор працював у важких умовах або без належного догляду.

7, 8, 9, 10 (ковшовий механізм): Це група найбільш швидкозношуваних шарнірів. Палець ковша (9) – має найбільший кут повороту (ковш при кожному циклі повертається від повністю відкритого до закритого ~120°) і найбільше забруднюється. Він отримує і абразив, і воду, і удари. Тому знос ковшового пальця носить інтенсивний абразивно-корозійний характер. При відсутності мастила він може буквально за кілька днів роботи стати овальним. Його втулки теж зношуються швидко – стають тоншими, можуть тріснути. Особливість ковшового пальця – дуже сильний однобічний знос: сторона, яка тягне ковш при копанні, стає плескатою. Як писав один оператор, "палець стерся з боку ковша на 3/16 дюйма" (?5 мм) всього за 150 ярдів копання, тоді як протилежна сторона майже ціла. Це через те, що ковш завжди тягне в одному напрямку відносно рукояті. Тому при огляді часто бачимо еліпс на пальці. – Палець коромисла (crowd link) до ковша (10): з ним схожа історія, він паралельний пальцю ковша і теж сильно зношується. Буває, що ковш зняли, а цей палець забули – потім він "стукає" в коромислі. Знос тут також швидкий, особливо якщо ковш трохи розхитався і б'є по цьому пальцю. – Палець коромисло-рукоять (8): працює в парі з ковшовим, одержує майже ті ж навантаження, але дещо менше бруду (вище від землі). Все одно, він у трійці найшвидше зношуваних. – Палець штока циліндра ковша (7): трохи осторонь, але теж входить в ковшовий механізм. Він краще захищений (часто має манжети) – тому його знос значно повільніший, ніж у 9 чи 10. Його особливість – ударне навантаження від гідроциліндра: коли ковш різко закривають або відкривають, інерція створює ривки, що б'ють цей палець в вушках штока. Тому на ньому можуть з'являтися сліди вдавлень від контакту (якщо слабко змащено). Але загалом цей палець живе довше і часто при ремонті ковшового механізму його не чіпають.

10a, 11 (Ram eye bush, "king post" у деяких машинах): На діаграмі Rhinox №10a – втулка штока циліндра ковша (частина 7), а 11 – Bucket pin/bush схоже дублює 9. 12 – King Post pin – це центральний палець кріплення стріли до поворотної платформи (у деяких екскаваторах, переважно екскаватор-навантажувачів чи малих). 13 – Slew ram pin – пальці циліндрів повороту (у колісних екскаваторах чи навантажувачах). Їхні особливості: "King post" (центральний шарнір стріли) схожий на кореневий палець (2), але може мати ще бічні навантаження при поворотах стріли убік, знос у нього помірний при нормальному змащуванні. Пальці поворотних циліндрів (13) – доволі малі, але мають постійне маятникове навантаження, іноді страждають від ударів при різкому повороті башти. Проте у гусеничних екскаваторах цих вузлів немає, тому зупинятися не будемо.

Підсумок по розташуванню: ковшові шарніри – швидкий абразивний знос, стрілові – повільніший втомний знос, циліндрові – повільний рівномірний (при догляді). Пріоритет змащення – ковш, коромисло, рукоять-стріла; пріоритет контролю люфтів – ті самі. Правильний ремонт та профілактика враховують цю різницю: часто перевертання або перестановка пальця (повернути менш зношеною стороною в напрямок навантаження) практикується як тимчасовий захід на ковші. А на стрілі так робити рідко потрібно через рівномірність зносу. Ці нюанси добре відомі досвідченим механікам.

За останнє десятиліття інженери і дослідники приділили значну увагу проблемі зносу шарнірів в будівельних машинах. Мета – знайти нові способи продовжити ресурс, знизити затрати на обслуговування, підвищити надійність. Розглянемо основні напрями досліджень і перспективні технології, відображені в наукових публікаціях останніх 10 років.

Поліпшені методи термічної обробки і зміцнення поверхні. Кілька досліджень зосередились на тому, як оптимізувати твердість і структуру сталі пальців для максимального опору зносу/

Індукційне гартування та комбіновані методи зміцнення. Робота Kakade & Narwade (2016) показала, що комбіноване поверхневе зміцнення (індукційне загартування, цементація, легування поверхні) дозволяє підвищити твердість робочого шару пальця з ~50-52 HRC до ~60-62 HRC [5]. Це дало суттєвий приріст зносостійкості і продовження життя пальців. Автори аналізували пальці екскаватора і запропонували оптимальний режим індукційного гартування, який усуває проблеми низького виходу, повзучості і втоми, що призводять до поломок [5]. Висновок: застосування індукційної обробки з правильними параметрами – відносно недорога технологія, яка на практиці збільшила ресурс пальців. Цей висновок впроваджений – більшість OEM-пальців тепер індукційно гартуються на заводі, і дослідження лише підтверджують ефективність.

Повторна термообробка відновлених пальців. Дослідження Appiah et al. (2018) у Гані проаналізувало властивості відновленого пальця ковша після різних режимів гартування [4]. Вони показали, що місцево відновлені пальці, відпущені для обробки, мають низьку міцність, і запропонували оптимізоване загартування (850°C + гартування в со-

ляному розчині + відпуск при 200-500°C). При правильному режимі отримали покращення твердості та міцності близько на 20-25%. Це важливо для практики відновлення: науково обґрунтований режим термообробки здатен дати вживаним пальцям "друге життя" з майже заводськими характеристиками [4].

Кріогенна обробка сталей. Хоч специфічно по пальцях екскаватора прямих публікацій мало, загальні трибологічні дослідження зазначають, що глибока кріообробка (охолодження до -185°C) покращує зносостійкість сталей за рахунок перетворення залишкового аустеніту в мартенсит і утворення дрібних карбідів [6, 7]. Наприклад, відомо, що для сталей типу D2 кріообробка збільшує зносостійкість на сотні відсотків. Для 4140 ефект не такий драматичний, але є. Отже, є перспектива: виробники можуть впровадити кріообробку пальців після гартування для максимальної зносостійкості. Зараз це роблять рідко через додаткові витрати, але науково ефект підтверджено – "молотильні" частини живуть довше після кріообробки. Можливо, у майбутньому, коли вартість технології знизиться, це застосують і для пальців.

Наноструктурування поверхні. Сучасні матеріалознавчі роботи досліджують методи як ультразвукова ударна обробка (UIP) чи лазерна поверхнева обробка, які створюють градієнтну наноструктуровану поверхню з високою твердістю. Такі методи можуть підвищити опір втомі і зносу без крихкості. Наприклад, UIP застосовується для рессор і валів, підвищуючи їхню контактну витривалість. Для пальців екскаватора це теоретично може дати більш зносостійку поверхню без традиційного гартування. Поки що це на рівні досліджень лабораторних деталей, економічно не впроваджено, але перспектива є.

Нові матеріали втулок – самозмащувальні та композитні. Значний прогрес відбувся у створенні самозмащувальних підшипникових матеріалів:

Маслонаповнені бронзові та залізні пористі матеріали. Інженери Komatsu ще раніше (до 2010) розробили спеціальні матеріали втулок, які дозволяють збільшити інтервали мащення до 500 мотогодин. звіті 2003 р. (Tanaka et al.) згадано розробку двох матеріалів: міднобазовий матеріал BMRC для повільно рухомих шарнірів (висока стійкість до задирів) і залізнобазовий OMRF для високої зносостійкості [8]. Ці втулки застосували на екскаваторах Komatsu PC400-7 і досягли продовження інтервалів змазки вдвічі (з 250 до 500 год). Тобто, науковий підхід до матеріалу втулки дав практичний результат – менше ТО, менше знос. У 2010-х це продовжилося: в літературі з'являються згадки про полімер-метал композити. Пористі металеві втулки, просочені маслом, або вставки з твердих змащуючих речовин (графітові або дисульфід молібдену "таблетки" в пресованій бронзі). Патенти описують втулки з вставками твердого мастила для екскаваторів, що дають кращу самозмащуваність і зносостійкість, ніж просто порошкова бронза [9]. За твердженням патенту, такі втулки мають значно більшу зносостійкість і саммащення у порівнянні зі звичайними сталевими чи навіть просоченими втулками [9].

Полімерні підшипники та композити: У малих екскаваторах і особливо в навантажувачах почали з'являтися інженерні пластикові втулки (напр. нейлонові, поліацеталеві з твердими мастильними включеннями). Виробники підшипників (GGB та ін.) пропонують високоміцні пластикові втулки EP® з вбудованим твертим мастилом, які не потребують зовнішнього змазування [10]. Їх плюс – вони не ржавіють, добре працюють у бруді (частинки вминаються в пластик), легкі в заміні. Мінус – несуть менше навантаження, швидше старіють під ударом. Науково досліджують посилені скловолокном або вуглеволокном полімери для таких втулок. За останні роки якість композитів зросла, і деякі компактні екскаватори вже використовують композитні втулки на невідповідальних з'єднаннях. Перспектива: якщо вдасться створити полімер, що витримує високі навантаження (наприклад, армований термореактивний композит з тефлоновими включеннями), то можна буде мати шарнір взагалі без мащення, з мінімальним зносом. Наразі це більше в теорії, для важких екскаваторів металеві втулки все ще поза конкуренцією.

Покриття втулок: Ще один напрям – нанесення на внутрішню поверхню втулок спеціальних покриттів з низьким тертям. Наприклад, досліджуються комбіновані покриття з твердих мастил (MoS?) та керамік. Втулка може мати тонкий шар пористого хрому, просоченого твердим мастилом – таке зустрічається у авіації. Для екскаваторів поки дорого, але наукові праці з трибології металокерамічних пористих покриттів демонструють значне зменшення коефіцієнта тертя і зносу. Можливо, по мірі здешевлення, ця технологія прийде і в будтехніку.

Функціональні покриття пальців та нові сплави. Окрім втулок, вчені експериментують з тим, щоб сам палець зробити практично "вічним":

Твердосплавні та напилені покриття: Існують зносостійкі покриття (карбіди хрому, вольфраму тощо), які можна наносити методом газотермічного напилення (HVOF) або плазмовим напиленням. Вони дають надзвичайно тверду поверхню (вище 70 HRC) з високою стійкістю до абразиву. Такі покриття широко застосовуються на бурових інструментах, насосних плунжерах. Для пальців екскаватора це потенційно означало б різке подовження життя. Але виникає проблема "міцність vs знос пар": якщо палець надтвердий, втулка буде зношуватись сильніше (якщо її не змінити на також тверду). В ідеалі – і палець, і втулка мають бути дуже зносостійкі і працювати з мінімальним тертям. Науковці з Materials Science пропонують покриття зі зниженим коефіцієнтом тертя: наприклад, алмазоподібні вуглецеві плівки (DLC). DLC-

покриття дає і твердість (?HRC 60-70 екв.) і низьке тертя без мастила. Однак на великих площах і при ударних навантаженнях ці плівки можуть сколюватися. Втім, в 2010-х з'явились покращені варіанти DLC з домішками металів для підвищення адгезії, які витримують удари. Є приклади їх застосування в гідравлічних циліндрах. Можливо, недалеким є час, коли пальці покриють таким чином. Поки що реальних впроваджень нема, але дослідження тривають (вони більше сфокусовані на автомобільних деталях – шкворнях, пальцях поршнів тощо).

Наноструктуровані та високоміцні сплави: Академічний інтерес представляють нові сплави типу високоентропійних сплавів (HEA) або металокерамік для зносостійких компонентів. HEA – це суміші багатьох елементів, які можуть мати унікальне поєднання твердості та в'язкості. Наприклад, сплави на основі Co-Cr-Fe-Ni-Mn. Якщо такий матеріал навчаться виробляти у вигляді прутків економічно, він потенційно міг би замінити традиційні сталі, надаючи кращий опір зносу. Поки що це лабораторія і невеликі вироби. Інший напрям – наплавлення шарів з карбідовмісних сплавів на звичайну сталь пальця (щось подібне до твердої наплавки, але за допомогою сучасних технологій наплавлення під флюсом або лазерної наплавки). Одна з російських публікацій, наприклад, розглядала одношарове твердосплавне наплавлення зубів екскаваторних ковшів як спосіб підвищення їх ресурсу. Для пальців теж можна наплавити шар зносостійкого сплаву (типу Fe-Cr-C). Згадувана нами компанія із відновлення пальців шляхом наплавлення стверджувала про п'ятикратне продовження строку служби після нанесення спеціального зносостійкого шару. Науково це підтримується: так, електроди типу UTP 7200 призначені для наплавлення зносостійких шарів на екскаваторні пальці, ковші тощо. Цей електрод дає аустенітну наплавку з високим вмістом Mn, стійку до ударів і стирання. Тобто технологія існує, потрібно її адаптувати у виробництво або ремонті. Багато екскаваторних майстерень вже це роблять при ремонті (наплавляють порошковим дротом твердий метал), але перспективно – можливо, прямо з заводу будуть робити пальці з наплавленим твердим шаром. Якщо це не надто ускладнить виробництво, виграш – величезний ресурс. Можливо, такий підхід впровадять спершу в найкритичніших пальцях (ковшові фронтальні навантажувачі, наприклад).

Моделювання і оптимізація конструкції. Окрім матеріалів, науковці працюють над моделюванням зносу для оптимізації конструкції шарнірів:

Комп'ютерне моделювання динаміки і зносу. У 2024 році Xuehui Chen et al. опублікували роботу, де за допомогою програмного моделювання (ADAMS, FEM) проаналізували динамічні навантаження і процес зношування шарнірів екскаватора [3]. Вони виявили, які з'єднання за яких режимів мають найбільші коливання навантажень, і навіть змоделювали глибину зносу по Арчарду на торцевих поверхнях шарнірів. Було підтверджено, що знос супроводжується підвищенням температури, виникненням втомних тріщин і абразивним стиранням [3]. Такі дослідження дають конструкторам ідеї, як змінити конструкцію: наприклад, додати опорні поверхні, збільшити довжину втулки, щоб зменшити торцевий (по торцях вушок) знос. Chen et al. звернули увагу на знос торців втулок/пальців (ендфейс), про який раніше мало думали – виявилось, що він теж суттєвий і неоднаковий з різних боків [3]. Це може привести до конструктивних заходів: скажімо, ставити тонкі підшипникові шайби на торцях як жертвені елементи.

Оптимізація розмірів і посадок. Деякі наукові роботи аналізували, як зазор та твердість впливають на знос. Наприклад, при більшому початковому зазорі легше пробиватися абразиву, але і мастило краще проходить – є оптимум. Вчені моделюють гідродинамічну змазку у шарнірі, щоб підібрати ідеальний зазор і структуру канавок. Це впроваджується: сучасні втулки мають канавки певної форми для утримання мастила. Rhinox та інші виробники втулок тестують різні профілі – результати цих емпіричних дослідів зводяться до того ж наукового підходу.

Нові конструкції з'єднань. Концептуально, можуть бути запропоновані альтернативні шарніри – наприклад, шарнір на роликових підшипниках замість ковзної втулки. У деяких механізмах (напр. шарнір ковша навантажувача) інколи ставлять роликові підшипники, які мають менший момент тертя і менше зношуються за умови герметичності. Однак для екскаватора поки що стандарт – ковзні підшипники через ударний характер навантажень. Можливо, з'являться магнітореологічні підшипники чи гідростатичні шарніри (де тиск мастила підтримує зазор) – це поки футуристично, але така ідея існує для важких поворотних вузлів.

Прогрес у мастилах та антифрикційних добавках. Хоча мастила – це витратний матеріал, але вони теж продукт науки. В останні роки з'явилися "розумні" мастила з нанодобавками (нанографіт, WS? наночастки), які здатні формувати на поверхнях захисні плівки. Наприклад, згадується, що сучасні присадки можуть створювати захисні шари, які заповнюють нерівності і запобігають зносу та корозії. Такі мастила (як от згадане Eurol CS-2/502-S) хоч і дорожчі, але продовжують життя вузлів і зменшують простої. Науково підтверджено: додавання дисульфіду вольфраму в мастило зменшує знос при boundary lubrication режими. В перспективі – мастила з графеном, які ще ефективніші. Це значить, що майбутні регламенти ТО можуть перейти на нові мастила, і шарніри будуть краще захищені навіть без конструктивних змін.

"Maintenance-free" концепція. Загальна тенденція у науковців і виробників – зробити вузли максимально обслуговування-незалежними. Як зазначено в звіті Komatsu, це відповідає "течії часу, що

вимагає звільнити людей від клопоту обслуговування" [8]. Тобто мета – екскаватор, котрий не треба щодня шприцювати, а шарніри все одно не зношуються швидко. До цього ведуть усі технології: самозмащувальні втулки, ущільнення, нові покриття. У останні 10 років науковий прогрес суттєвий у матеріалах, і деякі екскаватори вже рекламуються як такі, що потребують мінімального змащення (деякі міні-екскаватори мають втулки з графітовими вставками, що дозволяє змащувати раз на 250 годин, тоді як раніше треба було щотижня). 7. Контроль зносу та інтелектуальні системи. Хоч не зовсім "технологія підвищення зносостійкості", але смежний прогрес – це моніторинг стану шарнірів. Окремі наукові роботи пропонують вбудовувати датчики зносу або використовувати вібраційну діагностику для визначення люфтів. Наприклад, модель зносу гідроциліндра (Sage Journals, 2015) могла оцінювати деградацію продуктивності через знос шарніра [11]. В майбутньому екскаватор може сам сигналізувати, що "пальці ковша потребують заміни", розраховуючи це за датчиками тиску і позицій (вже зараз деякі екскаватори мають датчики положення ковша, які можуть за непрямими ознаками визначити люфт). Це дозволить вчасно втручатися і запобігати катастрофічному зносу. Отже, аналіз сучасних наукових праць показує комплексний підхід до проблеми зносу: від металургії до моделювання.

Контроль зносу та інтелектуальні системи. Хоч не зовсім "технологія підвищення зносостійкості", але смежний прогрес – це моніторинг стану шарнірів. Окремі наукові роботи пропонують вбудовувати датчики зносу або використовувати вібраційну діагностику для визначення люфтів. Наприклад, модель зносу гідроциліндра (Sage Journals, 2015) могла оцінювати деградацію продуктивності через знос шарніра [11]. В майбутньому екскаватор може сам сигналізувати, що "пальці ковша потребують заміни", розраховуючи це за датчиками тиску і позицій (вже зараз деякі екскаватори мають датчики положення ковша, які можуть за непрямими ознаками визначити люфт). Це дозволить вчасно втручатися і запобігати катастрофічному зносу. Отже, аналіз сучасних наукових праць показує комплексний підхід до проблеми зносу: від металургії до моделювання. Перспективні технології включають:

- вдосконалені методи зміцнення (індукційне гартування, кріообробка, лазерне зміцнення) – дають твердішу та витривалішу поверхню пальців;
- нові матеріали втулок (композити, самозмащувальні сплави) – зменшують залежність від зовнішнього змазування і стійкі до задирів;
- проривні покриття (DLC, напилені карбіди) – здатні радикально знизити знос, якщо вирішити питання сумісності пар тертя;
- інтелектуальне змащення (автоматичні системи + передові мастила) – підтримує оптимальні умови в шарнірі, мінімізуючи тертя;
- проєктні оптимізації (форма канавок, додаткові шайби, кращі ущільнення) – невеликі зміни, що спираються на моделювання, але дають непропорційно великий ефект у довговічності.

Всі ці заходи спрямовані до кінцевої мети: збільшити міжремонтний ресурс шарнірів робочого обладнання. За останні 10 років зроблено суттєві кроки: багато екскаваторів тепер мають подовжені інтервали змазки, матеріали покращились (майже всі виробники перейшли на 4140/42CrMo замість дешевших сталей для пальців, оптимізували термообробку). Наукові дослідження слугують базою для наступних інновацій. Наприклад, можливо, у найближчому майбутньому з'являться серійні екскаватори, де всі шарніри мають "life-time" самозмащувальні втулки і не потребують шприцювання – ці технології вже випробовуються.

Список використаних джерел

1. Materials Used in Excavator Buckets. URL: https://info. texasfinaldrive. com/shop-talk-blog/materials-used-in-excavator-buckets#:~:text=Excavator%20pins%20are%20usually%20made,increases%20strength%20and%20hardenability%2C%20too

2. Офіційний сайт JCB. URL: https://www. jcb. com/en-in/jcb-pins-bushes#:~:text=JCB%20Pins%20%26%20Bushes%20made,inner%20grooved%20surface%20of%20bush

3. Xuehui Chen, Lei Zhang, Wei Li, Zijian Wang, Zhengbin Zhang, Ting Gao and Wei Liu. Analysis of Dynamic Wear Characteristics of Joint Contact Friction Pair of Excavators Working Device. Lubricants. 2024, 12, 113. https://doi. org/10. 3390/lubricants12040113.

4. Eugene Sefa Appiah, Anthony Andrews, Emmanuel Benyah. Properties of a Refurbished Excavator bucket pin. EJUR. Volume 2. Issue 1. July 2018. P. 54-60.

5. Kakade K. S., Narwade P. A. Analysis & Induction Hardening on Excavator Pins. International Journal of Engineering and Techniques. Volume 2. Issue 5. P. 100-106.

6. Peter Jurci, Ivo Dlouhy. Cryogenic Treatment of Martensitic Steels: Microstructural Fundamentals and Implications for Mechanical Properties and Wear and Corrosion Performance. Materials (Basel). 2024 Jan 23;17(3):548. doi: 10. 3390/ma17030548.

7. Nursel Altan Ozbek, Onur Ozbek. Effect of cryogenic treatment holding time on mechanical and microstructural properties of Sverker 21 steel. Materials Testing. November 202264(12):1809-1817.

8. Yoshikiyo Tanaka, Masanori Ueyama, Takemori Takayama. Development of New Materials for Special Oil-Impregnated Bearings. Komatsu Technical Report. 2003. VOL. 49. 152.

9. EP 4 112 208 A1 Bushing manufacturing method, bushing, and excavator. XU Guo, CHEN Bo, FENG Kun. European patent application. Applicant: Jiangsu XCMG Construction Machinery Research Institute Ltd. Xuzhou, Jiangsu 221004 (CN).

10. WO 2006124418 A3. Self-lubricating bushings, bearings and bearings assemblies. International application published under the patent cooperation treaty (PCT). Applicant (for all designated States except US): Sankyo oilless industry, (USA) CORP. [US/US].

11. Yuanguo Cao, Xudong DaiView. Modeling for performance degradation induced by wear of a hydraulic actuator of a hydraulic excavator. Mechanical Engineering Science. Vol. 229, Is. 3. 2014. P. 556-565 https://doi. org/10. 1177/0954406214535926.

12. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин: дис. … д-ра. техн. наук: 05. 05. 11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

13. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Міжнародний науковий журнал "Проблеми трибології". 2020. № 2. С 34-41.

14. Борак К. В., Крук І. С. Вплив швидкості руху ґрунтообробних агрегатів на інтенсивність зношування робочих органів. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2020. №1. С. 30-36.

Грабар І. Г.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.
Ковальчук М. С.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору питання надійності та високої працездатності тракторного парку набувають особливої актуальності, оскільки саме від ефективності ремонту і технічного обслуговування залежать не лише безперебійність виробничого процесу, а й економічна стабільність господарств, конкурентоспроможність продукції та можливість впровадження інноваційних підходів у сфері сільського господарства.

Протягом останніх десятиліть спостерігається стрімке зростання вимог до технічного стану сільськогосподарських машин, що обумовлено як розвитком сучасних технологій виробництва, так і посиленням нормативних вимог щодо безпеки експлуатації, енергоефективності та екологічності. При цьому ключовим фактором підвищення ефективності експлуатації тракторів є систематизація процесів ремонту та технічного обслуговування, що дозволяє знизити аварійність, продовжити термін служби техніки та оптимізувати витрати на її обслуговування.

Одним із суттєвих напрямів удосконалення є модернізація діагностичного обладнання та впровадження автоматизованих систем контролю стану агрегатів, завдяки яким можливо у режимі реального часу відстежувати показники роботи техніки, прогнозувати можливі несправності та своєчасно проводити профілактичні роботи. Важливим елементом підвищення ефективності ремонту є також використання сучасних матеріалів та технологій, які дозволяють зменшити витрати ресурсів і скоротити час простоїв у зв'язку з проведенням ремонтних робіт, а також забезпечити надійність та довговічність відновлених вузлів і агрегатів. Впровадження комп'ютеризованих систем управління ремонтними процесами сприяє інтеграції різних ланок виробничо-сервісного циклу, що включає планування, замовлення запасних частин, виконання робіт, контроль якості та аналіз ефективності проведених операцій. Такий підхід дозволяє не лише оптимізувати логістичні процеси, але й створити базу даних для подальшого аналізу експлуатаційних характеристик техніки, що є надзвичайно важливим для формування стратегії модернізації парку сільськогосподарської техніки.

Однією з важливих складових сучасної системи ремонту є кваліфікація персоналу, що безпосередньо впливає на якість виконання технічних робіт та оперативність реагування на несправності. У цьому контексті велике значення має систематичне навчання фахівців, підвищення їхньої кваліфікації за рахунок впровадження нових технологій та методик ремонту, а також обмін досвідом із провідними світовими виробниками сільськогосподарської техніки.

Сучасні тренди в галузі обслуговування тракторів свідчать про необхідність створення централізованих сервісних центрів, які здатні забезпечити комплексний підхід до діагностики, ремонту та профілактичного обслуговування техніки, використовуючи передові методи аналізу даних та технології штучного інтелекту для прогнозування можливих відмов. Таке рішення дозволяє оптимізувати розподіл ресурсів, знизити ризики аварійних ситуацій і підвищити рівень сервісного обслуговування на всіх етапах експлуатації тракторів.

Розвиток телематики та впровадження інтернету речей відкривають нові можливості для організації дистанційного моніторингу та управління технічним станом машин, що дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормальної роботи і оперативно реагувати на них. Інтеграція таких технологій у систему технічного обслуговування сприяє зниженню кількості аварійних випадків, оптимізації витрат на ремонтні роботи та покращенню загальної економічної ефективності сільськогосподарських підприємств. Водночас використання сучасних інформаційних технологій потребує значних інвестицій у розробку та впровадження спеціалізованого програмного забезпечення, що дозволяє управляти величезними обсягами даних, отриманих із сенсорних систем тракторів, а також забезпечувати аналіз та прогнозування на основі зібраної інформації. Такий підхід стимулює розвиток інноваційних напрямків у галузі ремонту сільськогосподарської техніки, сприяє формуванню нових сервісних моделей та створенню умов для безперервного вдосконалення процесів обслуговування.

Значну роль у підвищенні ефективності ремонту відіграє також система управління запасними частинами, що включає створення автоматизованих логістичних центрів, оптимізацію процесів зберігання та розподілу деталей, що забезпечує оперативну заміну зношених або пошкоджених компонентів. Раціональна організація роботи з матеріа-

льно-технічними ресурсами дозволяє знизити експлуатаційні витрати, скоротити час простоїв і підвищити загальну надійність роботи тракторного парку. Особливу увагу слід приділити якості матеріалів, що використовуються при ремонті, адже використання сучасних композитних матеріалів і сплавів може значно збільшити термін служби відновлених вузлів і знизити ризики повторних поломок.

Проблематика забезпечення якості ремонтних робіт потребує впровадження системи контролю на кожному етапі виробничо-сервісного циклу, що дозволяє своєчасно виявляти недоліки виконаних робіт і проводити їх усунення згідно з високими стандартами якості. У цьому контексті важливим є застосування методів статистичного контролю якості та аналізу надійності обладнання, що дозволяє виявити закономірності відмов та сформувати рекомендації щодо оптимізації технологічних процесів ремонту. Одночасно з цим необхідно враховувати специфіку експлуатації сільськогосподарських машин, зважаючи на вплив екстремальних погодних умов, високих навантажень та інших факторів, що можуть спричиняти пришвидшене зношування агрегатів. Таким чином, інтеграція даних про умови експлуатації у систему управління технічним обслуговуванням дозволяє формувати адаптивні моделі ремонту, що забезпечують максимальну ефективність використання ресурсів і мінімізують ризики виникнення аварійних ситуацій.

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва важливою передумовою підвищення ефективності ремонту є створення системи взаємодії між виробниками тракторів, сервісними центрами, постачальниками запчастин і кінцевими користувачами. Така система забезпечує обмін інформацією, впровадження найкращих практик і спільну розробку стандартів якості ремонтних робіт, що є запорукою високої продуктивності та конкурентоспроможності галузі.

Міжнародний досвід свідчить про те, що синергія між різними суб'єктами ринку сприяє не лише оптимізації виробничо-сервісних процесів, а й стимулює розвиток інноваційних технологій, які дозволяють досягати високих показників надійності і економічної ефективності технічного обслуговування. Водночас розвиток сучасних інформаційних технологій відкриває нові горизонти для інтеграції цифрових рішень у систему обслуговування техніки, що дозволяє впроваджувати концепції "розумного ремонту", засновані на аналізі даних, використанні алгоритмів машинного навчання та створенні єдиних інформаційних платформ для моніторингу стану машин. Такий підхід не лише оптимізує витрати на обслуговування, а й сприяє підвищенню загальної безпеки експлуатації сільськогосподарських агрегатів, що є особливо важливим в умовах зростання вимог до екологічної безпеки та енергоефективності виробництва.

Розглядаючи економічну складову процесу ремонту, необхідно зазначити, що впровадження сучасних технологій вимагає значних капіталовкладень, проте довгострокова перспектива їх використання свідчить про можливість суттєвого зниження експлуатаційних витрат за рахунок зменшення кількості аварійних зупинок, зниження витрат на запасні частини та скорочення трудових ресурсів, необхідних для проведення ремонтних робіт. Інвестиції в модернізацію ремонтних процесів сприяють не лише підвищенню ефективності роботи техніки, а й створенню стабільного ринку послуг у галузі сервісного обслуговування, що забезпечує зростання економічної активності та конкурентоспроможності аграрних підприємств.

Розвиток кадрового потенціалу, що включає навчання, перепідготовку і підвищення кваліфікації спеціалістів, є невід'ємною складовою підвищення ефективності ремонтних робіт. Створення умов для професійного росту, впровадження сучасних методик і технологій у навчальний процес дозволяє фахівцям оперативно реагувати на виклики, що виникають під час експлуатації складної техніки, а також впроваджувати інноваційні підходи до діагностики і усунення несправностей.

Успішна інтеграція цифрових технологій, таких як системи штучного інтелекту, аналізу великих даних і телематики, сприяє створенню нових моделей управління технічним обслуговуванням, що дозволяють прогнозувати відмови агрегатів і планувати ремонтні роботи з високою точністю. Завдяки цьому зменшуються непередбачувані витрати, пов'язані з аварійними ситуаціями, і підвищується загальна ефективність виробничого процесу. Сучасна економічна ситуація вимагає від аграрного сектору оперативного впровадження інноваційних рішень у сфері ремонту тракторів, що забезпечує не лише зниження витрат, а й підвищення якості продукції за рахунок безперебійної роботи техніки. Аналізуючи досвід провідних країн, можна відзначити, що ефективна система обслуговування важкої техніки базується на інтегрованих рішеннях, які поєднують використання сучасного обладнання, висококваліфікованих фахівців та ефективних логістичних процесів. Успішна практика свідчить про те, що впровадження комплексних сервісних центрів, що охоплюють всі етапи життєвого циклу техніки – від попередньої діагностики до післягарантійного обслуговування – створює умови для досягнення високих показників надійності та економічної ефективності.

Синергія між виробниками, постачальниками, сервісними центрами та кінцевими споживачами техніки дозволяє створювати інтегровані моделі, що враховують специфіку експлуатації сільськогосподарських агрегатів, особливості кліматичних умов і регіональні відмінності у структурі виро-

бництва. Таким чином, системний підхід до організації ремонтних робіт, який включає впровадження сучасних технологій, підвищення кваліфікації персоналу, оптимізацію логістичних процесів та інтеграцію цифрових рішень, є ключовим чинником для досягнення високої ефективності експлуатації сільськогосподарських тракторів. Водночас варто зазначити, що успіх впровадження інноваційних рішень залежить від комплексної стратегії, яка враховує як технічні, так і організаційні аспекти функціонування системи ремонту. Інвестиції в новітнє обладнання, впровадження автоматизованих систем контролю та моніторингу, створення сучасних сервісних центрів і розвиток кадрового потенціалу створюють передумови для зниження ризиків, пов'язаних із експлуатацією складної техніки, та забезпечують стабільність виробничого процесу в умовах постійно зростаючих вимог до якості та безпеки.

Перспективи подальшого розвитку галузі визначаються здатністю аграрних підприємств адаптуватися до нових умов ринку, впроваджувати інновації та ефективно управляти ресурсами, що в кінцевому рахунку сприяє підвищенню конкурентоспроможності виробництва, зниженню витрат на технічне обслуговування та створенню умов для стабільного економічного зростання. Таким чином, напрямки підвищення ефективності ремонту та технічного обслуговування сільськогосподарських тракторів включають комплекс заходів, спрямованих на модернізацію технічної бази, впровадження інноваційних цифрових технологій, оптимізацію логістичних процесів, підвищення кваліфікації персоналу та інтеграцію сервісних центрів, що дозволяє забезпечити максимальну надійність, економічну ефективність і довговічність експлуатації важкої сільськогосподарської техніки, враховуючи сучасні виклики та перспективи розвитку аграрного сектору.

За умов зростання вимог до екологічної безпеки, енергоефективності та безперебійної роботи машин комплексний підхід до організації ремонтних процесів стає запорукою успішної модернізації сільськогосподарських підприємств, що дозволяє не лише підтримувати високий рівень виробництва, а й відкривати нові можливості для впровадження інновацій, оптимізації витрат та підвищення конкурентоспроможності на ринку. Загалом, систематизація процесів ремонту, впровадження сучасних технологій моніторингу, аналізу та управління станом техніки, а також створення умов для безперервного підвищення кваліфікації фахівців є ключовими чинниками, що визначають майбутнє розвитку галузі обслуговування сільськогосподарських тракторів і сприяють ефективній роботі виробничо-сервісного циклу в умовах постійних змін ринкових вимог і технологічних інновацій.

Умінський О. В.
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗУБІВ КОВША ЕКСКАВАТОРА

Основними матеріалами для виготовлення змінних зубів екскаваторного ковша є високоміцні сталі та спеціальні сплави. Найбільш поширені: низьколегована загартована сталь, високовуглецева марганцева сталь (Hadfield steel), та високохромистий білий чавун. Кожен має свої переваги і недоліки. Низьколеговані сталі (?0,3% C з додаванням Si, Mn, Cr, Mo, Ni) після термообробки набувають мартенситну структуру – їх твердість сягає ~48-52 HRC при міцності на розрив >1500 МПа. Вони забезпечують високу зносостійкість та достатню в'язкість удару (прикл., Charpy ~20-25 Дж) навіть за -40?°C. Високомарганцеві сталі (~11-14% Mn, 1-1,2% C) формують аустеніт при загартуванні і відомі надзвичайною ударною в'язкістю та здатністю до зміцнення під час роботи. Їх початкова твердість помірна (близько 220-300 HB), але при ударних навантаженнях поверхня швидко наклепується до ~450-500 HB, що значно підвищує зносостійкість. Високохромисті леговані чавуни (2-3% C, 10-20% Cr) мають дуже високу твердість (55-65 HRC) і виняткову абразивну зносостійкість, проте дуже низьку ударну в'язкість – вони крихкі і схильні до відколів [1]. Окрім цих, застосовуються також австемперований ковкий чавун (ADI) та інші інноваційні матеріали. ADI-плавки після ізотермічного гартування містять бейнітно-феритну матрицю і поєднують міцність і ударну в'язкість, близьку до сталей, з високою твердістю (~300-400 HB). Іноді для спеціальних умов використовують зуби з напаяними твердосплавними наконечниками (карбід вольфраму) – вони дуже тверді, але дорогі і застосовуються рідко.

Середній строк служби зубів вимірюється напрацюванням в мотогодинах і дуже залежить від умов копання. В піщано-глинистому ґрунті з низькою абразивністю ресурс може перевищувати 800 годин на зубець. В змішаних умовах (ґрунт, глина,

дрібний гравій) типова довговічність становить 400-800 год. У жорстких абразивних породах (щебінь, пісковик) строк служби скорочується до ~200-400 год., а при екстремальному абразивному навантаженні (наприклад, висококварцові граніти) – менше 200 годин. Дослідження також підтверджують, що дуже абразивний ґрунт (пісок з твердими частками) здатен зменшити напрацювання зубів до всього ~72-120 годин [2].

Фактори, що зменшують ресурс:

абразивність матеріалу – велика кількість твердих мінералів (кварцу, руди) у ґрунті пришвидшує спрацювання робочої поверхні зуба [2]. Ударні навантаження – розколювання великих каменів і ударні контакти спричиняють мікро-відколювання матеріалу зуба. Після багаторазових сильних ударів можливе утворення тріщин;

неправильна експлуатація – бічне навантаження на зуб (при підриванні ґрунту важелем ковша), надмірне зусилля при невідповідних режимах копання, відсутність планової заміни сильно зношених зубів тощо підвищують шанс поломки;

низька температура середовища – в холодному кліматі сталь зубів втрачає ударну в'язкість, стає крихкішою. Це різко скорочує ресурс, якщо спеціальний матеріал не передбачений для Арктики.

Зазвичай виробники вказують рекомендовані умови для кожного типу зубів. Наприклад, Caterpillar класифікує зуби за категоріями ґрунтів: General Duty – для легких робіт (>800 год на комплект), Heavy Duty – універсальні (400-800 год), Severe Duty – для абразивних порід (200-400 год), Extreme Duty – для надабразивних умов (<200 год). Правильний вибір типу і своєчасна заміна забезпечують максимальний ресурс.

Зуб ковша поступово втрачає працездатність через зношування або раптово виходить з ладу через механічне руйнування. Основні механізми:

Абразивне спрацювання (зношення) – поступове сточування та притуплення ріжучого краю під дією ґрунту. Зуб зрештою втрачає форму і здатність ефективно різати, що вимагає його заміни. Абразивне зношування є неминучою природною причиною "смерті" зуба, яка визначає його ресурс.

Ударне руйнування – відколювання або зламування зуба від раптового удару чи надмірного навантаження. Вершина зуба може відколотися при ударі об дуже твердий камінь або при перевищенні міцності матеріалу. Таке руйнування часто трапляється раніше за повне спрацювання, особливо якщо зуби не призначені для настільки високих ударів.

Втомні тріщини – при багаторазових навантаженнях (ударних або вигинаючих) у матеріалі можуть зароджуватися мікротріщини, які з часом ростуть. Накопичення втомних пошкоджень призводить до раптового відламу зуба навіть без явного разового перевищення навантаження.

Матеріалознавчі дефекти – приховані дефекти литва (усадкові раковини, шлакові включення) є частою причиною передчасного відколу "коронок" зубів. Вони служать концентраторами напружень і ініціаторами тріщин. Так, аналіз поломок зубів екскаваторів в Арктиці показав, що головні винуватці – саме дефекти лиття та недостатня холодостійкість сталі: гарячі тріщини і неметалеві включення зумовлюють зародження тріщин, а низька в'язкість на морозі спричиняє їх швидке ростання і крихкий злам.

Випадки випадання зубів – окремо слід згадати не руйнування матеріалу, а втрату зуба через вихід з зачеплення. Якщо фіксуючий палець неякісно встановлений або спрацьований, зуб може випасти з адаптера. Ця ситуація не пошкоджує сам зуб, але є аварійною (втрата деталі в масі ґрунту) і потребує встановлення нового зуба.

На практиці близько 70-80% зубів замінюють саме через абразивне зношування, коли робочий профіль вже не забезпечує потрібного проникнення [2]. Решта випадків – це поломки (відколювання, тріщини) або втрата зуба. Правильний вибір матеріалу та конструкції під умови роботи знижує ризик раптових відмов. Наприклад, для холодних умов застосовують спеціальні низьковуглецеві сталі з підвищеною холодостійкістю, щоб запобігти крихким зламам.

Процес зношування зуба ковша є складним поєднанням декількох механізмів, переважність яких залежить від умов роботи. Основні види спрацювання: абразивне (тертя частинок) та ударно-абразивне. При копанні різними породами спостерігаються такі стадії зношування:

Ударне зношування. На початковому етапі заглиблення зуба в матеріал основне навантаження – ударне. В момент встромлення вершина зуба відчуває концентрований ударний тиск, що викликає пластичне деформування і дрібні сколи на поверхні металу [3]. Такий механізм називають ударно-крихким зношуванням: тверді частинки породи діють як різці, мікро-вирізаючи матеріал зуба і утворюючи борозн [3]. Ударне зношування характерне при розробці твердих порід і проявляється у вигляді заокруглення та викришування гострого краю зуба.

Двотільне абразивне зношування. У міру проникнення зуба глибше в ґрунт, по його поверхні починає інтенсивно ковзати ґрунтовий матеріал [3]. Великі частки породи стирають метал безпосереднім тертям – це класичний абразивний знос (двотільний, "metal-to-rock"). Він проявляється як поступове шліфування передньої та бічних граней зуба, особливо помітне ближче до вершини, де тиск найбільший.

Тритільне абразивне зношування. Коли зуб заглиблюється, частина роздрібненого матеріалу заповнює простір між його поверхнею і породою,

діючи як абразивний прошарок [3]. Дрібні піщинки виконують роль третього тіла – вони перетираються між зубом і ґрунтом, одночасно стираючи метал. Таке тритільне зношування особливо значуще при роботі в піску, дрібному гравії, а також при висипанні породи з ковша (розвантаженні) – в ці моменти зуби теж труться дрібнозернистим матеріалом.

Адгезійне та фретинґ-зношування. Вібрації і коливання ковша в породі можуть викликати тертя з малими амплітудами між зубом та адаптером або сусідніми деталями, що призводить до фретинґу (стирання контактних поверхонь кріплення). Адгезійне зношування (прилипання) між металом зуба і частинками ґрунту виражене слабко, хоча в особливих умовах (мокрий глинистий ґрунт) можлива клейка взаємодія, що утворює налипання на зуб.

У реальних умовах всі ці механізми діють одночасно, але їх відносна роль залежить від середовища. Наприклад, при розробці міцного скельного ґрунту переважають ударні і двотільні абразивні процеси – зуб швидко притуплюється від сколювання. Натомість у м'якіших піщано-гравійних ґрунтах основний внесок у знос дає тритільне тертя дрібних часток. Важливо розуміти, що зношування не є суто властивістю матеріалу зуба, а визначається всією системою "зуб-порода" [3]. Тому виробники (наприклад, Caterpillar) створюють цілі лабораторії ґрунтів для випробувань, а науковці спільно з компаніями (Komatsu та ін.) досліджують вплив властивостей матеріалу і технології обробки на характер зношування зубів.

Швидкість і характер спрацювання зуба сильно залежать від типу ґрунту та режиму роботи. В м'якому ґрунті (глини, суглинки) зуби зношуються відносно рівномірно і повільно переважно за рахунок стирання. У твердих скельних породах спочатку може відбутися часткове відколювання верхівки зуба від ударів, після чого зношування продовжується шляхом інтенсивного шліфування оголеної поверхні. В дуже абразивному сипучому середовищі (напр., піщаник, рудний пісок) зуби стираються головно тритільним зносом – їх робочі грані шорсткішають, але без великих сколів. При цьому кут загострення поступово росте (лезо тупиться). Цікаво, що темп зношування може змінюватися з часом: польові спостереження показали, що нові, гострі зуби спочатку зношуються швидше, а після притуплення їх знос уповільнюється [4]. Це пояснюють тим, що на початку експлуатації вирізаються та сточуються дрібні нерівності й малостійкі ділянки литого металу, а після формування заокругленого профілю навантаження розподіляється рівномірніше і подальше стирання йде стабільнішим темпом. Графік зношування зазвичай має криву зі спадною швидкістю: високий початковий знос (період приробатки) переходить у більш повільний лінійний режим. Водночас окремі дослідження відзначали протилежний ефект при роботі у вкрай жорстких породах – після затуплення зуба площа контакту збільшується і загальний об'єм втраченого металу за цикл може зростати. Тому залежність "швидкість зношування vs час" не універсальна і визначається балансом між зменшенням напружень на притупленому зубі та збільшенням площі тертя.

Зубb, встановлені по краях і в центрі ковша, можуть зношуватися по-різному. Центральні зуби зазвичай занурюються в ґрунт глибше, раніше вступають в контакт і приймають основну силу, тому їх вершини часто спрацьовуються швидше. Крайні (бокові) зуби додатково піддаються бічному тертю об стінки траншей і можуть зношуватися по бокових гранях. Дослідження розподілу зносу на багатозубому ковші показують, що знос нерівномірний – один чи кілька зуби (наприклад, другий від краю) може втрачати масу швидше за інші [2]. Це пов'язано з геометрією копання: при нерівномірному завантаженні ковша певний зуб може працювати як "найвиступаючий" та контактувати з ґрунтом інтенсивніше. Практично це вирішується перестановкою зубів місцями під час планового огляду (щоб вирівняти знос) або застосуванням диференційованих за формою зубів – наприклад, бічні зуби роблять товщими і міцнішими, оскільки вони часто зношуються швидше.

Різні матеріали зубів демонструють різну довговічність і надійність в експлуатації. Зносостійкість відображає, наскільки повільно матеріал спрацьовується (тобто скільки породи може розробити зуб до затуплення або критичного зносу). Надійність означає стійкість до поломок – здатність матеріалу витримувати удари та навантаження без утворення тріщин і відколів. Як правило, існує компроміс: найтвердіші матеріали (найбільш зносостійкі) є найменш в'язкими, тобто крихкішими.

Найбільш збалансованими матеріалами є леговані сталі та ADI-чавуни – вони забезпечують одночасно високий опір зносу і достатню опірність ударам. Високохромні чавуни значно перевершують сталі за абразивною стійкістю, але ризик крихкого руйнування обмежує їх застосування переважно умовами без сильних ударів. Високомарганцеві сталі навпаки, винятково витривалі проти ударів, але програють за швидкістю стирання у піщано-абразивних середовищах (якщо не відбувається належного наклепу). Окрім вибору матеріалу, ресурс підвищують конструктивні та технологічні рішення: наприклад, композитні зуби з твердим вставним наконечником показали збільшення ресурсу на ~50% порівняно з цільнометалевими. Також ефективним є наплавлення твердим сплавом – наприклад, покриття наконечника зносостійким шаром карбідів дає змогу зменшити інтенсивність зношування в 2-4 рази.

Сучасні форми зубів проектують таким чином, щоб при зношуванні вони самозагострювались. Це досягається оптимізацією внутрішнього профілю та твердості різних зон. Наприклад, зуби Volvo мають спеціальну геометрію і розташування матеріалу, що забезпечує самозагострюваність – зуб зберігає форму клина упродовж всього строку служби. Подібно, у системах John Deere, West-Trak та ін. всі типи зубів сконструйовані так, щоб під час зносу утворювалася нова ріжуча крайка, і нема потреби розвертати чи перевстановлювати зуби. Наукові дослідження підтверджують ефективність такого підходу, зокрема було спроєктовано зубець складеної конструкції зі сталі Hardox, що мав самозагострювану геометрію, завдяки чому залишався гострим і працював щонайменше вдвічі довше за традиційні литі зуби. Отже, правильно вибраний дизайн може підтримувати оптимальний кут атаки протягом більшої частини ресурсу зубів.

Для збереження форми зубів важливий належний догляд і техніка роботи:

не слід допускати повного сточування і "розплющування" наконечника – зубець краще замінити або наплавити до того, як кут стане надто тупим (зазвичай коли втрачено ~50% початкової довжини). Вчасна заміна підтримує ефективність копання і знижує навантаження на машину;

- рекомендується періодично переставляти зуби (між різними позиціями на ковші), якщо це можливо, щоб вирівняти їх зношування. Наприклад, найбільш затуплені середні зуби можна поміняти місцями з крайніми – це вирівняє кути атаки;

- оператор повинен дотримуватися правильного кута входження ковша в ґрунт. Якщо ківш занадто задертий або, навпаки, нахилений, зуби будуть зношуватися нерівномірно – утворюються "зносні фаски", що псують геометрію різальної крайки. Оптимальний кут врізання дозволяє всією площиною ріжучої грані працювати рівномірно;

- своєчасне усунення люфтів у кріпленні зубів (замінюваних пальців, стопорів) теж опосередковано впливає на кут атаки. Розхитаний зуб може відхилятися під навантаженням і сточуватися під нетиповим кутом. Тому при техогляді треба підтягувати або міняти зношені кріплення, щоб зуб сидів щільно.

Дотримання цих рекомендацій дозволяє максимально зберегти профіль зубів наближеним до проектного, тим самим підтримуючи ефективність врізання в ґрунт. В результаті екскаватор витрачає менше енергії на копання, а самі зуби служать довше до досягнення граничного ступеня затуплення.

Коли зуби зношуються або пошкоджуються, існує кілька підходів до їх відновлення, що дозволяють продовжити строк служби і зекономити на придбанні нових. Сучасні технології ремонту зосереджені на наплавленні зносостійких матеріалів та повторній термічній обробці, а також на вдосконаленій конструкції змінних елементів.

Наплавлення (хардфейсинг). Це нанесення на зношену частину зуба шару дуже твердого зносостійкого металу (наприклад, електродами з високовуглецевого хромистого сплаву або порошковою наплавкою карбідів). Наплавлення дозволяє відновити геометрію зуба (процедура build-up) і одночасно значно зміцнити його поверхню проти стирання (процедура overlay) [5]. Правильно виконане наплавлення може повернути навіть сильно спрацьований зуб до майже нового стану за 25-75% вартості нового зуба, і при цьому продовжити його ресурс на 200-300% [5]. Наприклад, наплавлення шару твердого сплаву на робочу поверхню високоманганцевого зуба здатне знизити знос до 1/6 від початкового (тобто ресурс збільшується в ~6 разів) [6]. Важливо враховувати матеріал основи при наплавленні: низьколеговані сталі і м'які марганцеві сталі добре піддаються наплавленню, тоді як високовуглецеві сталі потребують підігріву і повільного охолодження, щоб не утворювалися тріщини. Технології наплавлення постійно розвиваються – зараз застосовують автоматизоване порошкове наплавлення, а також лазерне наплавлення (лазерна наплавка), яке забезпечує тонкий прецизійний шар з металургійним сплавленням з основою та мінімальною зоною термічного впливу. Це дає дуже тверду і зносостійку поверхню без значного ослаблення сердцевини зуба.

Термічна обробка при ремонті. Після наплавлення або при виявленні ознак втрати твердості зуб може піддаватися повторному загартуванню і відпуску. Термічна обробка відновлює мартенситну структуру в зоні ремонту і знімає залишкові напруження. Наприклад, великий зубець після нарощування металу може бути прогрітий і загартований, щоб наплавлений шар набув максимальної твердості, а перехідна зона – достатньої в'язкості. Крім того, виробники практикують покращення серійних зубів термічними методами: поверхневе зміцнення (індукційна загартування носка зуба) підвищує ресурс без значного погіршення ударної міцності.

Заміна зубів. Незважаючи на існування методів ремонту, найпоширенішим рішенням залишається повна заміна зношених зубів на нові. Конструкція сучасних зубів передбачає швидку заміну – зуб кріпиться до адаптера за допомогою фіксуючого штифта або клина без зварювання. Це дозволяє оперативно міняти окремі елементи навіть в полі. Зазвичай парк машин має запасні комплекти зубів, і як тільки зуб стає непридатним (чи то через знос, чи то через скол), його збивають з адаптера і ставлять новий, забезпечуючи безперервність робіт.

Багато підприємств, щоб знизити витрати, відновлюють великі зубів (напр. для гірничих екскаваторів) шляхом наплавлення твердими сплавами

по кілька циклів – поки базовий корпус зуба не втратить міцність. Практика показує, що комбінуючи наплавлення і правильну термообробку, можна многократно продовжити життя дорогих деталей: наприклад, відновлений наплавленням зуб може служити додатково 50-100% від початкового ресурсу при кожному відновленні. Однак існує межа, коли внутрішні тріщини чи втома металу роблять подальший ремонт недоцільним – тоді зубець повністю замінюють. Отже, методи відновлення зубів ковша – наплавлення, термообробка, своєчасна заміна – дозволяють суттєво підвищити ефективність і економічність експлуатації землерийної техніки. Завдяки їм підтримується оптимальна форма різальних елементів і мінімізуються простої через поломки обладнання. У поєднанні з правильним вибором матеріалу та конструкції нового зуба, ці заходи забезпечують максимальний термін служби робочих органів екскаватора при найменших витратах.

Список використаних джерел

1. Bucket Teeth Supplier. URL: https://www. investmentcastingpci. com/bucket-teeth/#:~:text=The%20most%20used%20materials%20for,They%20have%20their%20own%20characteristics

2. Menderes Kalkat, Mehmet Bahad?r, Furkan Y?lmaz. The determination of the working life of backhoe-loader bucket teeth showing abrasive wear under the effect of dynamic loads. Ni?de ?mer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences. 2023; 12(4), 1499-1507.

3. Zhengxing Dong, Feng Jiang, Yuanqiang Tan, Fuzeng Wang, Rong Ma, Jiawen Liu. Review of the Modeling Methods of Bucket Tooth Wear for Construction Machinery. Lubricants. 2023, 11, 253. https://doi. org/10. 3390/lubricants11060253.

4. Jamal Choudhry. A study of wear and load behaviour on bucket teeth for heavy-duty cable shovels. Lule?a: Lule? University of Technology. 2020. 70 p. DOI:10. 13140/RG. 2. 2. 16335. 71848.

5. Hobart Brothers. Hardfacing Can Keep Equipment In Service Longer. URL: https://www. hobartbrothers. com/resources/technical-articles/hardfacing-can-keep-equipment-in-service-longer/#:~:text=Build,worn%20by%20impact%20or%20abrasion.

6. Zhongxin Wang, Long Sun, Dong Wang, Bo Song, Chang Liu, Zhenning Su, Chaobin Ma Xiaoyong Ren. Abrasive Wear Properties of Wear-Resistant Coating on Bucket Teeth Assessed Using a Dry Sand Rubber Wheel Tester. Materials. 2024, 17, 1495. https://doi. org/10. 3390/ma17071495

М. І. Денисенко

ВСП "Немішаївський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України,

О. С. Дев'ятко

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

ОСОБЛИВОСТІ НАПЛАВЛЕННЯ І НАПИЛЮВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА РОБОЧІ ОРГАНИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Вступ. Відмінною особливістю сучасного машинобудування є широке використання методів інженерії поверхні, що дозволяють радикально змінювати властивості поверхневих шарів конструкційних матеріалів. Це зв'язано, насамперед всього, з тим, що поверхневий шар, як правило, відповідальний за забезпечення працездатності машин, і формує необхідний рівень експлуатаційних властивостей.

Виклад матеріалу. Враховуючи об'єктивні причини зносу деталей і робочих органів, наявність на більшості їх ріжучої крайки, та необхідність збереження заданих геометрії і розмірів на протязі всього терміну їх служби, можливо стверджувати, що їх зміцнення, захист від суттєвого впливу оброблюваних матеріалів і факторів зовнішнього середовища, завжди являються актуальними завданнями. Тому для підвищення терміну служби деталей, їх виконують з більш зносостійких матеріалів, або різні методи зміцнення.

Багаточисленні випробування серійних робочих органів лемішних плугів показують, що середній наробіток на відмову долотоподібних лемішів в залежності від видів ґрунтів та їх фізичного стану становить від 5 до 20 га, грудин відвалів – від 10 до 100 га, крил відвалів – від 40 до 270 га, польових дощок – від 20 до 60 га [1]. За даними досліджень [2], при спрацюванні леза плужного леміша до 5-7 мм (за товщиною), нерівномірність глибини ходу досягає 62-68%, тяговий опір зростає до 153-156%, витрати пального зростають до 125-138%, а продуктивність орних агрегатів зменшується до 52-59%. Для приготування кормів і подрібнення стеблових кормів у нашій країні та за кордоном, наприклад, у Франції, США, Німеччині, використовують різні машини, котрі конструктивно можливо поділити на три групи: штифтові, що руйнують матеріал за принципом розривання та розщеплення (ИГК-30Б, R 48 M); ножові, що подрібнюють матеріал за принципом різання (ФН-1,4, РСС-6, GH 500); і молоткові, що подрібнюють стеблові корма шляхом удару та стирання (ДБ-5, КДУ-2,0, БМК-1,5, ИРТ-165, Рото-Грінд, ДЗМ-0,8, ДДМ-5, МКУ-1,5, МКУ-3).

Отримані результати експлуатаційних випробувань, доступності процесу електродугового наплавлення порошковими дротами ВЕЛТЕК – Н650 (Н634), невеликих витрат на матеріали і робочий час [4], прийнято рішення про доцільність використання даної технології при ремонті робочих органів сівалок та культиваторів, що працюють в умовах ґрунтів Словаччини. Наплавлення виконували в один шар у межах 2,5 – 4 мм товщини покриття.

Дугове точкове зварення (ДТЗ) плавким електродом – порошковим дротом (Flux cored wire), вказаний спосіб зварювання, розроблений науковцями Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, ще не знайшов належного розвитку і використання. [1,2,3]. У представлений роботі здійснено нанесення точкових зносостійких покриттів на робочі органи ґрунтообробної техніки та комбікормового обладнання (*рис. 1, рис. 2*). За звичаєм (ДТЗ) здійснюється серійними напівавтоматами шляхом включення – виключення подавання порошкового дроту ПП-АН170, ПП-АН170М, ПП-АН170М2, ПП – АН148. За такого виконання точкового зварювання, якість та стабільність розмірів точкових покриттів визначається кваліфікацією зварника та його втомою. Форма точки зміцнення має вигляд сферичного сектору або шарового сегменту різного об'єму.

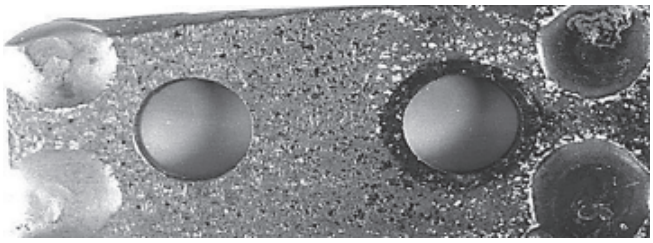


Рис. 1. **Точкове покриття молотка кормодробарки. Наробіток на одну грань 500…600 тон продукту**

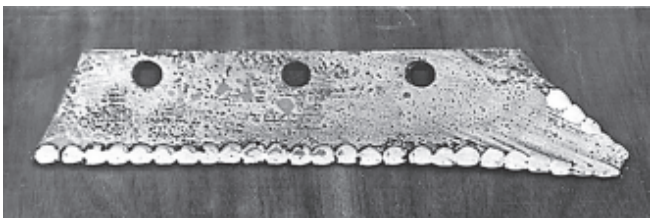


Рис. 2. **Точкове покриття леміша плугу. Наробіток – 39 га**

В залежності від товщини деталей і діаметру електродного дроту параметри крапки зміцнення після ДТЗ можуть бути такими: швидкість подавання порошкового дроту 30…700 м/год, сила зварного струму 150…500 А, напруга на дузі 30…50В, тривалість зварювання 1,5…3,0 сек., пробивна напруга 4000В…8000В, діаметр порошкового (електродного) дроту 2,2…3,2 мм, мідь червона водо охолоджуюча марки М1,М2, високої чистоти. Металографічний аналіз показує, що наплавлений метал характеризується відсутністю тріщин, пор і шлакових включень (*рис. 3*).

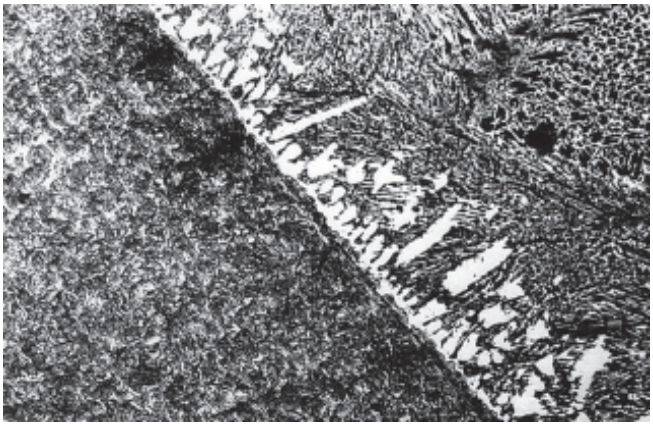


Рис. 3. **Мікроструктура крапкового покриття х 320**

Карбід бору, що практично не розчиняється у твердих розчинах заліза, може також утворювати евтектики, а також бориди Fe, Ni, Cr, Ti у відповідності з їх концентрацією у металевому розплаві та ступеневою здатністю утворювати боріди цих елементів. Мікроструктура основного металу – мартенсит з малою кількістю залишкового аустеніту. Боріди розподілені по границям зерна, дають твердість та зносостійкість. Мікро плазмове порошкове наплавлення робочих граней молотків (ножів) комбікормового обладнання здійснювали на установці МПУ – 4 (рис. 1.). Джерело живлення і плазмотрон забезпечує утворення аргонової плазми у вигляді голки. Режими мікро плазмової обробки наступні: сила струму – 55 А; температура у зоні горіння аргонової дуги – близько 5000 С. Плазмо утворюючими газами є аргон, а захисними використовували аргон, гелій або їх суміші. [3]. Можливе розширення технологічних можливостей мікро плазмового порошкового наплавлення присаджувальним дротом – ПП– АН148 – багатошарове наплавлення і наплавлення суміжних крапок. [3]. Фазовий склад % порошкового дроту ПП – АН170: матриця 70-60М – мартенсит; фаза зміцнення: 30-40 (карбіди), Б (боріди); 1,4-2,5 С, 10-25 Cr, Mn,B, Ni, Si, Nb. У структурі порошкового дроту розподілені включення карбіду бору, що зменшують величину зношування поверхні тертя. Боріди і карбіди являються більш твердими і менше крихкими, ніж нітріди, вони мають більш високу температуру плавлення, але менш стабільні (матеріали з високими значеннями вільної енергії Гібса), мають більш низькі значення коефіцієнту термічного розширення, більшу адгезію до металевих підкладок, і здатністю до взаємодії з іншими елементами. Покриття, отримані після наплавлення, не мають пор, високі значення модуля пружності і міцності на розривання. Відновлювальне наплавлення при цьому забезпечує також отримання нових властивостей поверхонь тертя: корозійної, ерозійної, кавітаційної зносостійкості, жаростійкості.

Висновки. В процесі точкового зміцнення (крапкове покриття) формується композиційна структура, що забезпечує підвищення твердості та зносостійкості, і можливо утворення ефекту самозагострювання леза робочого органу.

Найбільш доцільно здійснювати ремонт використанням механізованого зварювання і наплавлення порошковим дротом у захисному газі та відкритою дугою. При виборі покриття, що контактують з конструкційними матеріалами, з ціллю їх мінімальної адгезійної взаємодії, найбільш доцільно використовувати з'єднання з ковалентним і іонним сполученням, надаючи перевагу борідам і карбідам. Маса матеріалу, котрий наноситься у процесі наплавлення, невелика і складає приблизно 2-6% маси від самої деталі, що призводить до високої економічної ефективності наплавлення.

Список літературних джерел

1. Терещенко В. И. Особенности дуговой точечной сварки плавящимся электродом в углекислом газе / В. И. Терещенко, А. Н. Шаровольский, К. А. Сидоренко, В. А. Трошин, Ю. И. Сапрыкин // Автоматическая сварка. Киев. – 1983. – №9 (366). – С. 51-53.

2. Клюенко В. Н. Точечное упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин / В. Н. Клюенко, В. П. Балан // Тракторы и сельскохозяйственные машины – 1989. – №11. – С. 54-57.

3. Яровицин О. В. Мікро плазмове порошкове наплавлення жароміцних нікелевих сплавів з вмістом – фази 45…65%. Автореф. Дис. канд. техн. наук. – Київ.: ІЕЗ ім. Є. О. Патона, 2009. – 21 с.

4. Ю. Муска. Стендовий доклад на Міжнародній конференції "Сучасні технології з'єднання матеріалів" м. Київ. // Ю. Муска, Р. Павол, А. Голякевич, Л. Орлов., Опыт применения износостойкой наплавки рабочих органов сельхозтехники, эксплуатируемой в условиях ґрунтов Словакии. К.: Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, 31 травня – 2 червня 2021 р. (1-6) стор.

М. І. Денисенко

ВСП "Немішаївський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України,

О. С. Дев'ятко

Національний університет біоресурсів і природокористування України.

ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВО ЗМІЦНЕНИХ ШАРІВ НА СТАЛЯХ МЕТОДАМИ, ЗАСНОВАНИМИ НА НАСИЧЕННІ БОРОМ

Вступ. Відомо, що суттєво підвищити терміни експлуатації деталей і елементів машин можливо шляхом формування на їх поверхні шарів або покриттів, що мають високий рівень потрібних властивостей – твердості, зносостійкості, жаростійкості, корозійної стійкості. Це пояснюється тим, що поверхневі шари деталей при експлуатації навантажені більш інтенсивніше, ніж серцевина, і, відповідно, утворені напруження на поверхні мають максимальні значення, що призводять до втрати працездатності як поверхневого шару, та всієї деталі. Універсальних технологій зміцнення, на жаль, не існує. У наукових працях українських і закордонних дослідників відмічається ефективність насичення сталі бором сумісно з іншими елементами. Для цих цілей використовується вуглець, титан, хром, магній, молібден, вольфрам. Борування сталевих деталей військової і цивільної техніки (подвійного призначення) представляє собою дифузійне насичення бором поверхневого шару [1, 2]

Дифузійне насичення бором поділяють за технічними ознаками, температурою проведення процесу, фазовим складом і структурою. Зважаючи на технологічні особливості процесу розрізняють борування у порошкових сумішах, газових і рідких (електролізне, рідинне без електролізне) середовищах, із паст і суспензій. Як правило, підвищення абразивної зносостійкості деталей вирішується шляхом використання твердосплавного наплавлення або напилювання металокераміки.

Матеріали і методи. Як показує практика, найбільш перспективним і технологічно прийнятним методом зміцнення швидкозношуваних деталей сільськогосподарської техніки і знарядь являється борування. Процеси борування використовуються у промисловому виробництві для підвищення зносостійкості деталей і інструментів, працюючих у різноманітних умовах. Щоби представити сучасний стан процесу борування, необхідно дати класифікацію, яка розглядає процес за різними критеріями:

- механізм утворення насичуючих атомів бору;
- технологічні ознаки, що включають всі відомі розробки;
- фазовий склад і структура;
- температура проведення процесу та його призначення.

Боровані шари на основі боридів можуть бути компактними або некомпактними. Технологія отримання різних за властивостями та цільовим призначенням борованих шарів поділяється на високотемпературне (ВТБ) – 900–1100 °С, середнє температурне (СТБ) – A_c -900 °С та низькотемпературне

(НТБ) – 550 °С насичення (де – A_{c1} – довідкова критична температура для конкретної сталі). У кожному інтервалі, як правило, використовуються свої певні склади і технологічні прийоми.

Результати та обговорення. Найбільш перспективним для використання являється процес рідинного без електролізного борування, котрий дозволяє у широких межах конструювати одно– і багато зонні структури поверхневого шару та надавати задані властивості серцевині (від відпаленого до загартованого стану). Опір поверхні матеріалу впливу зовнішнього середовища при експлуатації залежить від її електрохімічної гетерогенності, від наявності щільних захисних вторинних структур, що утворюються у процесі тертя, і від виду зовнішнього середовища. З точки зору, корозійного впливу борованих шарів з зовнішнім середовищем, найбільш прийнятною являється однофазна структура. З точки зору зношування борованих деталей за абразивного і граничного тертя ковзання кращі властивості мають деталі з компактною структурою (характерною структурою борованих шарів на залізі і сталях на основі фаз FeB + Fe_2B або тільки фази Fe_2B) борованих фаз.

Газове борування – цей метод вважається більше вдосконалим методом насичення бором. Борування здійснюється в активному газовому середовищі, і при більш низьких температурах 800–850 °С протягом 2-6 год, і дозволяє отримати борований шар товщиною 50-200 мкм. Газове борування відбувається за допомогою суміші диборану $B_2 H_6$ і водню, коли зразки нагрівають у струмі водню, і подають у реактор робочу суміш.

Поверхневе зміцнення зразків зі сталі 45 здійснюється у боровмісних сумішах. Досліджено вплив процесу борування на структуру та експлуатаційні властивості деталей шарнірних з'єднань пруткових елеваторів, і трясильного механізму картофеле збиральних машин ККУ-2, УКВ-2, КСТ-1,4. Ці деталі в основному визначають експлуатаційну надійність та довговічність машини у цілому. Деталі, що підлягали боруванню, були виготовлені зі сталей 20, 35, 40 та чавуну марки СЧ 18-36. Перед боруванням деталі підлягали дробо струменевої обробці з ціллю видалення окалини, продуктів корозії.

З усього різноманіття структур борованих шарів [1-3] практичний інтерес викликають однофазні боровані шари (Fe_2 B) і двофазні (Fe B +Fe_2 B). В якості боровмісних сумішей були вибрані: 1) 99% (60% $Al_2 O_3$ + 40% [95% (45% Al +55% $B_2 O_3$) +5% Cr_2O_3] +1% LiF; Структуру дифузійних шарів визначали шляхом травлення полірованих зміцнених поверхонь 3% розчином азотної кислоти в етиловому спирті. Мікротвердість борованих шарів і серцевини вимірювали на мікротвердомірі ПМТ-3.

У якості контртіла була швидкоріжуча сталь Р8М5 загартована на твердість 65 HRC. Знос борованого покриття визначалася ваговим методом на електронних вагах. Навантаження і швидкість я вибрали за умов реалізації граничного тертя. Дослідження мікроструктури до і після випробувань проводили на мікроскопі NEOFOT – 21; субмікроструктуру вивчали на растровому електронному мікроскопі РЕМ– -1061. Підвищення питомого навантаження у діапазоні 12-25 МПа призводить до істотної зміни коефіцієнта тертя та інтенсивності зношування, що є відображенням процесів, які розвиваються на контактуючих поверхнях.

У цих умовах тертя на робочих поверхнях двофазного покриття утворюють макро тріщини, що сприяють сколювання їх частинок, які, потрапляючи в зону тертя, стимулюють абразивне зношування в зв'язку з тим, що вони мають високу твердість. Пластичність борованих шарів представляє собою сукупну характеристику, котра залежить від механічних властивостей і взаємодії структурних складових дифузійного шару, від властивостей металу основи.

Так, наприклад, у результаті підвищення твердості під шару з 20 HRC до 42 HRC, зносостійкість борованого шару деталей зростає навіть у 1,5 рази. Особливістю будови дифузійного борованого шару на порошковому матеріалі, являється підвищена поруватість у шарі Fe_2B, і перехідній зоні, що прилягає до нього. Крім того, спостерігається більш глибоке проникнення бору та утворення у перехідній зоні розділених дрібнодисперсних (5–10 мкм) борідних фаз.

Перехідна зона на межі з основою представляє собою твердий розчин бору у – залізі. ЇЇ структура, глибина і склад визначають, зокрема, характер розподілення залишкових напружень, міцність зв'язку борованого шару з основним металом, схильність його до крихкого руйнування, умови утворення та розвитку втомних тріщин, можливість продавлювання шару та інші параметри, тому при виборі сталі, і режиму борування, необхідно враховувати особливості формування структура перехідної зони. При насиченні у різних боровмістких середовищах, у залежності від умов насичення утворюються боровані шари, що суттєво відрізняються за своєю будовою. Можливо утворення наступних структурних типів боридів:

- з ізольованими атомами бору – Cr_2B, Ni^2 B;
- з ланцюгами з атомів бору – CrB, FeB, MoB;
- зі подвійними ланцюгами з атомів бору – Ti_3 B^4, Cr^3 B;
- з сітками з атомів бору – AlB_2, Mo_2 B_5;
- з каркасом з атомів бору – CrB_4.

З'єднання бору, такі як карбід бору, кубічна модифікація нітриду бору (боразон і кубоніт), і гексагональна вюрцитна модифікація нітриду бору (гексаніт), використовуються у промисловості, у якості абразивних матеріалів від їх високої твердості. Для сталей, зокрема, має велике значення, співвідношення глибин зовнішнього шару фази FeB, і внутрішнього, що прилягає до основного металу шару фази Fe_2 B (*рис. 1*).

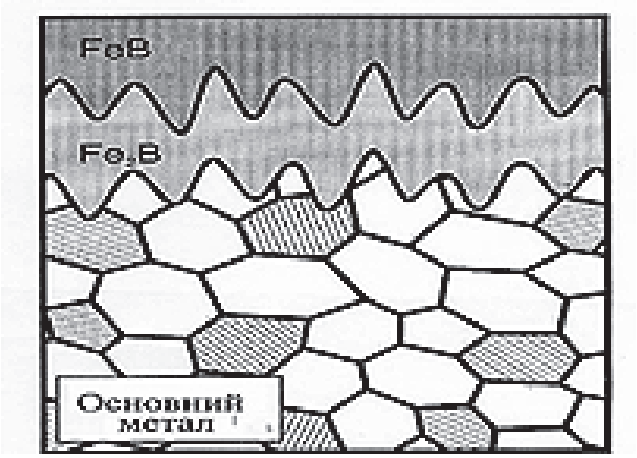


Рисунок 1. **Будова борованого шару, сформованого за дифузійним механізмом**

Найбільш часто при боруванні утворюються шари двох типів: однофазні (Fe_2 B) і двофазні (FeB + Fe_2 B). В однофазних покриттях, що складаються з боріду Fe_2 B, розподілення мікро напружень найбільш сприятливе, тоді як у двофазних покриттях (FeB +Fe_2 B) можливо різкий перепад напружень на між фазній границі. Причому напруження, що утворюються у фазі FeB, являються розтягненими, тоді як у фазі Fe_2 B – стискуючими. Властивості борованих покриттів слабко залежать від способу, за котрим вони отримані, але у значному ступені визначаються основними технологічними параметрами процесу: активністю насичуючого середовища, температурою та тривалістю насичення, швидкістю охолодження після борування. Дифузія бору у поверхню сталі призводить до утворення шару зі зазубреною границею, яка з'єднується з основним металом або перехідною зоною.

Висновки. Результати випробувань показують чотирьох кратне підвищення абразивної зносостійкості борованих шарів у порівнянні з загартованими, азотованими, і після карбонітрації. Це пояснюється тим, що твердість борованого шару HV>2200 вище твердості абразивних часток Al_2 O3 (HV=1850 – 1950) [4]. Зношування борованої поверхні відбувається повільно за механізмом ковзання. Проведені дослідження абразивного зношування борованих шарів з різною структурою показали, що максимальну зносостійкість мають дво фазові шари, а мінімальну – шари з псевдо евтектичною структурою, що узгоджується з їх твердістю.

Список використаних джерел

1. М. І. Денисенко Дослідження механізму зношування боридних покриттів в умовах граничного тертя / М. І. Денисенко. Науково-технічний журнал. Проблеми тертя та зношування. Київ. НАУ. 2018, №3 (80). С. 36-40

2. Лабунець В. Ф. Триботехнические характеристики порошковых материалов на основе железа после борирования / В. Ф. Лабунец, Н. И. Денисенко, Г. Г. Голембиевский: Київ. НАУ. 2017, №3 (76). С. 81-86.

3. Лабунец В. Ф. Износостойкие боридные покрытия / В. Ф. Лабунец, Л. Г. Ворошнини, М. В. Киндрачук. – К.: Техніка, 1989. – 158 с.

4. Самсонов Г. В., Борисова А. Л. и др. Физико-химические свойства окислов: Справочник. М.: Металлургия, 1978. 472 с.

Serhii Dobranskyi,
Zhytomyr Agricultural Vocational College.

METHODS OF INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE WORKING BODIES OF AGRICULTURAL MACHINERY

Increased productivity of machines, higher speeds of tillage operations and forces exerted on individual parts and components, as well as more complicated operating conditions, increase the requirements for reliability of machinery. These changes are especially noticeable for the working members as the most critical parts that are in direct contact with the soil being cultivated.

According to operational data, the service life of serial ploughshares before the first repair, depending on the operating conditions, does not exceed 3. 5... 8 hectares, and after each repair it decreases by 20... 40%. In this regard, there are large losses of metal due to wear and tear and the need to produce spare parts. In addition, blunting of the blades reduces the quality of ploughing, increases its energy consumption and increases the consumption of fuel and lubricants.

The main ways to improve the wear resistance of tillage machines include increasing the material thickness of the areas subject to the greatest wear; using replaceable blades; applying volumetric and surface heat treatment; improving the material properties of parts by modifying them with alloying elements; and forming wear-resistant composite materials on the blade surfaces.

Laser treatment and application of composite coatings really help to increase the wear resistance of tillage tools [3]. These technologies create hardened zones on the blade of the tillage implement, which form a 'sawtooth' shape of the blade during operation [4], which leads to a decrease in traction resistance. It was also found that laser heat treatment can reduce the wear rate of the nose areas of parts by 1. 3-1. 4 times compared to bulk heat treatment, and the use of

PS-14-60 alloy surfacing with the addition of 6 % B4 C can reduce the wear rate by 1. 7-1. 8 times compared to the basic induction surfacing technology [1]. The use of laser hardening technologies restrains the increase in traction resistance in the process of soil cultivation.

The development of modern agricultural machinery raises the problem of increasing the wear resistance of structural steels under sliding friction in a mass of loose abrasive [1].

One of the ways to solve this problem is to use the methods of hardening technology. Among the variety of such methods, a significant role belongs to electrical discharge hardening, which has been known since the 40s and 50s of the twentieth century.

The essence of electrical discharge machining is to change the shape, size, roughness and properties of the steel surface under the influence of an electric discharge [2]. The physical phenomena and processes observed during such treatment were studied by B. R. Lazarenko, N. I. Lazarenko, V. E. Avramenko, V. P. Aleksandrov, Y. A. Geller, B. M. Zolotykh, M. M. Pisarevsky, N. K. Foteev, M. O. Vasilenko and others.

It has been established that the properties of the surface layer change significantly as a result of electrical discharge machining, but these properties have not been fully determined. Due to the powerful thermal effect of the release of electrical energy in the process of electrical discharge machining, the working fluid decomposes. Some of its elements penetrate the surface layer of the workpiece, diffuse into it and form chemical compounds with the material being processed.

List of used sources

1. Dvoruk V., Borak K., Buchko I., Dobranskiy S. Destruction of Strain Hardened Steel Upon Abrasive Wear. Journal of Friction and Wear, 2021, 42(3), pp. 178-184.

2. Дворук В. І., Борак К. В., Добранський С. С. Підвищення зносостійкості конструкційної сталі при терті ковзання в масі незакріпленого абразиву методом електроерозійної обробки. Журнал Проблеми трибології (Problems of Tribology) 2014, № 4. С. 91-95.

3. Пат. 142715 Україна, МПК G01N3/56 Установка для дослідження зносостійкості матеріалів / І. О. Бучко, В. І. Дворук, К. В. Борак, С. С. Добранський – заявник І. О. Бучко. – u 2019 11856; заяв. 12. 12. 2019; опублік. 25. 06. 2020, Бюл. №12 2020 р.

4. Добранський С. С., Бучко І. О. Електронно-мікроскопічний аналіз поверхні сталі 65г після електроерозійної обробки. Сучасні проблеми землеробської механіки: 2021 рік: матеріали XXII Міжнар. наук. конф. МОН України, 16-18 жовтня 2021р. Київ-Ніжин, 2021. С. 188-191.

М. Л. Заєць к. т. н., доцент, О. В. Голеніцький,
магістр, Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО АПАРАТА КОРМОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Під час дослідження подрібнювальних апаратів кормозбиральних комбайнів отримували результати, що доводять збільшення ступеня подрібнення від бажаного [1,2,3]. Досліджуючи конструкційно-технлогічні параметри вальцевого подрібнювального апарату, необхідно зауважити, подрібнення відбувається у горизонтальні площині в поздовжньо-горизонтальному напрямку руху подрібнених стебел. Тому ймовірний ступінь подрібнення належатиме від довжини різання барабана та робочого зазору між дисками вальців і положенням матеріалу в потоці маси. Ймовірнісно-хаотичний руху потоку подрібненого матеріалу від різального барабану можна пояснити неоднорідністю обємної маси рослин, різними кінематичними режимами різання, вологістю стебло-листової маси, культурою, що збираться тощо. Звідки слідує, що під час подрібнення матеріалу, який рухаться в паралельному напрямку до площини подрібнення (обертання вальців апарату), в результаті чого отримаємо подрібнений матеріал різного розміру (*рис. 1.*).

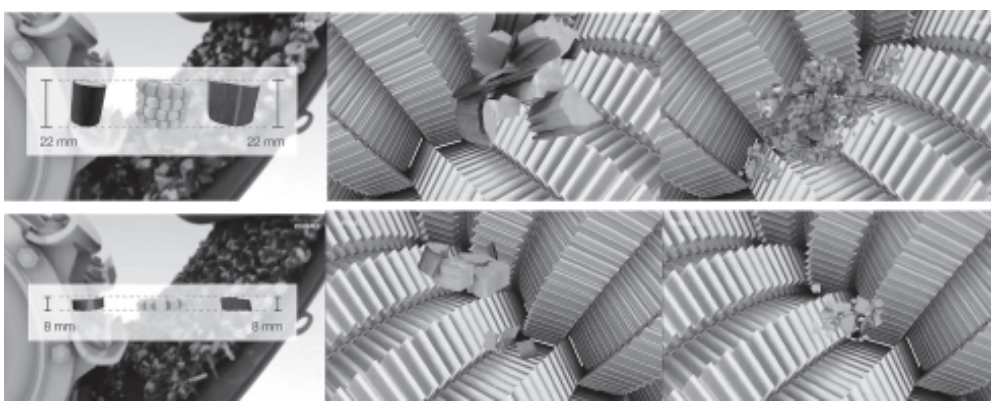


Рис. 1. **Загальний вигляд подрібненої частинки при різні довжині різання**

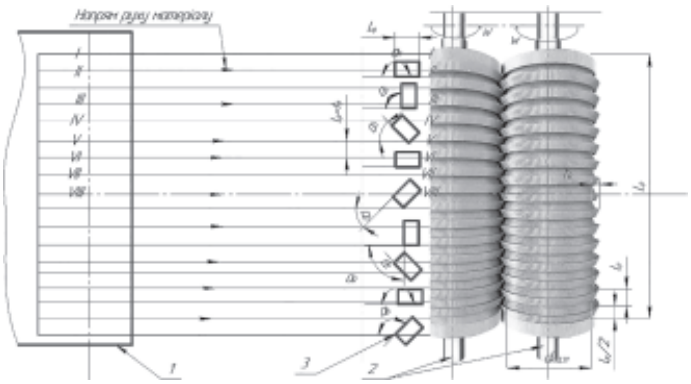


Рис. 2. **Розрахунково-технологічна схема подрібнення часиток маси вальцевим подрібнювальним апаратом**
1 – різальний барабан;
2 – подрібнювальний вальцевий апарат;
3 – частинка матеріалу.

Проаналізуємо розрахунково-технологічну схему подрібнення часиток маси вальцевим подрібнювальним апаратом (*рис. 2.*). Зауважимо, що частинки матеріалу рухаються до вальців хаотично.

Процес подрібнення частинок стебел маси в площинах, I–I, II–II, III–III, IV–IV, V–V, VI–VI, VII–VII, VIII–VIII спрямованих під кутом входження α_o; α_1; α_2; α_3; α_4; α_5; α_6, довжина подрібнення частинок маси змінюється від теоретичної $l_ф = t_p$, (t_p – крок дисків на вальцях) до робочої довжини L_p при поздовжній подачі на диски вальців. Це доводить те, що дійсна, фактична довжина подрібнення фракції частинок після подрібнення, у достаньому значенні коливається від теоретично встановленої, тому ступінь подрібнення стає досить керованим параметром. при розташуванні стебла із кутом α=180° фактична довжина частинок не перевищуватиме теоретичну, оскільки $l_ф = l_p$.

Довжину подрібненяя стеблової маси для вальцевого подрібнювача можна порахувати за формулою [2, с. 55.]:

$$L_n = \frac{60000 V_n}{n_{вал} \cdot z \cdot \sin\left((1-\delta_{час})0.5\pi\right)}, \quad (1)$$

де:

V_n – швидкість подачі маси барабаном, м/с;

$n_{вал}$ – частота обертання вальців, хв-1;

z – кількість дисків на вальцях;

$\delta_{час}$ – коефіцієнт, що враховує кут подачі та положення частинки до площини захвату вальців.

Провівши аналіз моделі (1) потрібно відмітити, що збільшення довжини подрібнення маси частин спостерігаєть по лінійному закону, тому можна ввести розрахунковий коефіцієнт для встановлення розрахункової довжини частинки після подрібнення:

$$L_n = k_{зр} \cdot l_p \quad (2)$$

де:

$k_{зр}$ – коефіцієнт зростання для встановлення розрахункової довжини частинки після подрібнення;

l_p – теоретична довжина частинки після подрібнення вальцевим апаратом.

Звідки

$$; \quad k = \frac{1}{\sin\left((1-\delta)\cdot 0.5\pi\right)} \quad (3)$$

На основі отриманих залежності (1), (3) побудовано графік зміни ступеня подрібнення маси взалежності від кроку встановлення конусних дисків на вальцях подрібнювального апарату (*рис. 3.*). Встановлено, рацональні параметри при, яких отримали оптимальний ступінь подрібнення стеблової маси. При кроці встановлення t_p = 30... 45 мм отримуємо найкрау якість подрібнення з довжиною частинки від 4... 5 мм, що цілком забезпечує зоотехнічним вимогам до соковитих кормів типу силос.

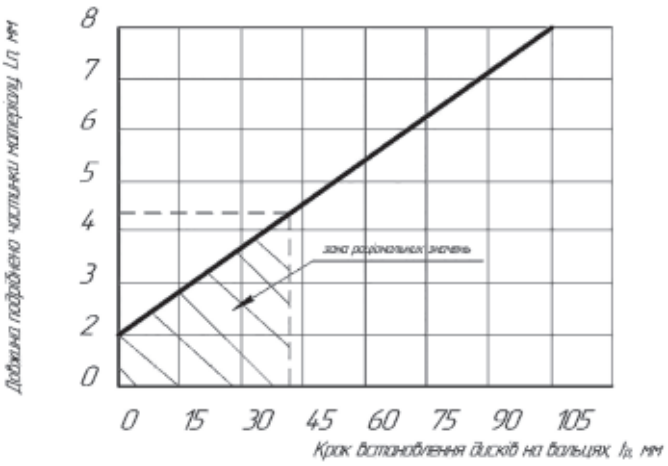


Рис. 3. **Графічна залежність зміни ступеня подрібнення маси взалежності від кроку встановлення конусних дисків на вальцях подрібнювального апарату**

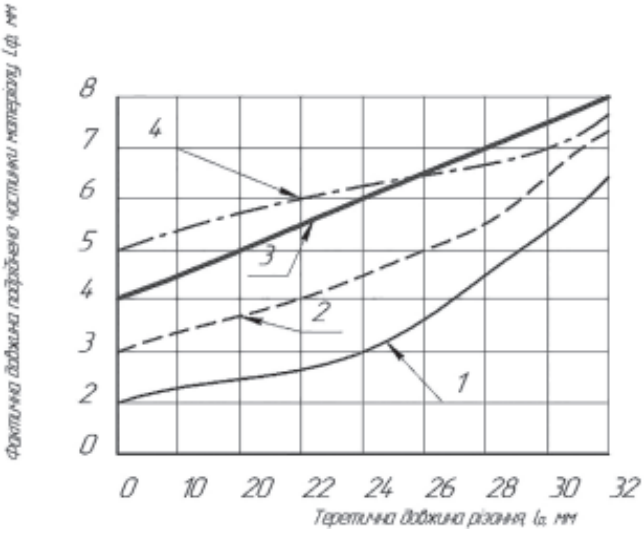


Рис. 4. **Графічні залежності залежності впливу фактичної довжини подрібнення маси $l_ф$ від теоретично довжини різання l_p при різних кутах входження частинки:**
1– $\alpha_в$ = 15°; 2 – $\alpha_в$ = 20°; 3 – $\alpha_в$ = 25°; 4 – $\alpha_в$ = 30°

Висновки. Подрібнення маси відбувається у горизонтальні площині в поздовжньо-горизонтальному напрямку руху подрібнених стебел. Тому ймовірний ступінь подрібнення належатиме від довжини різання барабана та робочого зазору між дисками вальців і положенням матеріалу в потоці маси.

Встановлено, рациональні параметри при, яких отримали оптимальний ступінь подрібнення стеблової маси. При кроці встановлення tp = 30... 45 мм отримуємо найкрау якість подрібнення з довжиною частинки від 4... 5 мм, що цілком забезпечує зоотехнічним вимогам до соковитих кормів типу силос.

Можна стверджувати, що величина кута входження частинки, довжина різання маси стебел барабаном та крок встановлення дисків на вальцевому подрібнювачі прямопропорційно впливають на фактичну довжину подрібненого матеріалу кормів.

Список використаних джерел

1. Комбайни John Deere серія 8000 електронний ресурс:https://agroprof. com/uploads/2017/06/8100-8200-8400-8500. pdf.
2. Сисолін П. В., Рибак Т. І., Сало В. М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. К.: Урожай, 2002. 364 с.
3. Сисолін П. В., Сало В. М., Кропівний В. М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. К.: Урожай, 2001. 384 с.
4. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Том. 2 (ч. 1). Машини для заготівлі кормів. / П. М. Заїка. Х.: Око, 2003. 360 с.

Serhii Dobranskyi,
Zhytomyr Agricultural Vocational College.

WAYS TO INCREASE THE WEAR RESISTANCE OF TILLAGE MACHINES

The working bodies of tillage machines are mainly subject to abrasive wear as a result of friction of the surfaces of parts. The work of a number of scientists has established the nature of abrasive wear and its patterns of abrasive wear. According to these authors, the process of abrasive wear is characterised by microcutting by hard abrasive particles. They have established the laws of wear as a function of hardness and pressure.

During operation, the blade of tillage tools loses its efficiency and performance due to abrasive wear and therefore needs to be restored to eliminate the wear, i. e. to restore its performance and thereby extend its durability.

All known methods of maintaining performance are aimed at reducing the rate of by using more wear-resistant materials or creating self-sharpening blades. As early as 1926, the inventor A. M. Ignatiev proposed a a multilayer blade. This method was used in mechanical engineering, especially after the development of of induction surfacing with powdered hard alloys.

It should be noted that due to the high complexity and cost of hard alloys, they have not yet have not yet found proper application in agricultural production for the restoration of working bodies of agricultural machinery.

To increase the durability of the cutting elements of agricultural machinery (ploughshares, cultivator tines, beet harvester knives, etc.), the latter are subjected to by induction hardening. The disadvantage of this method is that with a decrease in the thickness of the surfacing to 0. 2 mm, the quality decreases due to deformation of the part due to strong thermal effects.

New surfacing methods are being developed: friction hardening, a method of applying wear-resistant tapes made of tool steels. However, they are highly complex and therefore, are not widely used in the restoration of the above-mentioned parts in the repair production.

The study of abrasive wear in conditions simulating the operation of an element in soil, cast steel industrial melting after heat treatment (martensite hardening and tempering at a temperature from 220 to 650 °), it was found that the abrasion resistance of hardened and tempered material correlates with its hardness. With the same hardness of a material improved by heat treatment or or normalised by annealing, cast steel with a ferrite-pearlite structure has a higher abrasion resistance.

Studies have shown that the use of structural wear resistance, the theory of abrasive wear, the use of modern wear-resistant materials and technological methods of strengthening, in most cases, can significantly increase the service life of of machine parts and working bodies. In particular, through the use of calculation and experimental methods of optimising structural parameters, it is technically possible to increase the service life of ploughshares, blades, tines, harrow teeth and other working parts of tillage machines by 2-4 times or more, while reducing specific material consumption by up to 3-5 times. Comparative resource tests of experimental and and production ploughshares have shown that increasing the wear resistance of the toe allows to maintain the original shape and functional qualities of the ploughshare and, thus, significantly increase its service life. According to the results of tests, the

service life of the ploughshares was 55-67 hectares, and the service life of the serial welded ploughshares before rejection was 31-39 hectares. The ploughshares with a reinforced toe did not reach the limit state of wear by the end of the tests reached the wear limit and were suitable for further use. Preservation of the original shape of the ploughshare during its operation, which is achieved by zonal strengthening of the toe and by levelling the wear rate of the toe and blade, allows us to significantly extend the of the ploughshare in width, making fuller use of the metal embedded in the part.

To increase the strength and wear resistance of the boom tines, the method of surface hardening of materials in high-frequency plasma was tested at the Plasma-401 installation. In the discharge chamber of the high-frequency plasma torch, a bundle of quartz rods was introduced into the plasma flow at atmospheric pressure, which evaporated in the high temperature zone and were transported by the plasma flow transported to the surface of the product. The vapour of the material being sprayed condenses on the surface of the product with a thickness of 2-3 mm in three sputtering periods. The time of one period is no more than 15 seconds. To evaluate the increase in the service life of the tines as a result of their surface hardening, comparative field tests of serial and experimental tines were carried out [3]. It was found that the linear wear of serial tines is characterised by a large unevenness along the length of the blade, while the wear of the experimental tines is uniform [1]. The experimental paws have greater wear resistance (up to 1. 5 times) and provide significantly better self-sharpening than the serial paws. The wear of the toe of both serial and experimental blades is 2-3 times higher than their wear along the length of the blade, but the wear of the experimental blades is slightly lower than that of the serial ones.

As a result of freezing surfacing followed by heat treatment on the surface of of 65G steel tillage tools creates a layer of increased wear resistance, the structure and properties of the base metal change due to thermal effects.

Freeze surfacing is carried out from the melt at a temperature above 1273 ° K, which leads to the formation of a coarse-grained structure of the base metal, reducing its operational properties. Comparative tests of loosening tines (65G steel) were carried out of the KShP-8 cultivator confirmed the feasibility of using them after freeze welding quenching in a polymer quenching medium and subsequent medium tempering. It was found that the service life of parts hardened by freeze surfacing with post-blowing heat treatment is on average, 1. 4 times higher than the service life of parts hardened by freeze-deposition without heat treatment. The use of quenching and subsequent tempering to harden parts of agricultural machinery by hardfacing does not require significant capital expenditure [2].

The study of various variants of thermomechanical treatment of ploughshares revealed that after such treatment, the material was characterised by a martensitic structure; differences in the technological process of treatment did not lead to changes in the hardness of the material; with a delay of more than 40 seconds from the moment of completion of the ploughshare formation to the moment of its cooling in water, the impact strength of the material was significantly reduced. Thermomechanical processing of ploughshares can be successfully used instead of heat treatment; a significant increase in impact strength can be achieved by maintaining the correct rhythm of the production process and compliance with technological requirements.

List of used sources

1. Dvoruk V., Borak K., Buchko I., Dobranskiy S. Destruction of Strain Hardened Steel Upon Abrasive Wear. Journal of Friction and Wear, 2021, 42(3), pp. 178-184.

2. Дворук В. І., Борак К. В., Добранський С. С. Підвищення зносостійкості конструкційної сталі при терті ковзання в масі незакріпленого абразиву методом електроерозійної обробки. Журнал Проблеми трибології (Problems of Tribology) 2014, № 4. С. 91-95.

3. Добранський С. С., Бучко І. О. Електронно-мікроскопічний аналіз поверхні сталі 65г після електроерозійної обробки. Сучасні проблеми землеробської механіки: 2021 рік: матеріали XXII Міжнар. наук. конф. МОН України, 16-18 жовтня 2021р. Київ-Ніжин, 2021. С. 188-191.

М. Л. Заєць к. т. н., доцент. О. В. Косянчук студент
Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

УДОСКОНАЛЕНОЇ ПЛОДОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ МПУ – 1А

Плодозбиральна машина МПУ – 1А призначена для збирання плодів зерняткових (яблука), кісточкових (вишня, черешня, слива, абрикос) і горіхоплідних насаджень з дерев, діаметр крони яких не перевищує 6 м. Машина може працювати в промислових садах з шириною міжрядь 5 м і більше на рівнинних місцях і на схилах з ухилом до 80.

Плодозбиральна машина проводить одночасно знімання плодів (шляхом струшування), вловлювання, очистку їх від легких домішок, затарюван-

ня плодів у контейнери або ящики і опускання заповнених контейнерів на ґрунт.

Плодозбиральна машина МПУ – 1А (рис. 1.) представляє собою самохідний агрегат, уніфікований з шасі Т – 16М, від якого взято двигун, трансмісія, кабіна, передній міст. Машина складається із рами, струшувача, поздовжнього і поперечного транспортерів, основної і допоміжної поверхні вловлювача, маніпулятора, вентилятора, площадки для контейнерів, насосної станції, гідравлічної системи, механізму приводу а також паралелограмної підвіски вловлювача.

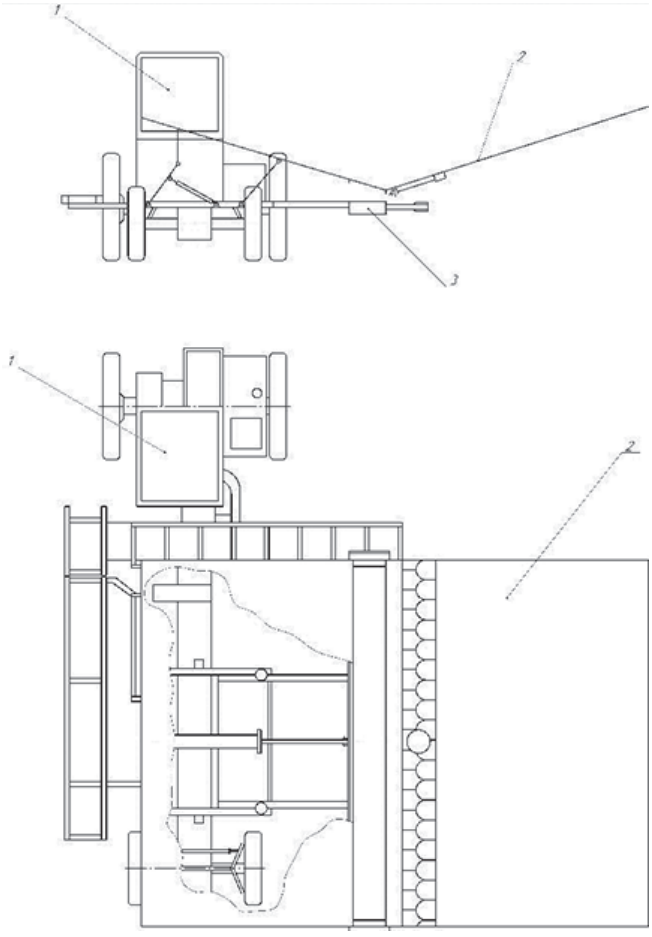


Рис. 1. **Схема вібраційної плодозбиральної машини**
1 – самохідне шасі; 2 – уловлювач;

На рамі машини змонтовані маніпулятор, транспортер поперечний, вентилятор, площадка для контейнерів, насосна станція, паралелограмна підвіска. Одна секція центрального бруса служить баком гідравлічної системи, місткість якого 100 л.

Маніпулятор призначений для горизонтального переміщення транспортера та струшувача, а також для регулювання висоти захвату штамба.

Поперечний транспортер змінної довжини, приймає плоди від транспортера поздовжнього і подає їх в контейнер. Він складається з нерухомої рами, по направляючих якої на роликах переміщається рухома рама, з'єднана з поздовжнім транспортером. Основу транспортера складає ланцюговий контур, перекинутий на ведучі, ведені, натяжні і підтримуючі зірочки і ролики. До ланцюгів прикріплена стрічка таким чином, що утворюються полки на однаковій відстані одна від одної. Привід поперечного транспортера здійснюється від гідромотора.

Площадка для контейнерів призначена для встановлення порожньої тари, заповнення її плодами і спуску наповнених контейнерів на грунт.

Гідросистема комбайна включає гідросистему рульового управління і гідросистему робочих органів, яка складається із двох підсистем: гідросистеми маніпулятора і гідросистеми виконавчих органів. Привід насосів гідросистеми виконавчих органів в обертальний рух приводиться від ВВП шасі через карданний вал і шестеренчасті передачі насосної станції.

Вловлювач (*рис. 2*) складається із підвіски 1 яка може переміщатися у горизонтальній площині на 1 м, основної вловлюючої поверхні 2 яка має проміжок для попадання плодів на поздовжній транспортер, допоміжної вловлюючої поверхні 3, яка також має проміжок для проходження штамба, а щоб не було втрат плодів, проміжок закритий пелюстками, утримувачів 4, які шарнірно закріплені до основної поверхні і можуть відхилятися під дією штамба і повертатися у попереднє положення під дією пружини і утримують допоміжну поверхню вловлювача.

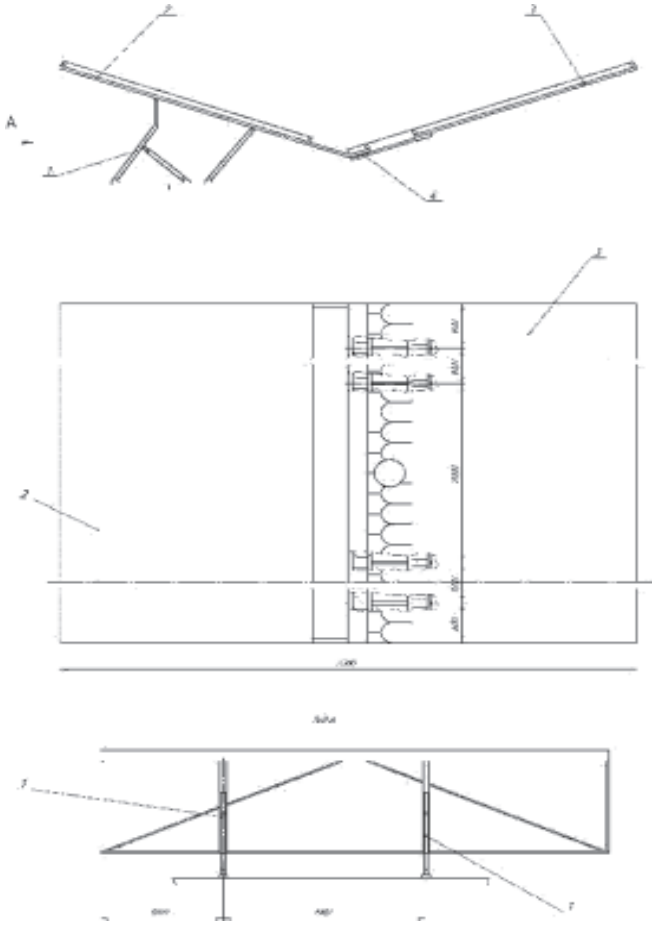


Рис. 2. **Вловлювач плодів**
1 – штамбовий струшувач; 2 – екран;
3 – частина уловлювач, що намотується на барабан;
4 – поздовжній транспортер.

Збирання плодів машиною виконується у такій послідовності: тракторист направляє машину по міжряддю саду так, щоб рядок дерев був напроти проміжку допоміжної поверхні закритого пелюстками. Коли штамб потрапляє у вирізаний у пелюстках отвір машину зупиняють і висувають вібратор разом із поздовжнім транспортером до упору в штамб. Після цього включають привід вібратора та поздовжнього і поперечного транспортерів. Тривалість циклу вібрації і її частота коливань залежить від врожайності дерев, струшування зрілості плодів, стану листя.

Відокремленні від гілок плоди падають на вловлюючі поверхні, що утворенні основною і допоміжною поверхнями, скачуються по них на поздовжній транспортер, яким виносяться на поперечний транспортер, де завантажуються плоди очищаються від домішок потоком повітря від вентилятора.

Після закінчення процесу струшування вібратор з повздовжнім транспортером повертають у вихідне положення, а машина продовжує рухатись по міжряддю до наступного штамба не змінюючи траєкторії руху, де описаний процес повторюються.

Такий процес збирання плодів називають потоково-позиційним.

Удосконалення плодозбиральна машина МПУ – 1А дозволить підвищити продуктивність збирання в середньому до 45-60 дерев за годину.

Запропоноване удосконалення плодозбиральної машини МПУ – 1А не є складним. Воно може бути здійснене у господарстві у межах невеликої майстерні. Для виготовлення запропонованих конструкцій допоміжної поверхні та утримувачів використовувати потрібно полегшені прокати металу.

Список використаних джерел

1. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. М. Барановський та 4н.. За 4н. 4. Д. Г. Войтюка. 2-е вид. перероб. Та доп. К. НУБІП України, 2018. 736 с.

2. Сільськогосподарські машини: електронний підручник Д. Г. Войтюк, В. М. Мартишко, М. С. Волянський та 4н.. ДУ "Науково-методичний центр інформаційно-аналітичного забезпечення діяльності ВНЗ "Агроосвіта" 2018.

М. Л. Заєць к. т. н., доцент В. Я. Куцеруба,
магістр Поліський національний університет

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

На даний час розробляються та впроваджуються технології вирощування сільськогосподарських культур з врахуванням якісного складу засобів виробництва в аграрних підприємствах. Вимоги щодо забезпечення інтенсифікації сільськогосподарського виробництва формуються виходячи з собівартості продукції, поточного рівня зносу машинно-тракторного парку, існуючих примірних цін на мінеральні та органічні добрива і засоби захисту рослин, що складаються на певний період розвитку галузі сільського господарства. [1]

Саме тому метою даної розробки є підвищення ефективності використання ґрунтообробного агрегату шляхом модернізації технологічного процесу культивації ґрунту з одночасним ущільненням та вирівнюванням поверхні.

Виклад основного матеріалу. Аналіз ґрунтообробних котків показав, що основними недоліками існуючих машин є великі енергетичні затрати, низька здатність до утворення мульчі, необґрунтовану масу, режими роботи. Перелічені якісні показники роблять більшу частину машин малопридатною для використання в системі мінімального та біологічного землеробства. Оскільки велике значення має саме передпосівний обробіток ґрунту, то проблема зменшення енергетичних затрат та підвищення якості обробітку ґрунту залишається актуальною. Вирішення цих проблем потребує розробки принципово нових ґрунтообробних знарядь, що за один прохід повністю готують ґрунт до сівби. [2]

Для умов лісостепу найбільш раціонально використовувати планчасті котки. Діаметр такого котка перебуває в межах 230... 380, товщина прутка 8... 16, відстань між прутками 60... 120 мм, кількість їх по колу котка 6... 12. Після проходу культиватора або пружинної борони, обладнаної секціями запропонованих планчастих котків (рис. 1.), ґрунт має дрібнозернувату структуру і щільність 1,1... 1,2 т/м^3. [2]

Фронтально встановлені планки по спіралі в складі котка в основному ущільнюють підповерхневий шар ґрунту на глибині 50... 100 мм, проте недостатньо вирівнюють поверхню поля. Крім того, планчасті котки внаслідок жорсткого кріплення прутків забиваються рослинними залишками і ґрунтом при його підвищеній вологості. Це обмежує застосування на таких полях комбінованих агрегатів, якісна робота яких досягається при вологості 18... 22%. [2].

Ущільнення має бути завершальним етапом передпосівного обробітку ґрунту, оскільки зминає ґрунт до необхідної щільності. Стискання ґрунту викликає в ньому внутрішні напруження опору по-

долання яких призводить до його деформації. При цьому кінцеві деформації утворюють ефект ущільнення. [2]

Коток-розпушувач приєднується до культиватора з допомогою сниці та сталевого пальця. В процесі руху агрегату в робочому чи транспортному положенні в місці з'єднання котка з культиватором на палець діють напруги зминання, величину яких можна визначити з умови міцності [3]:

(1)

де:

F_m – тягове зусилля на гаку трактора, Н;

F_m = 13200 Н [3];

d – діаметр сталевого пальця, мм; за конструктивними особливостями приймаємо d = 30 мм;

δ – довжина поверхні зминання, мм;

за конструктивними особливостями приймаємо δ= 60 мм.

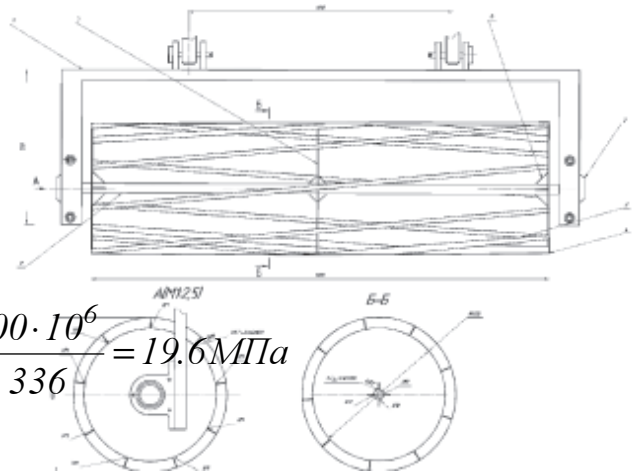


Рис. 1. **Конструкція модернізованих котків грунтообробного агрегату**

$$\sigma_{зм} = \frac{F_m}{2dc} = \frac{13200 \cdot 10^6}{2 \cdot 30 \cdot 336} = 19.6 МПа$$

$$\sigma_{зм} = \frac{13200 \cdot 10^6}{2 \cdot 30 \cdot 60} = 36,7 МПа$$

Умова міцності пальця виконується.

Напруження розриву кронштейна сниці визначимо з умови міцності на розрив [3]:

$$\sigma_p = \frac{F_m}{4a\delta} \le [\sigma_p] \qquad (2)$$

де:

a – ширина поверхні можливого розриву сниці; за конструктивними особливостями приймаємо a = 50 мм.

$$\sigma_p = \frac{13200 \cdot 10^6}{4 \cdot 50 \cdot 60} = 41 МПа$$

Наступне небезпечне, з точки зору міцності, з'єднання – зварний шов кріплення кронштейна до сниці котка. Для зварного з'єднання умова міцності має вигляд [3]:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{2S_{зр}} \le [\tau_{зр}] \qquad (3)$$

де

$S_{зр}$ – площа шва, мм²;

$$S_{зр} = 0,7kB_{шв} \qquad (4)$$

де:

k – товщина шва, мм;

k = 3 мм;

B – довжина кутового шва, мм;

B = 160 мм

$$S_{зр} = 0,7 \cdot 3 \cdot 160 = 336 МПа$$

$[\tau_{зр}]$ = 75-80 МПа – допустима напруга зрізу матеріалу шва. [3]

З приведених розрахунків, видно, що з'єднувальні пристрої котка-розпушувача надійні (мають майже трикратний запас міцності).

Для приєднання котків до рами застосуємо стандартні підшипники валів батареї котків. Визначимо питомий тиск [3]:

$$P = \frac{F_n}{S_n} = \frac{F_n}{dL} \le [P] \qquad (5)$$

де:

d – діаметр котка, мм;

L – довжина вала котка, мм;

$[P]$ – допустимий питомий тиск, МПа;

$[P]$ = 1,5-2,0 МПа; [3]

F_n – сила тиск, МПа.

$$F_n = \frac{G_м}{4} \qquad (6)$$

де $G_м$ – вага агрегату, Н.

$$F_n = \frac{15000}{4} = 3750 Н$$

$$P = \frac{3750 \cdot 10^4}{45 \cdot 100} = 8,3 МПа$$

Умова міцності не витримується, отже дерев'яні підшипники непрацездатні в даних умовах. Виходячи з цього, вибираємо підшипники ковзання, виготовлені з бронзи, допустимий питомий тиск для яких становить 15 МПа.

Висновки. З виконаних розрахунків, видно, що з'єднувальні пристрої котка-розпушувача надійні (мають майже трикратний запас міцності). Для приєднання котків до рами застосуємо стандартні підшипники валів батареї котків.

Прикочуючі робочі органи монтуються на вал встановлений в підшипники ковзання виготовлені з бронзи. Вал виготовлений з труби довжиною 2,8 м встановленій у підшипниках, відстань між якими становить 1,75 м. На вал діє вага котків G і сила опору коченню R. Вага котка G = 220 Н; Коефіцієнт опору коченню котка f = 0,25. Загальний опір коченню котка становить.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини. К.: Каравела, 2008. 552 с.
2. Сисолін П. В., Сало В. М., Кропівний В. М. Сільськогосподарські машини. К.: Урожай, 2001. 375 с.
3. Опір матеріалів. Писаренко В. С. К.: Вища школа., 1986. 775 с.

М. Л. Заєць к. т. н., доцент Д. М. Бендюг,
магістр Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ЗАДАЧІ ТА ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВЕДЕННЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Точне землеробство – новий етап розвитку агросфери, пов'язаний з використанням геоінформаційних систем, глобального позиціонування, бортових комп'ютерів, управлінських і виконавських механізмів, здатних диференціювати (залежно від неоднорідності поля): способи обробітку; норми внесення добрив; хімічних меліорантів; норми висіву насіння; захист рослин; захист ґрунтів. [1]

Для грамотного й точного ведення землеробства, виконавець повинен мати всю інформацію про поле, оброблювану рослину, навколишнє середовище та мати удосконалені технічні засоби, насичені мікроелектронікою, яка вловлює супутникові сигнали, і точно по координатах виконувати закладені в електронну карту поля команди. [1]

Головна відмінність з традиційною концепцією полягає в тому, що точне землеробство розглядає в якості одиниці обліку не все поле в цілому, а кожну його окрему (узгоджену з точністю глобального позиціонування) ділянку із показниками його рельєфу, родючості, рослинного складу та інших ознак (*рис. 1*). На основі зібраних і відпрацьованих даних за концепцією точного землеробства на кожному з ділянок застосовуються строго визначені і обґрунтовані агротехнологічні прийоми вирощування конкретних сільськогосподарських культур.

Мета точного землеробства – підвищити ефективність технологічних операцій, урожайність та якість сільськогосподарської продукції шляхом впливу на поле як на систему, що складається з окремих ділянок з різними агрохімічними, фізичними й іншими характеристиками. Рішення цієї концепції дозволить реалізувати найважливіші проблеми:

– оперативно визначати родючість кожного поля й відповідно до цього вносити диференційовану норму добрив і засобів захисту рослин;

– забезпечити охорону навколишнього середовищ;

– забезпечувати оптимальну, запрограмовану врожайність вирощуваних культур;

– підвищити окупність добрив і нових сортів, а також застосовуваних засобів захисту рослин;

– створити автоматизовані машинні технології вирощування сільськогосподарських культур і самі точні сучасні технічні засоби для їхньої реалізації. На наступних етапах можна автоматизувати вплив на всю систему ґрунт-рослина, включаючи обробку ґрунту, посівів залежно від сорту, забезпечення рослин вологою залежно від рельєфу поля, збирання зі зважуванням урожаю з кожної конкретної ділянки тощо.

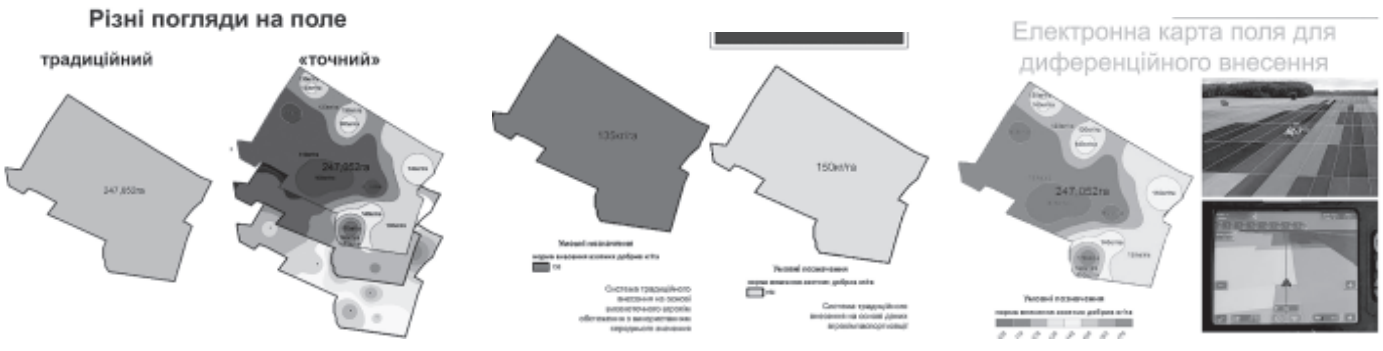


Рис. 1. **Загальний вигляд картограм полів**

Основне завдання системи точного землеробства – підвищення використання генетичного потенціалу рослин, раціональної експлуатації техніки, механізація виробництва продукції рослинництва, використання космічної навігації для сільськогосподарських МТА, розвиток географічних інформаційних систем та впровадження нових конструкцій сільськогосподарських машин.

Точне землеробство забезпечує покращення стану полів і підвищує ефективність агроменеджменту внаслідок реалізації декількох основних критеріїв:

– **агрономічного** (з урахуванням реальних потреб с.-г. культури в удобренні, при цьому не тільки вдосконалюється агровиробництво, але і зберігається ґрунтова родючість полів);

– **технологічного** (виробництво продукції відрізняється більш високою якістю);

– **технічного** (зменшується тайм-менеджмент на рівні господарства, в том числі поліпшується планування сільськогосподарських операцій);

– **екологічного** (скорочується негативний вплив сільгоспвиробництва на навколишнє середовище, наприклад, більш точна оцінка потреб с.-г. культур в азоті призводить до обмеженого (зменшеного) застосування азотних добрив);

– **економічного** (відмічається ріст продуктивності та/або скорочення витрат, що підвищує ефективність агробізнесу).

Основними задачами та напрямками робіт в точному землеробстві сьогодні є:

1) автоматизація процесів керування технікою (паралельне водіння і авто пілотування) на базі системи навігації GPS при проведені технологічних операцій, що забезпечить точність посіву, вирівняність рядків зернових та просапних культур і т. д.;

2) складання ґрунтових карт господарств з використанням автоматичних пробовідбірників;

3) контроль над зміною стану полів і посівів на різних ділянках, що дозволяє визначити послідовність їх обробітку;

4) внесення строго визначеної кількості добрива і насіння на різних ділянках одного і того ж самого поля в залежності від стану ґрунту і посіву;

5) автоматичний моніторинг урожайності і складання карт урожайності, а в перспективі, карт рентабельності полів;

6) моніторинг і контроль над використанням дорогої техніки (GPS);

7) накоплення і зберігання даних в електронному вигляді, що дозволяє відслідковувати динаміку процесів в наглядної і бажаної для роботи формі;

8) багатофакторний аналіз і візуалізація зібраних даних, в том числі за декілька років;

9) інформаційна підтримка прийняття рішень і контроль над їх використанням.

Технологія точного землеробства включає наступні етапи:

• Створення електронних карт полів.

• Створення бази даних по полям (площа, урожайність, агрохімічні і агрофізичні властивості фактичний і нормативний, рівень розвитку рослин і т. і.).

• Проведення аналізу в програмному забезпеченні і видача наглядних форм для обґрунтування рішень. Видача команд по рішенням, які приймаються, на чип-картах, які завантажуються в робототехнічні пристрої сільськогосподарських агрегатів для диференційованого догляду за рослинами.

Для роботи за технологією точного землеробства необхідно:

• Провести внутрігосподарське землевпорядкування в господарстві; відібрати сівозмінні площі для застосування систем точного землеробства, які найбільш інтенсивно використовуються; розбити поля на робочі ділянки правильної форми, однакового розміру, зручні для обробки агрегатами, що мають власні номери і вважаються однорідними елементарними ділянками (однаковими за ґрунтовими характеристиками, вмістом поживних речовин та ін.) з просторовою прив'язкою до місцевості;

• Відібрати ґрунтові проби з просторовою прив'язкою до місцевості;

• Визначити вміст поживних речовин по кожній ділянки;

• Побудувати карту розподілу агрохімічних показників;

• Обробити, проаналізувати і скласти технологічну карту диференційованого внесення добрив.

Етапи впровадження системи точного землерробства представлені на *рис. 2*.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д. Г. Моделювання адаптивних технологічних процесів місцевизначеного землеробства. Рекомендації до застосування в галузі сільськогосподарського машинобудування / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, Ф. М. Захарін, І. М. Сівак. К.: НАУ, 2007. 55 с.



Рис. 2. **Формування бази даних підприємсва**

М. Л. Заєць к. т. н., доцент. Р. І. Назарук, студент
Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ПРУТКОВОГО ЕЛЕВАТОРА КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГГО КОМБАЙНА

В картоплезбиральних комбайнах для підвищення сепарації застосовують елеватори з еліптичними струшувачами (нерегульовані) та струшувачів з ударним двоплечим важелем (регульовані).

Істотним недоліком елеватора зі струшуючими зірочками (еліптичні струшувачів) є те, що відсутня можливість змінювати інтенсивність струшування, не змінюючи швидкості полотнини. Результати багатьох досліджень показують, що не можна рекомендувати якийсь один, заздалегідь установлений, постійний кінематичний режим струшувачів. Різному завантаженню робочої галузі сепаратора ґрунтом повинна відповідати різна інтенсивність струшування. Зі збільшенням товщини шару ґрунту на сепараторі інтенсивність струшування потрібно збільшити. Бульби при цьому добре оберігаються від ушкоджень шаром ґрунту. При малому завантаженні сепаратора ґрунтом інтенсивність струшування необхідно знизити, а при роботі на ґрунті, що добре просівається (коли бульби проходять по сепаратору незахищеними) струшувачі варто відключати зовсім.

Метою модернізації являється створення картоплезбиральної машини дворядного копача – навантажувача, який входить в комплекс машин і обладнання для інтенсивних технологій вирощування картоплі на Україні, який може використовуватись як в промислових, так і в фермерських господарствах.

Виклад основного матеріалу. При розробці даного технічного проекта були використані різноманітні види доступної науково-технічної інформації по машинам для збирання картоплі: періодичні журнали, науково-технічні видання, патентні описи, промислові каталоги і проспекти профілюючих фірм (в тому числі й зарубіжних), офіційні звіти і протоколи випробувань, конструкторська документація.

На основі проведеного вивчення, систематизації та аналізу матеріалів по картоплезбиральним машинам встановлено;

Всі картоплезбиральні машини виконані по наступній технологічній схемі: підкопуючий пристрій – сепаруючий пристрій – гичковидаляючий пристрій -вивантажувальний пристрій.

Як підкопуючий орган в конструкціях картоплезбиральних машин найбільше поширення отримали пасивні багатосекційні леміші. Вони прості по конструкції і при добрій культурі землеробства забезпечують якісну роботу збиральної машини.

Для сепарації грунту найбільш широко застосовують пруткові транспортери, які ефективніше сепарують грунт і надійніші при експлуатації ніж застосовані в окремих фірмах грохоти.

Кут підйому першого (основного) транспортера на існуючих конструкціях картоплезбиральних машин становить більше 25°. Це призводить того, що при добре сепарованих фронтах великі бульби можуть багаторазово скочуватись вниз, а потім знову підійматися по транспортеру, отримуючи пошкодження.

Для руйнування грудок землі в конструкціях деяких комбайнів (Е-684,Е-686 виробництва Німеччини, КПК-2 та КПК-3 виробництва входять балони-грудкороздавлювачі. Але за даними ІМЕСГ

балони-грудкороздавлювачі травмують бульби, що в подальшому впливає на строк їх зберігання. Тому в даній конструкції балони не використовуються. Як показує практика, при добрій культурі землеробство достатню чистоту бульб можна отримати і без грудкороздавлювачів.

Механізм приводу струшувача (*рис. 1*) є чотирьохланковим, який складається з кривошипа *OA*, що обертається з постійною кутовою швидкістю навколо точки *O*, шатуна *AB* і коромисла *O1B*. До коромисла жорстко під прямим кутом приєднані важелі *O1E* і *O1B*, на кінцях яких знаходяться струшуючі ролики. Позначимо довжину кривошипа *OA* через *r*.

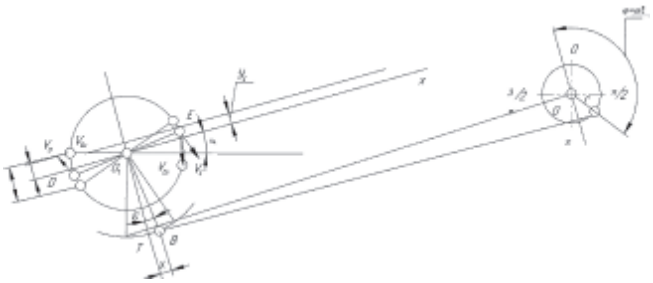


Рис. 1. **Кінематична схема механізму струшувача**

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

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

У зв'язку з тим, що точки *B, D* і *E* рухаються не по прямих, а по дугах, закон нормальних перемі-

щень полотна теоретично відрізняється від закону гармонійних коливань. Для уточнення відхилень були побудовані графоаналітичними шляхом графіки переміщень, швидкостей і прискорень [5, 6]. При порівнянні цих графіків із графіками, побудованими по розрахунковим даним, обчисленим з умови гармонійного коливання точок *O* і *E*, видно, що переміщення і швидкості розрізняються дуже мало (розбіжності не більш 1–2 %). Трохи більше розрізняються прискорення (до 5 %).

Дійсні прискорення трохи вище отриманих з умови гармонійних коливань. Тому з достатньою точністю можна приймати при розрахунках, що полотно робить гармонійні коливання.

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

Швидкість полотна в напрямку, перпендикулярному площині його руху, у проміжку 0 – 2π також змінюється по синусоїді. Якщо припустити, що ведуча ланка має натяг, то при куті повороту вала $\omega t = \pi$ відбувається удар полотна елеватора, що опускається, об другий ролик, що піднімається. Відносна швидкість співударяння

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

$$\pi \geq \omega \cdot \cos a/(\lambda \cdot \sin \omega \cdot t)$$

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

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

Використовуючи схеми [5 і 6], напишемо умови підкидання

$$J_И = \geq g \cdot \cos a \to \omega^2 \cdot r\frac{OE}{OB}\sin \omega \cdot t \cos \varepsilon \geq g \cdot \cos a \quad (3)$$

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

(4)

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

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

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

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

Мінімальне значення радіуса, що визначає початок підкидання

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

При відсутності проковзування початкова швидкість польоту частки U_0 є геометричною сумою дотичної складової швидкості, рівної швидкості полотна елеватора V_e, і нормальної складової швидкості [4]

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

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

1) дальність польоту частки повинна дорівнювати чи бути трохи меншою довжини двоплечого важеля EO_1 *DL*< EO_1 *D*;

2) час польоту повинен дорівнювати чи бути трохи меншим часу півоберту вала струшувача:

.

Список використаних джерел

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

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

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

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

5. Табачук В. Й. Дослідження пошкоджуваності бульб при збиранні. Праці сільськогосподарського інституту Т2. вип. 7,1993. 347 с.

6. Тимофєєв А. М. До методики визначення пошкоджень картоплі залежно від механічних факторів. – К: Урожай, Т. 3, 1996. 283 с.

М. Л. Заєць к. т. н., доцент. Т. В. Невмержицький, студент
Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СПОСОБИ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Вимагає використання спеціальної посівної техніки з високим тиском сошника на грунт, що передбачає додаткові фінансові витрати. Використан-

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

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

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

Для українських чорноземів, глинистих і суглинних ґрунтів буде оптимально вибирати моделі плугів з напівгвитовими робочими поверхнями. Для легких ґрунтів класична поверхня буде оптимальною[1,2,3]. Звертайте увагу на захист робочих органів плуга від пошкоджень, наприклад, зрізні болти, гідроакумулятори або пружини. Для площі більше 1500 га для тракторів середньої потужності оптимально вибирати навісний плуг з 5-6 корпусами, а для потужних тракторів (360+ к. с.) краще 9-12 корпусів.

Глибокорозпушувачі, робочі органи яких здатні обробити на глибину 55-65 см углиб ґрунту. Його оптимально використовувати для руйнування плужної підошви (раз в 3-5 років), і на піщано-структурованих ґрунтах. Його використання є відповіддю на питання, як підготувати грунт для таких культур як ріпак і цукрові буряки. За допомогою глибокорозпушувача, такого як Great Plains Flatliner 500 (*рис. 1*) [4], може здійснюватися кілька операцій за 1 прохід: розбиття грудок землі, закриття вологи в грунті, вирівнювання поля і подрібнення залишків рослин.

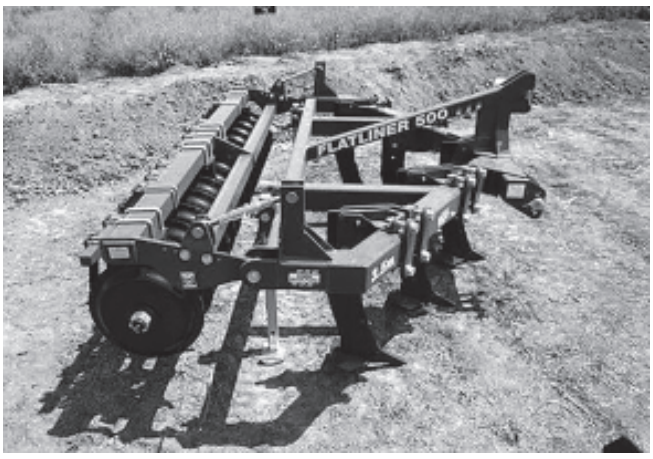


Рис. 1. **Глибокорозпушувач Great Plains Flatliner 500**

Дискування як один з основних способів проведення поверхневого обробітку на глибину 2-15 см, використовується дискова борона (така як дискатори Kverneland Qualidisc з шириною від 3 до 7 метрів (*рис. 2*) [5]. Борона використовується для поліпшення аерації ґрунту, усунення кірки на грунті, схильних до висихання, і для збереження великої кількості закритої вологи при одночасному змішуванні залишків рослин із грунтом. Ширина захвату у дискової борони може бути від 3 до 7 метрів і, відповідно, підходити для тракторів потужністю від 90 до 360+ к. с. 4-5-метрові варіації оптимально використовувати в господарствах з площами 500-1000 га, тому що їх денна продуктивність становить від 40 до 80 гектар.



Рис. 2. **Дискатор Kverneland Qualidisc**

Культиватор (*рис. 3*) [6] ввикористовуються для передпосівної підготовки грунту, виконуючи до 6 операцій за прохід. Серед них: розпушування, вирівнювання рельєфу, коткування важким котком, створення дрібнозернистої структури грунту.



Рис. 3. **Комбінований культиватор GASPARDO DRACULA 6000**

Список використаних джерел

1. Шевченко И. А. Улучшение агротехнических и энергетических показателей глубокорыхлителей в условиях юга Украины // "Комплексная механизация с. х. производства". – М.: ВСХИЗО, 1989. – С. 72-79.

2. Дубровін В. О., Шевченко І. А., Єлагін О. В. Технологічна доцільність застосування комбінованих грунтообробних агрегатів в зоні степу Україні// Праці ТДАТА. – Вип. 2. -Т. 16. – Мелітополь: ТДАТА,2001. – С. 47–57.

3. Войтюк Д. Г, Крижачківський М. Л., Шевченко І. А, Дубровін В. О. Системний аналіз при вирішенні технологічної задачі виробництва сільськогосподарської продукції // Механізація с.-г. виробництва/ Сб. наукових праць НАУ. - К.: Вид. НАУ, 2001. – Т. XI. – С. 84-89.

4. http://www. eridon-tech. com. ua

5. https://sng. kverneland. com/Obrabotka-pochvy/Diskovye-borony/Kverneland-Qualidisc-Pro#

6. https://www. maschio. com/catalog/product/dracula

М. Л. Заєць к. т. н., доцент Б. М. Парфенюк, магістр
Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН

У процесі досліджень проаналізовано вплив конструкційно-технологічних параметрів на показники динамічної їх взаємодії з грунтовим середовищем. Із залежностей (*рис. 1а і 1б*) видно, що при роботі диска в ґрунті опір можна охарактеризувати, як зростаючий за геометричною прогресією і має вузько смуговий характер [1,2,]. З точки зору ресурсоощадних технологічних процесів найбільш оптимальним питомим тяговим опором ґрунтообробних робочих органів є широкосмуговий розподіл. Необхідно відмітити, що всі значення опору однаково адекватні.

Аналізуючи залежність питомого тягового опору від співвідношення радіусу сфери до діаметру диска $К_м$ (R/D) випливає, що питомий опір робочого органу (*рис. 1а*) зростає при значеннях відношення R/D = 0,6…1,0. При R/D = 1,0-1,6 процес характеризується як стабільний, і витрати тягової потужності трактора оптимальні. При збільшшенні R/D = 1,6-1,7 процес протікає в сторону збільшення опору, що підтверджу гіпотезу. Змінивши параметри диска D = 700 мм R=630 мм і кут атаки α= 22° спостерігається більш різке зростання питомого опору, хоч і зменшився радіус кривизни сфери (*рис. 1б*). Стійкість процесузабезпечується при співвідношенні R/D = 0,6-1,0.

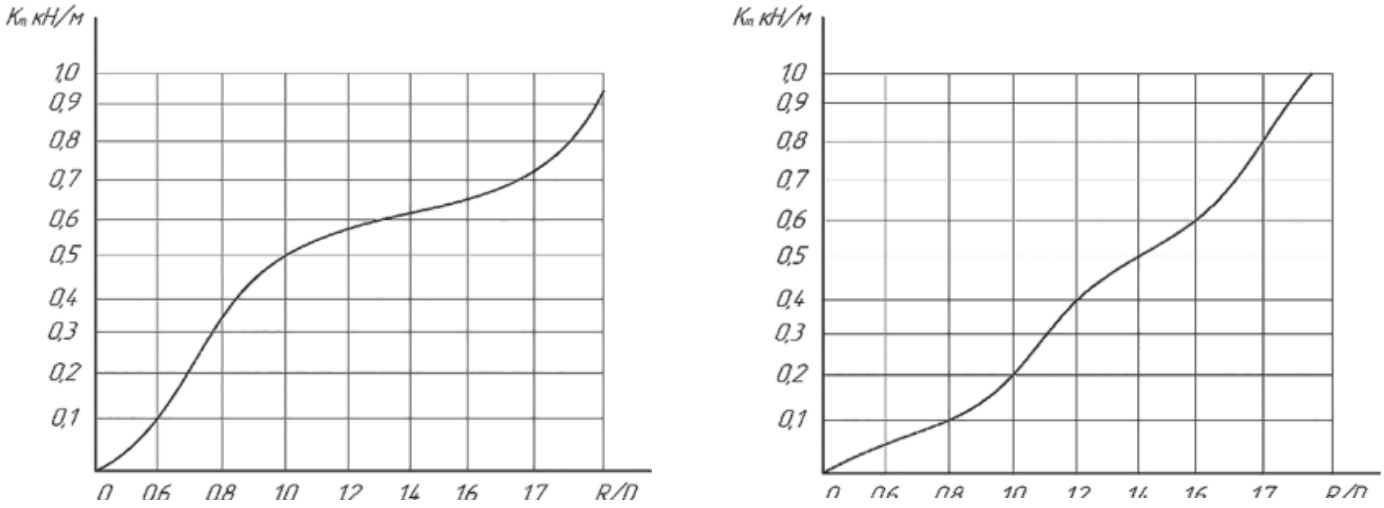
При дослідженні диска типу "ромашка" з вирізами з n>6 (*рис. 2а і 2б*) тенденція не повторюється. При D = 650 мм і R/D = 1,4 питомий опір дисків і умова стійкості буде така ж, як і при D = 500 мм і R/D = 1,6. Із збільшенням співвідношення R/D до 1,00 залежність повторюється, хоча й відбувається зміна в сторону зменшення. Зростання відношення R/D дає можливість оптимізувати значення D = 650 мм, R = 730 мм, R/D = 1,25, n = >8 отримано найкращі показники стійкості руху в ґрунтовому середовищі.

Аналізуючи отримані отримані результати з результатами на *(рис. 2*), можна зробити висновок, що виконання n – кількості вирізів на диску, а значить – зменшення площі контакту, дозволило забезпечити зменшення тягового опору на 8 %, а також стійкість руху робочого органа, технологічний процес протікає стійко.

При R/D = 1,66 якість процесу обробітку погіршується (*рис. 2 а,б*). Отже, при n = >6, β = 200 раціональні значення R/D знаходяться в діапазоні R/D = 1,0 … 1,5.

Вхідними конструкційними параметрами для проектування робочих органів [1,3,4,]: а) конструкційна ширина захвату лапи а)($в$ = 0,2 м); б) глибина підйому горизонту ґрунту (h = 0,4 м); в) ширина робоча ($в_р$ = 0,58 м); г) кут розкриття ґрунту (2γ = 60°).

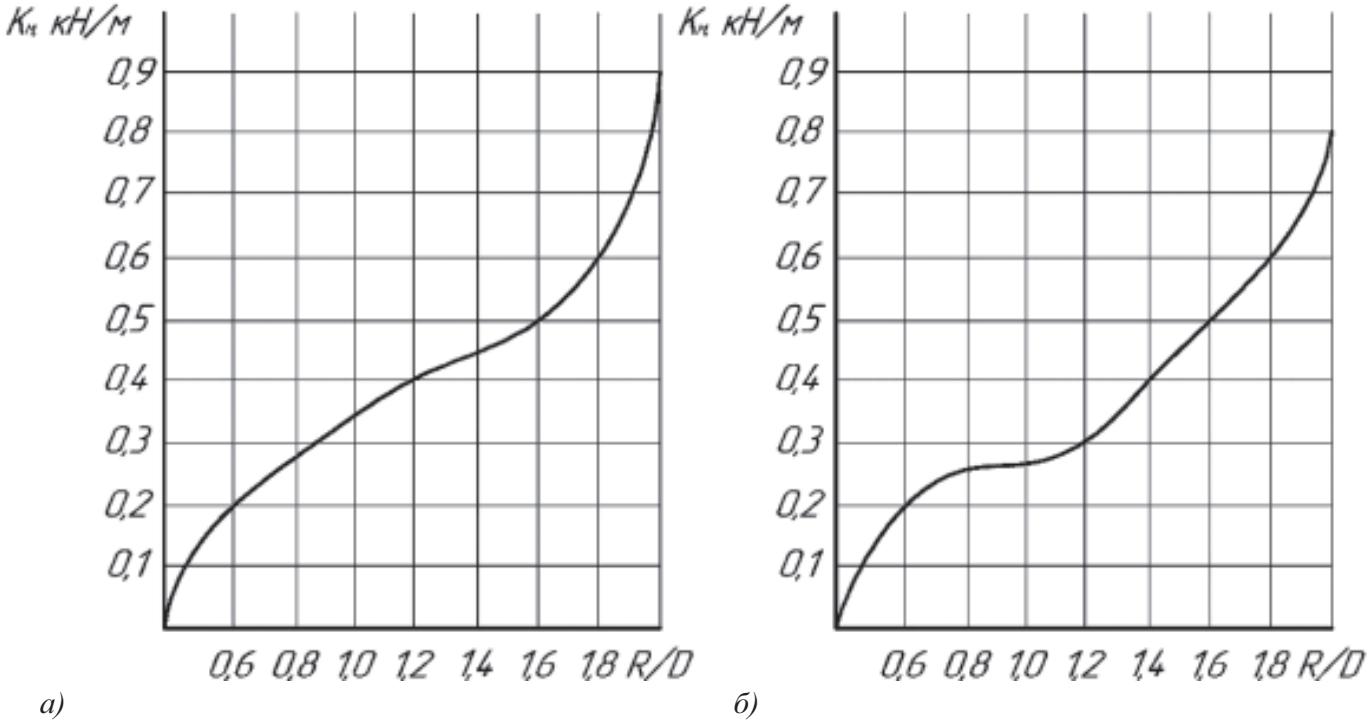
Тяговий опір ґрунтообробної машини визначаємо як суму тягових опорів всіх робочих органів: розпушувальних лап $Р_л$ =1800Н, дискових робочих органів $Р_д$ =500 Н та котків подрібнюючого



а) б)

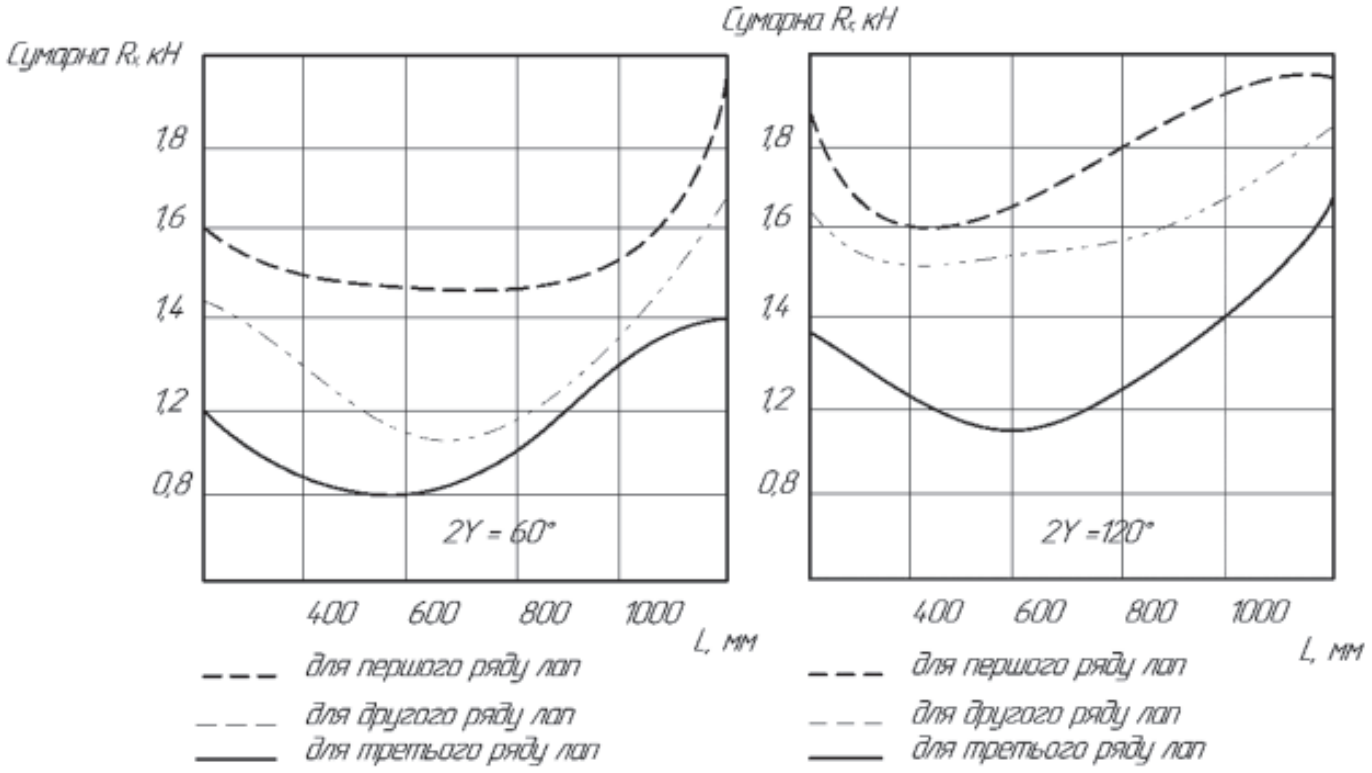
Рис. 1. Залежність питомого тягового опору
від співвідношення радіусу сфери до діаметру гладенького диска $К_м$
а) – (R/D), D = 600 мм R=800 мм і кут атаки α = 22°;
б) – (R/D), D = 700 мм R=630 мм і кут атаки α = 22°.

пристрою $P_К$ =4450 Н: P = 7$P_л$ + 32$P_д$ + 2·$P_К$ = =37,5 кН. Тяговий опір заднього ряду при збільшенні відстані L мі рядами знижується при двох значеннях кута 2γ і досягає свого мінімального значення при L =600 мм. Якщо значення кута 2γ зростає, то більшим повинно бути значення L, яке необхідне для мінімізаці параметра Rx. Зниження тягового опору першого і послідуючих рядів лап ∑Rx досягається, як за правило, за рахунок зниження тягового опору останнього ряду, що да змогу встановлювати лапи більшої ширини захвату. Мінімальне значення ∑Rx отримуємо за умо-



а) *б)*

Рис. 2. **Залежність питомого тягового опору від співвідношення радіусу сфери до діаметру вирізного диска $К_м$**
а) – (R/D), D = 650 мм R=800 мм і кут атаки α = 22°;
б) – (R/D), D = 500 мм R=630 мм і кут атаки α = 22°.



а) *б)*

Рис. 3. **Залежність значення сумарного тягового опору від рядності розташування розпушувальних лап та кута розкриття грунту ∑Rx = *f* (L, 2γ)**

ви $2\gamma = 60 \ldots 90°$,при тому, що зміна кута в даному діапазоні не суттєво впливає на тяговий опір.

Висновки. Проаналізовано вплив конструкційно-технологічних параметрів на показники динамічної їх взаємодії з ґрунтовим середовищем. Питомий опір можна охарактеризувати, як зростаючий за геометричною прогресією і має вузько смуговий характер.

Питомий опір робочого органу зростає при значеннях відношення R/D = 0,6…1,0. При R/D = 1,0-1,6 процес характеризується як стабільний, і витрати тягової потужності трактора оптимальні. При збільшенні R/D = 1,6-1,7 процес протікає в сторону збільшення опору, що підтверджує гіпотезу. Змінивши параметри диска D = 700 мм R=630 мм і кут атаки $\alpha = 22^0$ спостерігається більш різке зростання питомого опору, хоч і зменшився радіус кривизни сфери.

Із збільшенням співвідношення R/D до 1,00 залежність повторюється, хоча й відбувається зміна в сторону зменшення. Подальше збільшення R/D призводить до стабілізації процесу, і при D = 550 мм, R = 630мм, R/D = 1,15, n = >6 отримано найкращі показники стійкості руху в ґрунтовому середовищі.

Список використаних джерел

1. Технологічне обґрунтування мульчуючої системи землеробства, каталог техніки / ФЕМ – Технолоджі, 2008, – 52 с.
2. Техніко-технологічні рішення комплексної механізації в технології вирощування озимої пшениці в умовах Західного регіону України (практичні поради). /Львівська філія Укр НДІПВТ ім. Л. Погорілого. Магерів, 2008. – 42 с.
3. Гречкосій В. Д. Сучасна зарубіжна техніка для ґрунтозахисного землеробства / Журнал Аграрна техніка – 2008 – № 1.
4. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В. Ю. Ільченко, П. І. Карасьов, А. С. Лімонт та інші. За ред. В. Ю. Ільченка. -К.: Урожай, 1993. – 288с.

Р. С. Грудовий к. т. н., доцент. О. В. Плечко студент
Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ОГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКОШУВАННЯ ТРАВ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ КОСАРКИ

Сільськогосподарське виробництво складається з двох основних галузей – тваринництва і рослинництва. Тваринництво та продукція цієї галузі є стратегічними галузями у забезпечені населення продуктами харчування.

Наразі в Україні галузь тваринництва перебуває в занепаді, скорочуються поголів'я великої рогатої худоби як м'ясного так і молочного напрямку, свиней, овець та кіз, птиці. Головною із причин занепаду є великий диспаритет цін на сировину для сільськогосподарського виробництва та ціну на готову продукцію.

Важливою виробничою операцією при заготівлі кормів є скошування травостою. Для скошування травостоїв системою машин для комплексної механізації сільськогосподарського виробництва передбачається використання косарок і косарок-плющилок, що розрізняються за типом енергозасобу (самохідні, тракторні, моторизовані), з яким вони що агрегатується; за типом різальних апаратів (сегментно-пальцеві, безпальцеві, ротаційно-дискові, ротаційно-барабанні); за способом агрегатування (навісні, напівнавісні, причіпні); по ширині захвату різального апарату та ін.

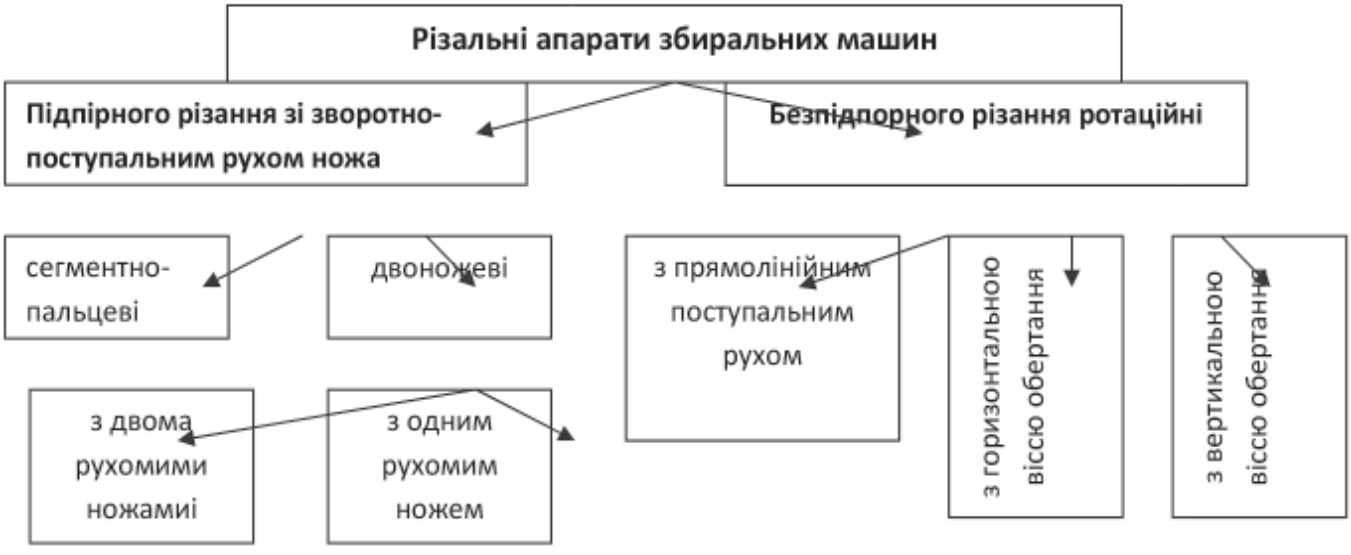


Рис. 1. **Класифікація різальних апаратів**

Різальні апарати – це пристрої, призначені для зрізування рослинної маси біля кореня. Вони встановлюються на косарки для скошування трави, валкові жатки, жатки зернозбиральних та кормозбиральних комбайнів, а також на косарки-подрібнювачі. Класифікація різальних апаратів показана на *рис. 1* [1-5].

Схеми різальних апаратів наведено на *рис. 2*.

Здатність ножа виконувати свою функцію, тобто поділяти матеріал на частини, передаючи йому через свою різальну частину зусилля, що прикладені до ножа, називають його різальною здатністю. Різальна здатність ножа тим вища, чим менше зусилля і робота, що потрібні для пере різання матеріалу, тобто кінематика його роботи.

Суть конструктивної розробки полягає в заміні сегментного пальцьового різального апарату на косарці-плющилці СКП-5Г "Інгулець" на ротаційний різальний апарат.

При використанні ротаційного різального апарату забезпечується постійність кута зачеплення вздовж усієї довжини леза ножа. При роботі стебла рослин потрапляють між ножами і протирізальними пластинами, затискаються і зрізуються. Витримування постійного кута защемлення дає змогу зменшувати швидкість різання, і як наслідок, має місце підвищення продуктивності ротаційних різальних апаратів підпірного різання зменшення втрат зрізаного матеріалу.

Список використаних джерел

1. Лихочвор В. В., Петриненко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур, Львів: НВФ "Українські технології", 2016. 730с.

2. Механізація сільськогосподарського виробництва і захисту рослин: Нав. Посібник. Д. Г. Войтюк, В. В. Адамчук, Г. Р. Гаврилюк, О. С. Марченко; За ред. Д. Г. Войтюка. К.: Вища школа, 1993. 512с.

3. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; За ред. С. С. Яцуна. К: Мета, 2013. 448 с.

4. Мотрук Б. Н. Рослинництво. К.: Урожай, 1999. 461с.

5. Сільськогосподарські машини. В. Ю. Комаристов, М. М. Петренко, М. М. Косінов. К: Урожай, 2006. 240 с.

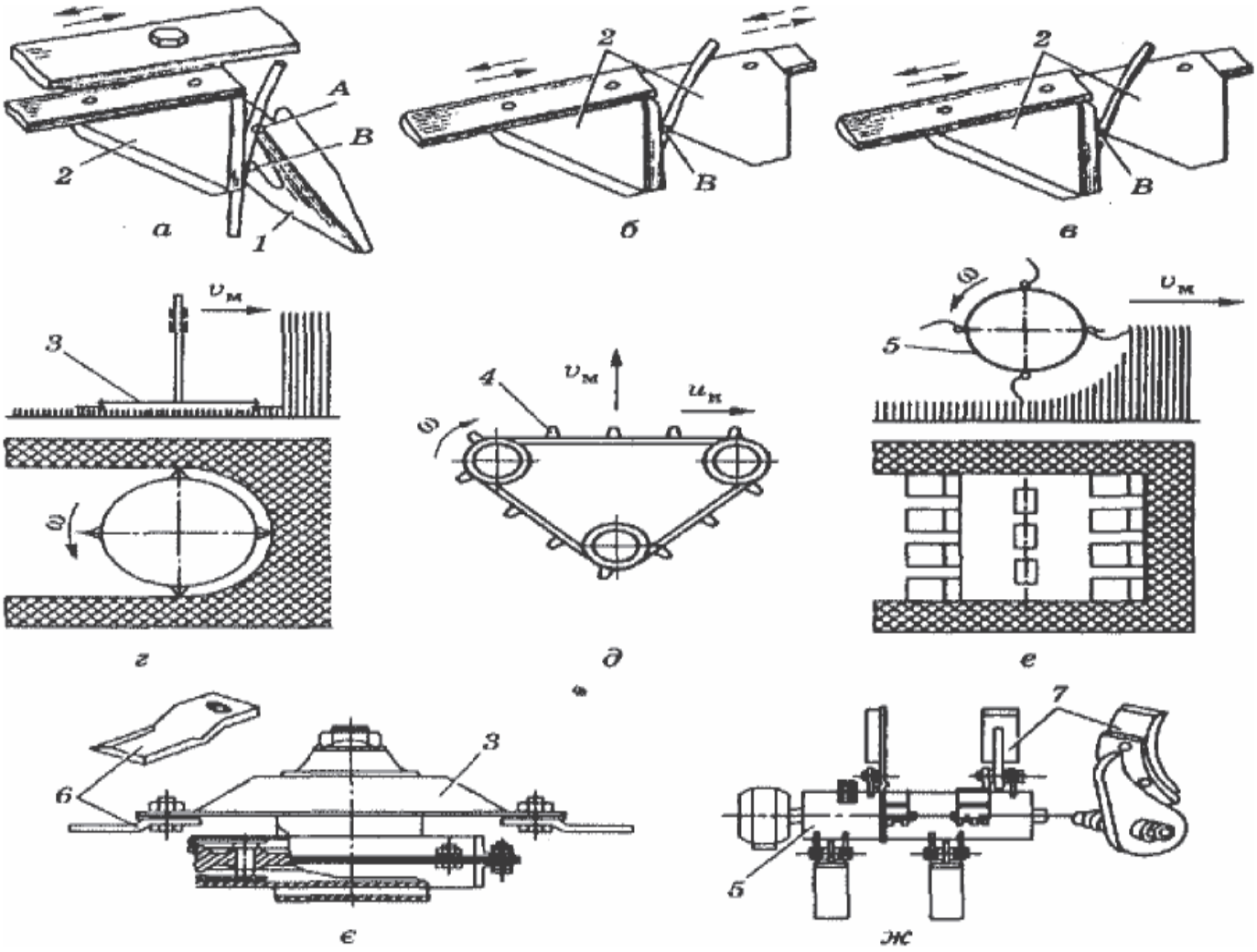


Рис. 2. **Схеми найбільш розповсюджених різальних апаратів [8]**

а – сегментно-пальцьовий; б – двоножовий з двома рухомими ножами; в – двоножовий з одним рухомим ножем; г – ротаційний з вертикальною віссю обертання ротора; д – ротаційний з прямолінійно-поступальним рухом ножів; е – ротаційний з горизонтальною віссю обертання ротора; є – ротор ротаційної косарки; ж – ротор косарки-подрібнювача; АіВ – точки опори стебла; 1 – палець з пером; 2 – сегмент ножа; 3 – диск з ножами; 4 – пас з ножами; 5 – барабан з ножами; 6– ніж диска; 7 – ніж барабана

М. Л. Заєць к. т. н., доцент. М. П. Шнит, студент
Поліський національний університет

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКОВИХ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Сферичні дискові робочі органи широко застосовуються в ґрунтообробних агрегатах для подрібнення решток та часткової заробки їх у грунт шляхом перемішування, що добре впливає на утворення вологозатримучого шару. Різні види дисків входять до складу дискових машин або використовуються в комбінованих агрегатах.

Оскільки дискові робочі органи встановлюються 90% комбінованих машин, необхідно провести розрахунки конструкційно-технологічних параметрів диска при взаємодії його з ґрунтом. Такі розрахунки можуть бути використані для визначення конструкційних розмірів дисків при проведенні технологічних операцій поверхневого обробітку в різних умовах [1].

Диски ґрунтообробних машин мають властивості зменшеного забивання кореневими системами і пожнивними рештками, ніж лемішні робочі органи, що переміщуються лінійно. Але, дискові робочі органи погано проводять обертання поверхневого шару грунту.

Сумарна реакція опору, яка виникає на кромці дисків, створють умови вимілювання глибини та створює додаткові проблеми для їх заглиблення. Оскільки, для сферичних дисків, згідно АТВ, робоча швидкість не може перевищувати 7 км/год, тому із збільшенням швидкісного режиму, зростає гребенистість поля, що перевищує допустимі значення [1,2].

Якість проведення обробітку дисковими машинами (ступінь подрібнення стебел, поворот та кришіння ґрунту, висота гребнів) змінюється від геометрії ДРО (радіус, радіус сфери диска), кута атаки, кроку встановлення дисків. Розрахунок конструкційних параметрів проходить з високою точністю та перевіркою.

Діаметр диска (*рис. 1*) визначається з залежності [1]:

$$D=k\,a \qquad (1)$$

де:

k – коефіцієнт, для лущильників k=5... 6;

a – глибина обробітку.

Обираючи конструкційний коефіцієнт k, необхідно знати ширину секці, її можливість копіювати рельєф поверхні, розміри міждискових бонок і корпусів опор, кількість пожнивних решток та засміченість, оскільки це основні чинники, які впливають на забивання міждискового простору. Конструкційний коефіцієнт при важких умова повинен бути максимальний.

Потрібно зазначити, при зростанні діаметра дискового робочого органу, виникає необхідність, збільшити заглиблюючий момент машини.

Відстань між органами в секції розраховується з умови не забивання ґрунту і решток між ними, тобто $b \geq 1{,}5a$ (*рис. 2*).

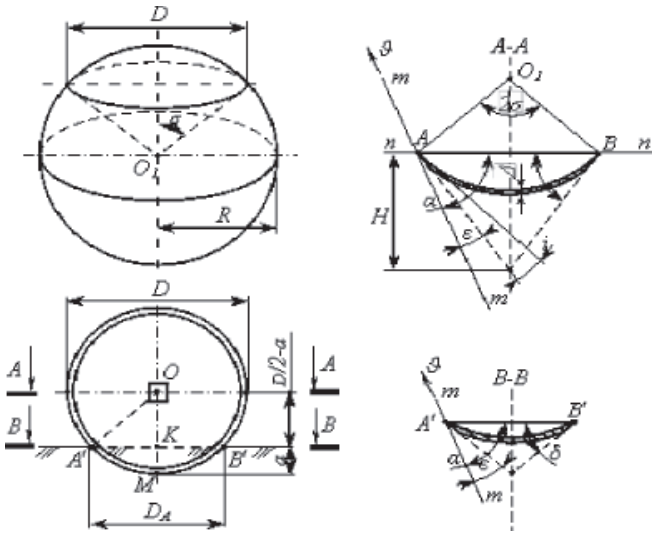


Рис. 1. **Схема сферичного диска з основними параметрами**

При розрахунку діаметра диска D та кроку встановлення b на валу секції потрібно враховувати як умову не забивання робочих органів машини, а й допустиму висоту гребенів на дні поля глибини обробітку, за умовою $c \leq 0{,}5a$ (*рис. 2*). За умови $c > 0{,}5a$ не буде проводитись якісне подрібнення решток і коренів бур'янів.

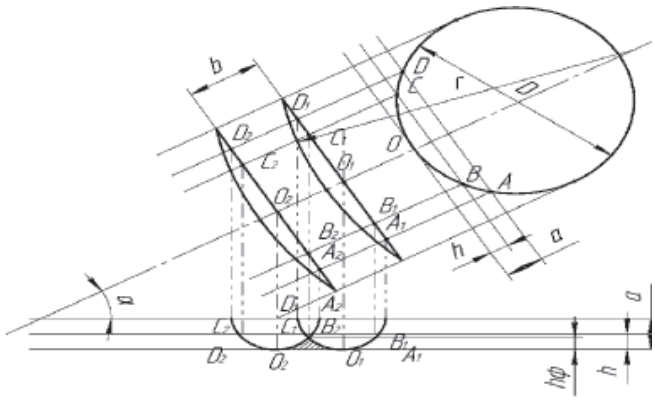


Рис. 2. **Схема розміщення дискових робочих органів**

Максимальна гребнистість с повязана з параметром диска D, кроку між ними на валу секції та величини кута атаки α. З врахуванням цього відстань між дисками на осі батареї визначається[1]:

$$b=2\sqrt{c(D-c)}\cdot tg\alpha \qquad (2)$$

де:

c – задана висота гребенів; $c \le 0{,}5a$;

D – діаметр диска;

α – кут атаки.

Радіус кривизни диска *R* (*рис. 1*) визначається з залежності:

$$R = \frac{D}{2\sin\varphi} \qquad (3)$$

де φ – половина кута при вершині сектора.

Значення φ знаходять з виразу:

$$\varphi = \alpha - \delta - \varepsilon \qquad (4)$$

де

δ – кут загострення кромки диска (сферичні диски мають зовнішню заточку з $\delta = 10... 20^0$) [3];

ε – задній кут (кут між тильною стороною ріжучої кромки диска і стінкою борозни, ε = 3... 50) [1].

Якщо радіус *R* буде більшим від значення, одержаного за формулою (3), то це приведе до погіршення кришення і обертання скиби, а якщо менший – погіршується заглиблення дисків у ґрунт із-за виникнення від'ємного значення кута ε.

Товщина сферичних дисків δ визначається згідно емпіричної залежності [2]:

$$\delta = 0{,}008D \qquad (5)$$

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що немає потреби дискові робочі органи виконувати важкими, щоб досягнути стійкості ходу по глибині. Оптимізація параметрів дисків на задані режими роботи більш раціональне рішення інженерної задачі. При встановленні рихлячих лап лап в три ряди їх загальне число повинно бути непарним, до того ж в другому ряду повинно бути на одну лапу більше, ніж в першому.

Список використаних джерел

1. Сисолін П. В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи конструкція, проектування: Підручник для студентів вищих навчальних закладів із спеціальності "Машини та обладнання с. -г. виробництва" (За ред. М. Г. Черновола). Кн. 1. К.: Урожай, 2001. 384с.

2. taltu preta roboczego organu separujacego typu // Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urzadzen rolniczych. Plock, 1994. T. I. S. 10-15.

3. Гуков Я. С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. К.: Нора-Прінт, 1999. 280 с.

М. Л. Заєць к. т. н., доцент А. О. Прокопенко, магістр

Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРАЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТА МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ

Оскільки продуктивність праці СГА/МТА за формулою (1) складається із добутку трьох складових, то, концептуально, і шляхів підвищення продуктивності праці СГА/МТА також три: збільшення ширини захвату агрегату (*B*), збільшення швидкості руху агрегату (*V*), збільшення коефіцієнту використання робочого часу зміни (τ). [1,2]

$$W = 0{,}1 \cdot B \cdot V \cdot \tau \rightarrow \max \qquad (1)$$

де:

B – ширина захвату агрегату, м;

V – швидкість руху агрегату, км/год;

τ – коефіцієнт використання робочого часу зміни.

На відміну від *B* і *V*, значення коефіцієнта використання робочого часу зміни τ залежить від організації виконання технологічної операції, і розраховується за рівнянням:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}} = \frac{t_p(1 + n_{ц\ осн})}{t_ц(1 + n_{ц\ осн}) + t_{нц}} \rightarrow 1 \qquad (2)$$

де:

T_p – час чистої роботи агрегату за період зміни за прийнятим режимом, год.;

$T_{зм}$ – фактичний час зміни роботи агрегату, год.;

t_p – витрати часу агрегатом на робочий хід, год.;

$t_Ц$ – витрати часу агрегатом на один цикл роботи, год;

$n_{ц\ осн}$ – фактична кількість основних циклів роботи.

Максимальну продуктивність праці можна отримати при оптимальних значеннях параметрів *B* і *V*. Умову оптимізації останніх можна представити наступним чином:

$$\frac{\frac{\partial W}{\partial V}}{\frac{\partial N_{ен}}{\partial V}} = \frac{\frac{\partial W}{\partial B}}{\frac{\partial N_{ен}}{\partial B}} \qquad (3)$$

де $N_{ен}$ – номінальна потужність двигуна трактора.

Частинні похідні параметрів, які входять до виразу (3) з розрахунку продуктивності, мають наступний вигляд: [3]



Рис. 1. **Шляхи підвищення продуктивності праці СГА/МТА**

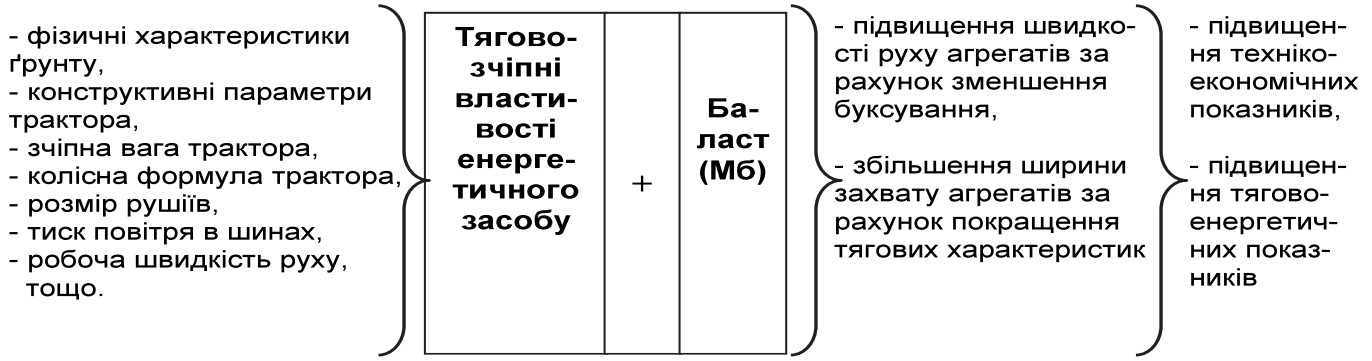


Рис. 2. **Ефект покращення тягово-зчіпних властивостей енергетичного засобу з баластом**



Рис. 3. **Баластування тракторів CASE 310**

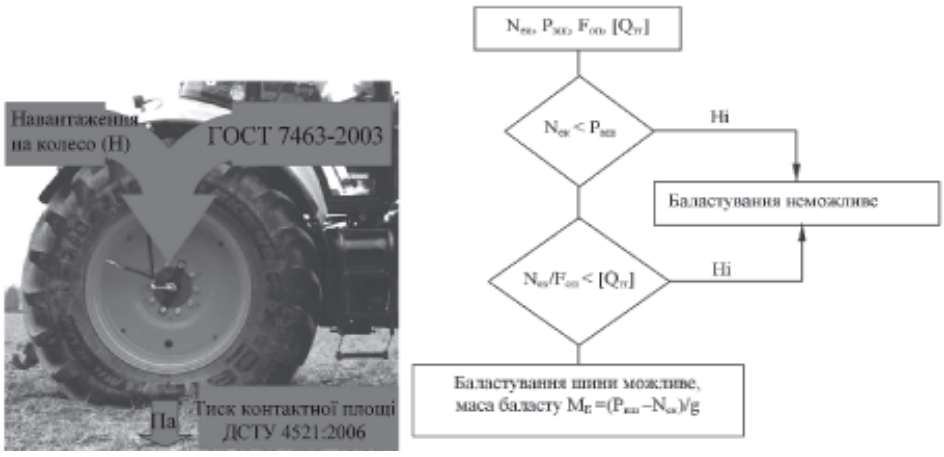


Рис. 4. **Обмеження експлуатаційного навантаження на рушій**

і (4)

Частинні похідні параметрів, які входять до виразу (5) із визначення $N_{ен}$ за рівнянням балансу потужності мають наступний вид: [4]

$$\frac{\partial N_{ен}}{\partial B}=\frac{K_м\cdot H\cdot V\cdot\left(1+\frac{a\cdot f}{\mu}+\frac{2\cdot b\cdot f\cdot G\cdot K_м\cdot H}{\mu^2\cdot G^2}+\frac{b\cdot K_м^2\cdot H^2\cdot B^2}{\mu^2\cdot G^2}\right)}{K_н\cdot\eta_{мт}\cdot\left(1-a\cdot\frac{K_м\cdot B\cdot H}{\mu\cdot G}-b\cdot\left(\frac{K_м\cdot B\cdot H}{\mu\cdot G}\right)^2\right)^2} \quad (5)$$

Умова екофільності шини: [5]

$$\frac{N_{ек}\cdot P_{вш}}{F_{оп}}\le[Q_{тг}] \quad (6)$$

$N_{ек}$ – експлуатаційне навантаження на рушій;
$P_{вш}$ – допустима вантажопідйомність шини;
$F_{оп}$ – площа опорної поверхні шини;
$[Q_{тг}]$ – допустимий тиск на грунт, створюваний трактором

Основні правила баластування трактора. Не можна один раз забаластувати трактор на весь строк його експлуатації, якщо він виконуватиме різні види робіт, або навіть працюватиме з однаковими агрегатами у різних умовах. Тільки правильне баластування допомагає економити питомі витрати палива та підвищує продуктивність роботи. Небажаним є як надто малий, так і надто великий баласт. Тож величина баласту обмежується тоді, коли показник буксування трактора з агрегатом відповідає допустимому рівню. Баластування завжди слід перевіряти на відповідність обраному агрегату та умовам ґрунту, і тільки коли воно відповідатиме умові екофільності шини.

Список використаних джерел

1. Надикто В. Т. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві. Мелітополь: ТОВ "Видавничий будинок "ММД", 2005. – 337 с.
2. Надикто В. Т. Проблеми баластування колісних тракторів. Техніка і технології в АПК. – 2013. – №2. – С. 7-9.
3. Надикто В. Т. Прогноз розвитку енергонасиченості сільськогосподарських тракторів / В. Т. Надикто, О. В. Величко. Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. №1 (100). – Глеваха, 2015.
4. Надикто В. Т. Досвід поліпшення експлуатаційно-технологічних показників вітчизняних тракторів. Техніка АПК. – 2008. – №8.
5. Надикто В. Енергонасиченість тракторів та шляхи її реалізації. Техніка і технології АПК. – 2011. – N 9. – С. 8-11

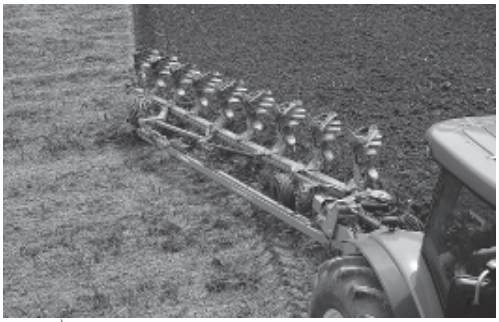
М. Л. Заєць к. т. н., доцент В. Р. Савчук, магістр
Житомирський національний агроекологічний університет м. Житомир, Україна.

$$\frac{\partial W_{ен}}{\partial B}=0,1\cdot B\cdot\tau$$

НАВІСНІ ТА НАПІВНАВІСНІ ПЛУГИ ДЛЯ АГРЕГАТУВАННЯ З ЕНЕРГОНАСИЧЕНИМИ ТРАКТОРАМИ

Для завантаження тракторів великої потужності в Україну в даний час масово ввозяться навісні та напівнавісні плуги зарубіжних фірм Німеччини – Lemken (*рис. 1, а.*), Норвегії – Kverneland (*рис. 2*), Франції – Kuhn, Gregoire Besson (*рис. 3*) і інш. [1,2,3,4.]

Ці плуги в основному представлені в оборотному виконанні. Оборотні плуги призначаються для гладкої оранки без гребенів і розгінних борозен. На рамі плуга встановлені дзеркально право- і левообертаючі корпуси. Під час розвороту на наступний хід плуг перевертається іншою стороною і обертає грунт в ту ж сторону [10]. Для забезпечення повороту рами плуга на наступний хід в конструкції застосовано оборотний пристрій, який приводиться в дію від гідросистеми трактора *(рис. 1б*) [56, 65, 105]. У варіантному виконанні ці плуги оснащуються системою регулювання ширини за-



а)



б)

Рис. 1. **Напівнавісний плуг плуг Lemken Diamant 12 виконаний за схемою з опорою на колесо**

хвату, за рахунок зміни кута установки основного бруса рами в межах 25... 32 °.

Навісні плуги, на які встановлюється до семи корпусів, призначені для агрегатування з тракторами тягового класу 5 (*рис. 2*).



Рис. 2. **Навісний семикорпусний оборотний плуг Gregoire Besson HRP-7**

В роботі сучасні напівнавісні обертові плуги спираються на опорне колесо (*рис. 1а*) або на візок *(рис 3а, б*). За першою схемою компонуються п'яти-десятикорпусні плуги, по другій – восьми – четирнадцятикорпусні плуги.

Опорний візок в робочому положенні рухається одним колесом по полю, другим – в борозні, значно ущільнюючи її дно (*рис. 3.*) [2, 4].

У *таблицях 1, 2* наведені характеристики основних закордонних виробників плугів призначених для агрегатування з енергонасиченими тракторами потужністю від 330 до 600 к. с.

З *табл. 2.* видно, що більшість іноземних плугів представлених на ринку, призначені для агрегатування з тракторами тягових класів 5 і 6, вони мають до 10 корпусів. Ці плуги представлені в навісному (*рис. 2*) і напівнавісному виконанні (*рис. 3 а, б*). Трактор рухається як в борозні, так і по полю. Навісні плуги випускаються шириною захвату не більше 3,5 м.

Виготовляються широкозахватні плуги, мають 10-14 корпусів, які призначені для агрегатування з тракторами тягового класу 8. Ці плуги виконані в основному напівнавісному оборотному виконанні. Основний брус рами встановлений під кутом 27-30 °. Відстань між корпусами 0,9... 1,1 м. Трактор рухається по полю (*табл. 2*).

У плугів гібридної конструкції напівнавісний оборотний плуг агрегатується з додатковим транспортним модулем, який має свою гідравлічну систему для підйому плуга в транспортне положення, модуль в свою чергу агрегатується з трактором в причіпному варіанті. При перекладанні в транспортне положення плуг піднімається за рахунок власної гідросистеми і гідроциліндрів модуля. До недоліків цього способу агрегатування



а) *б)*

Рис. 3. **Напівначіпний плуг Kverneland PW і Lemken Euro Titan виготовлений по схемі з опорним візком**

Таблиця 1.

Технічні характеристики плугів іноземного виробництва для агрегатування з тракторами тягового класу 8

Виробник	Gregoire Besson	Lemken	Kverneland
Серія	SPSL9-SPEL9	Euro Titan /Vari Titan	PW-RW
Тип	напінавісний, оборотній з опорноним візком	напінавісний, оборотній з опорноним візком	напінавісний, оборотній з опорноним візком
Потужність двигуна трактора, кВт	До 340	До 330	350
К-сть корпусів	7-13	9-12	7-14
Положення трактора	по полю	по полю	по полю
Ширина захвату, м	2,10-6,5	4,2-7,0	2,45-6,3

Таблиця 2.

Технічна характеристика оборотніх плугів, які агрегатуються з тракторами класу 6

Виробник	Kverneland			Gregoire Besson		Lemken		Kuhn		
Серія	EO -LO	PN -RN	PW -RW	HRP-7 /HRW-9	SPMF9/ SPML9	Euro Titan /Vari Titan	Euro Opal9 /Vari Opal 9	Juwel	Multi-Master	Chal-lenger
Тип	Навісний, оборотній	Напівначіпний, оборотній з опорним колесом	Напівначіпний, оборотній з опорним візком	Навісний, оборотній	Напівначіпний, оборотній з опорним колесом	Напівначіпний, оборотній з опорним візком	Навісний, оборотній	Навісний, оборотній	Навісний, оборотній	Напівначіпний, оборотній з опорним візком
Кількість корпусів	4-7	5-9	7-14	5-7	6-9	9-12	3-7	3-7	2-7	7-12
Положення рушіїв трактора	В борозні/ по полю	В борозні	В борозні/ по полю	В борозні/ по полю	В борозні/ по полю	По полю	В борозні	В борозні	В борозні	В борозні/ по полю
Конструктивна ширина захвату, м	1,2-3,5	1,75-4,05	2,45-6,3	1,8-3,5	2,1-4,5	2,7-6,6	0,9-3,15	0,9-3,15	2,45-3,5	2,45-5,4
Потужність двигуна трактора	180-240	Від 120	160-330	90-245	155-250	від 120	80-230	66-232	42-198	180-330

можна віднести значне збільшення довжини знаряддя і зниження маневреності агрегату. Довжина плуга Lemken Titan становить 20 м [4].

З цього випливає, що в даний час навісні, напівнавісні та причіпні (гібридні) плуги мають виконання у вигляді оборотної рами.

До недоліків оборотних плугів можна віднести: велику габаритну довжину, металоємність конструкції, високу вартість, наявність великої кількості складних систем і шарнірів, які зменшують експлуатаційну надійність.

Список використаних джерел

1. Kuhn [Електронний ресурс]. Каталог продукції Kuhn, оранка, напівнавісні оборотні плуги, Challenger. – електрон. дан., 2015. – Режим доступу. http://www. kuhn. ru/internet/webru.nsf/0/8DE6F1DFB96AD7BAC12579B30047A729?OpenDocument&p=22. 1. 2. 2.

2. Kwerneland [Електронний ресурс]. Обробка грунту, плуги, напівнавісні оборотні плуги, Kwerneland. – електрон. дан., 2015.

3. Kwerneland [Електронний ресурс] Грунтообробна техніка Kwerneland, корпуси. – електрон. дан., 2015.

4. LEMKEN [Електронний ресурс]. Продукція, оранка, Діамант 11/12. – Електрон. дан., 2015.

Р. С. Грудовий к. т. н., доцент. О. В. Плечко студент
Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ

При визначенні параметрів планетарного механізму приводу різального апарату зернозбиральних жаток основним завданням є, визначення і узгодження кінематичних та конструкційних параметрів таким чином, що координатна точка, на початку руху сателіта, мала прямолінійну траєкторію, тобто забезпечувався зворотно-поступальний рух. Подібна прикладна задача відображена в джерелах [1] і [2].

Розглянемо схему руху зображену на (*рис. 1*), на якій показано триланковий одноступінчастий планетарний механізм із внутрішнім зачепленням сателіта [1,2,3].

Якщо водило обернеться на кут $\varphi_н$ (*рис. 2*) центр обертання сателіта з точки O_0 переміститься в положення O_1, а вісь сателіта виконає оберт на кут φ який можна визначити з формули [1, 2]:

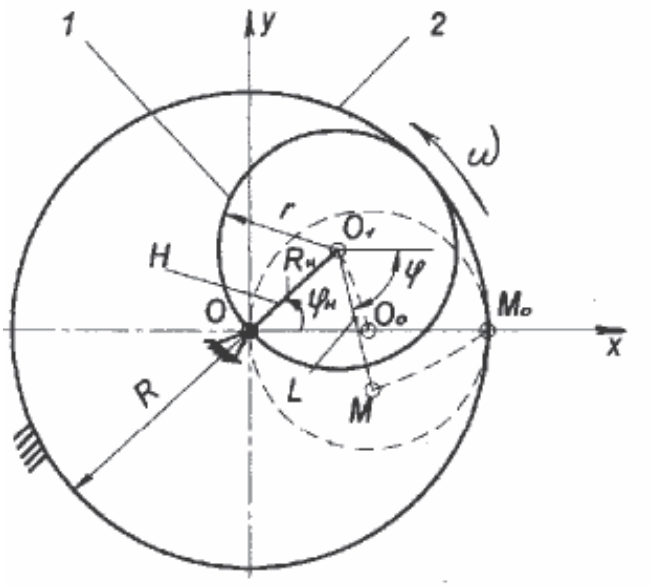


Рис. 1. **Розрахункова схема визначення параметрів планетарного механізму приводу ножа різального апарату:**
1 – сателіт; 2 – опорне колесо; Н – водило.

$$\varphi = i_{1н} \cdot \varphi_{н} \qquad (1)$$

де:

– передаточне відношення планетарної передачі;

– передаточне відношення зубчатої пари.

z_1, z_2 – кількість зубів сателіта і нерухомого колеса;

C – число пар у механізмі.

Тоді траєкторія руху сателіта тобто, точки M в початковий момент M_o, напишемо наступним чином:

$$x = R_H \cdot \cos\varphi_H + L \cdot \cos\varphi_{1H}\varphi_H \qquad (2)$$

(3)

де:

R_H – довжина тіла водила;

L – довжина від центра осі сателіта до траєкторії точки M.

З метою забезпечення y-const, потрібно визначити першу похідну по $\varphi_н$ і прирівняти її до нуля:

(4)

тоді отримаємо:

(5)

Аналізуючи отриману модель (5) бачимо, що передаточне число буде становити $i_{1н}$ = -1, що забезпечить прямолінійний рух точки M. Згідно отриманих математичних моделей, а також передаточного числа пари, яке рівне -1, параметри механізму приводу різального апарату будуть наступні *(рис. 1, 2)*:

$$i_{1H} = 1 - \frac{z_2}{z_1} = 1; z_2 = 2z_1; R = 2R_H; R_H + r = R = 2r; R_H = r = L;$$

z_1, z_2 – потрібно встановити з парною кількістю зубів.

Визначимо згідно встановлених геометричних параметрів приводу хід ножа:

$$x = S = 2R_H(1 - \cos\omega t) \qquad (6)$$

де $(\omega t = \varphi_н)$ – кутова швидкість обертання водила, рад/с

Тоді, максимальна відстань переміщення ножа різального апарату буде становити:

(7)

Звідки визначимо швидкість різання ножа:

(8)

Взявши першу похідну від (2. 8) отримаємо прискорення руху ножа:

$$W = \frac{d^2x}{d^2\varphi_H} = 2\omega^2 \cdot r \cdot \cos\omega t \qquad (9)$$

Провівши кінематичні дослідження планетарного механізму приводу різального апарату, визначено:

– в даному типі приводу відсутні інерційні сили, в порівнянні із кривошипно-шатунним механізмом.

– оскільки, хід ножа при кривошипному приводі має двократну довжину кривошипа механізму, тому єдиним способом збільшення величини ходу є збільшення плеча важеля даного приводу, що призводить до зростання негативного явища вертикальних сил інерції та розбалансування системи.

– встановивши планетарний тип приводу різального швидкісного апарату, ми отримаємо зменшення затрат енергії на привід до 25%, а зростання ККД на10…12 %.

Враховуючи дані переваги планетарного приводу ножа різального апарату жатки, приймаємо рішення про доцільність подальшого дослідження та використання в приводі різальних апаратів жатних частин даного пристрою.

Оскільки в меті даної роботи декларували ціль позбутися шатунного приводу різальних швидкісних апаратів жниварок, а від так і незрівноважені сили інерції у вертикальні площині. Можливе рішення даної проблеми полягає у застосуванні типу привідного механізму, який має назву "синусний" (*рис. 3*)

Принцип роботи даного типу механізмах полягає у перетворенні обертового руху у зворотньо-поступальних ножа апарату без застосування шатуна. В даному конструктивному рішенні вал кри-

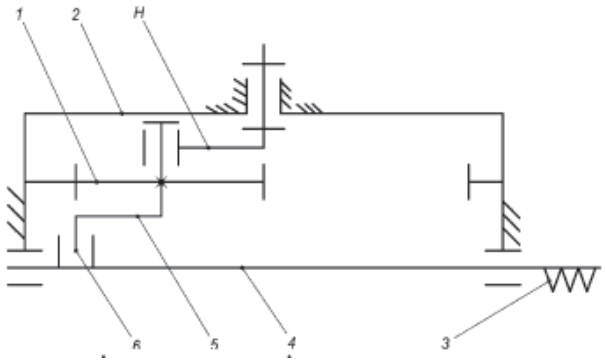


Рис. 2. **Схема планетарного механізму приводу різального апарату, з прямолінійним рухом сателіта:**
1 – сателіт; 2 – сонячне нерухома шестерня; Н – водило; 3 – сегменти ножа; 4 – головка різального апарату; 5 – важіль кривошипа; 6 – палець.

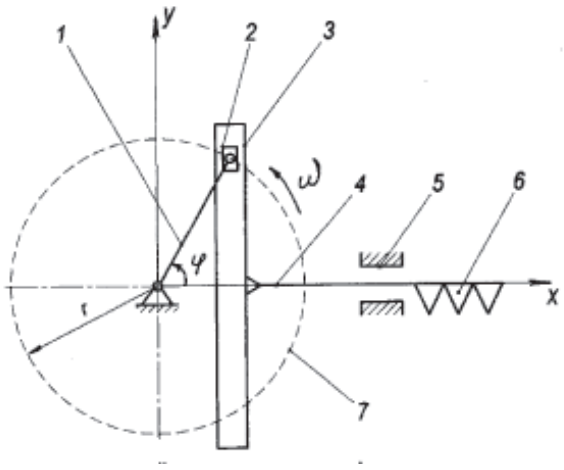


Рис. 3. **Схема кінематична "синусоїдного" приводу різального апарату жаток низького зрізу:**
1 – кривошипний механізм; 2 – повзун; 3 – направляюча куліса; 4 – привід ножа; 5 – кульова опора; 6 – сегментно-пальцевий різальний апарат; 7 – траєкторія кінцевої точки кривошипа.

вошипа 1 прикріплений до повзуна 2, який рухається по направляючих куліси 3, яка в свою чергу передає лінійне переміщення на головку приводу різального апарату. Рух ножа 4, відбувається тільки поступально в площині завдяки кульовій опорі 5. Направляючій надається тільки зворотньо-поступальний рух від пальця кривошипа який обертається по радіусу r, якому передається обертовий рух від редуктора приводу жатки комбайна.

Список використаних джерел

1. Сисолін П. В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи конструкція, проектування: Підручник для студентів вищих навчальних закладів із спеціальності "Машини та обладнання с. г. виробництва" (За ред. М. Г. Черновола). Кн. 1. К.: Урожай, 2001. 384с.

2. Смолінський, С. В. Аналіз взаємозв'язку між базовими параметрами сучасних зернозбиральних комбайнів / С. В. Смолінський. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Харків. 2010. Вип. 93, т. і. С. 182-186.

3. Нєдовєсов, В. І. Графічне і математичне моделювання показника "об'єм бункера зернозбирального комбайна" / В. І. Нєдовєсов, М. Д. Занько. Механізація і електрифікація сільського господарства. 2012. Вип. 96. С. 240-246.

E. B. Aliiev, I. V. Lytvynov, O. M. Patsula
Dnipro State Agrarian and Economic University Institute of Oilseed Crops NAAS

DEVELOPMENT OF A BRUSH ROTARY SIFTER FOR GROUND OILSEED CAKE FROM LESS COMMON OILSEED CROPS

One of the main methods for processing oilseed cake from less common oilseed crops is grinding [1]. The purpose of this process is to obtain particles of optimal size, suitable for subsequent technological operations, such as adding to compound feed followed by ingredient mixing.

Oilseed cake is sequentially ground using screw crushers, disc mills, single-pair grooved roller mills, and hammer crushers. After grinding, the cake flour should be as homogeneous as possible and contain 80 % of particles capable of passing through a 1 mm sieve for sunflower and flaxseed cake [2].

The main requirements for sunflower seed cake according to DSTU 80-96 are as follows:

– The mass fraction of moisture and volatile substances in the cake should not exceed 8. 5 %;

– The mass fraction of crude protein, recalculated on an absolutely dry basis, should be at least 38 %;

– The mass fraction of crude fiber, recalculated on an absolutely dry basis, should not exceed 12 %.

With the establishment of new enterprises for processing unhulled sunflower, rapeseed, flax, mustard, and other seeds using press-extruders, oilseed cake production is gradually increasing. The increased fiber content in this cake, due to the husk fraction, reduces its quality, limits its percentage in compound feeds for pigs and poultry, and does not meet regulatory requirements (*Table 1*) [3].

Analyzing table 1, it can be concluded that both the cake from unhulled and hulled seeds do not meet regulatory standards.

Therefore, addressing the mechanization of oilseed cake processing by improving technology and equipment to isolate the protein fraction is highly relevant.

Table 1

Chemical composition of sunflower seed cake, %

Type of oilseed cake	Dry matter	Protein	Fiber	Fat	Nitrogen-free extractive substances	Ash
Cake from unhulled seeds	94. 3	18-25	15-18	8-14	25-30	8. 5
Cake from hulled seeds	93. 6	25-33	11-15	9-16	23-29	7. 2

During the grinding process, oilseed cake particles of different sizes, shapes, densities, and aerodynamic properties are formed. This is because ground cake is a loose mixture consisting of crushed and partially defatted kernel, which contains the main amount of protein, and crushed husk, which is primarily composed of fiber. This allows the separation of ground oilseed cake into a protein-rich kernel fraction and a husk fraction, which consists mainly of fiber.

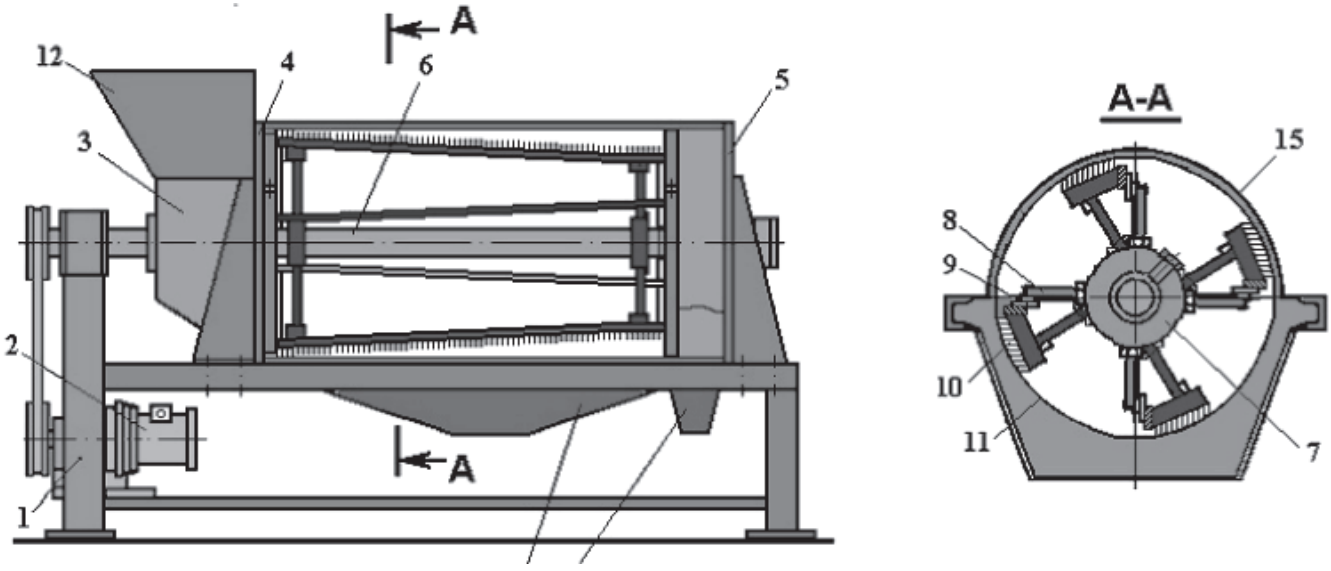
Mechanical separation is the most widely used method for sieving bulk materials. In this process, bulk materials, such as ground grain products, are separated using sieves, which can also be utilized for dividing ground oilseed cake into protein and husk fractions.

The remaining husk fraction can be used as feed for cattle, as well as for producing fuel briquettes or pellets.

Preliminary analytical and experimental studies have shown that the most suitable sieving device for extracting the protein fraction from ground oilseed cake could be a brushing rotor sifter. This machine, originally designed for flour milling, can be adapted for sieving bulk oil-rich materials if the brushes perform the dual function of a transporting working body and a cleaner. To achieve this, the brushes must be in contact with the sieve surface and arranged in a helical pattern relative to it.

The proposed brush sifter, shown in Figure 1, consists of a frame that supports a drive mechanism and a housing with two sidewalls. Between the sidewalls, there is a rotor, which consists of a shaft with mounted bosses and pins, to which plates are rigidly attached. Brushes are fixed to adjacent plates. The bosses can rotate relative to the shaft, changing the angle of the brushes. A sieve is stretched between the sidewalls in such a way that the brushes follow its surface during rotation, creating an oscillatory motion. The housing includes an inlet and an outlet. Below the sieve, there is an outlet window fixed to the frame. The upper part of the sieve is covered by a protective casing.

The ground oilseed cake is evenly fed into the inlet, from where it enters the working area between the brushes and the sieve through a window in the sidewall. As the shaft (6) rotates, the brushes capture the cake, and the passing protein fraction is sieved through the openings of the sieve and discharged as a fine powder through the discharge window. The unsieved oilseed cake, with a larger fraction, is discharged through the outlet. The sieved fraction can be used as a protein supplement in compound feeds for pigs and poultry or as a food product, depending on its protein and fiber content, which is regulated by interchangeable sieves. The coarse fraction, the husk,



1 – frame; 2 – drive; 3 – housing; 4, 5 – sidewalls; 6 – shaft; 7 – boss; 8 – pin; 9 – plate; 10 – brush; 11 – sieve; 12 – inlet; 13 – outlet; 14 – discharge window; 15 – protective casing

Figure 1 – Structural and technological diagram of the brush rotary sifter

primarily contains fiber and can be used for cattle feed and the production of fuel briquettes.

A distinctive feature of the proposed brush sifter is that the additional cleaning of the sieve is carried out by shaking it during the rotation of the rotor. During the time the ground oilseed cake stays on the surface of the sieve, the passing material should be completely sieved through its holes. Moreover, the cylindrical sieve is fixed only at the beginning and the end of the sieving area.

References

Список використаних джерел

1. Алієв, Е. Б., Пацула, О. М., Гриценко, В. Т. (2017). Технологія комплексної безвідхідної переробки макухи з насіння олійних культур з одержанням високоякісних повноцінних протеїнових добавок у вигляді пелет та твердого біопалива: Науково-методичні рекомендації. Запоріжжя: СТАТУС, 96 с.

2. Алієв, Е. Б., Миколенко, С. Ю., Сова, Н. А. та ін. (2022). Техніко-технологічне забезпечення безвідходної переробки зернової сировини у харчові продукти і корми: колективна монографія / за заг. ред. Е. Б. Алієва. Дніпро: ЛІРА, 192 с.

3. Алієв, Е. Б., Колбасін, О. О., Ручий, І. А. (2016). Результати експериментальних досліджень щіткового роторного просіювача. Збірник тез Міжнародної наукової інтернет-конференції "Олійні культури. тенденції та перспективи" (1 листопада 2016 р.). Запоріжжя: ІОК НААН, 132-133.

В. В Сакундяк, М. О. Синчак

заклад вищої освіти "Подільський державний університет" м. Кам'янець-Подільський, Україна.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНОСУ ВАЛЬНИЦЬ

Вальниці є критично важливими компонентами у багатьох механічних системах. Проте, їхній неправильний вибір, експлуатація або недоліки в конструкції можуть призвести до скорочення терміну служби та несправностей [1].

Ефективні заходи щодо збільшення довговічності можна розробити лише за умови глибокого розуміння причин пошкоджень поверхневих шарів деталей вальниці, фізичної сутності та закономірностей розвитку цих процесів. Основною причиною вибракування вальниць є зношування. Друге місце за питомою вагою займає руйнування сепараторів. Далі йдуть причини, пов'язані з провертанням кілець вальниць на валах і в корпусах, ушкодженнями втомного характеру, вм'ятинами на поверхнях, відколами кілець тощо [2].

Усі ці фактори можна згрупувати в дві категорії: експлуатаційні та конструктивно-технологічні. Причини першої групи обумовлюються рівнем дотримання правил експлуатації машин. За умови правильного використання техніки можна значно підвищити довговічність вальниць.

Друга група факторів визначається стабільністю якості виробництва вальниць, дотриманням технології виготовлення та ремонту машин. Якість виробництва залежить від таких факторів: правильного вибору матеріалів і конструкції вальниць; співвідношення розмірів їхніх деталей та раціональних внутрішніх зазорів; вибору режимів обробки; забезпечення контролю якості; автоматизації процесів виготовлення й контролю [3].

Важливим чинником, що впливає на довговічність вальниць, є дотримання технології виготовлення та ремонту машин, що визначає умови їхньої роботи. Надмірна шорсткість робочих поверхонь деталей вальниці сприяє швидкому збільшенню радіального зазору через зминання мікровиступів, що призводить до виходу вальниці з ладу.

Відхилення від геометричних параметрів деталей спричиняє локальне перенавантаження контактних зон, що призводить до втомного викришування металу. Дефекти посадкових поверхонь викликають нерівномірний розподіл навантаження між тілами кочення, що сприяє прискореному зносу.

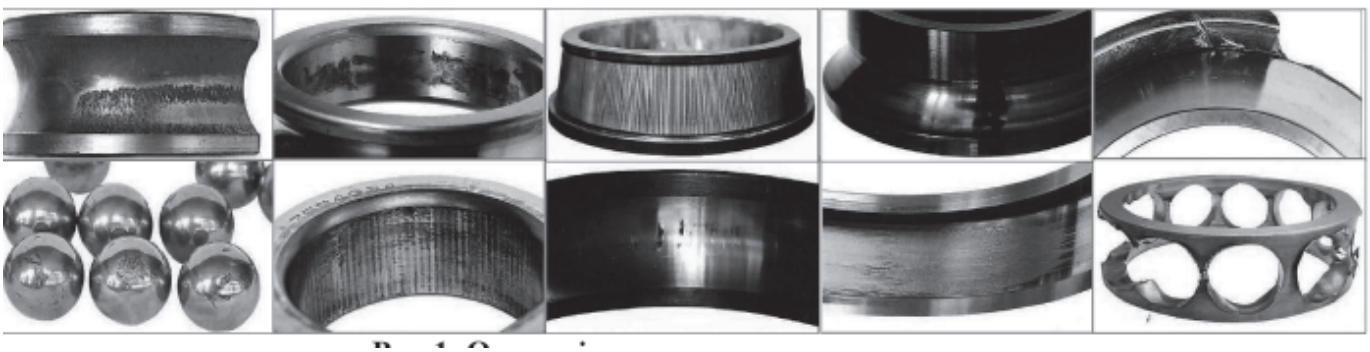


Рис 1. **Основні типи пошкоджень вальниць**

Одним із поширених дефектів є ослаблення посадок, що спричиняє провертання кілець, інтенсивне зношування посадкових поверхонь, доріжок кочення та кульок. Більшість посадкових місць зовнішніх кілець розташовані в корпусних деталях. Їхня заміна під час ремонту супроводжується витратами, які можуть досягати 45% загальної вартості ремонту вузлів та агрегатів. Основні типи пошкоджень вальниць наведені на *рис. 1*.

Для підвищення довговічності роботи вальниць в сучасній інженерії використовують сучасні програмні засоби для симуляції та аналізу, які дозволяють виявляти їх потенційні проблеми та оптимізувати.

Одним із головних факторів, який впливає на довговічність вальниць, є навантаження. Сучасні програмні засоби дозволяють моделювати різні умови роботи, включаючи різні режими навантаження, швидкості, температури і середовища. За допомогою цих симуляцій інженери можуть оцінити робочі умови вальниць і виявити можливі проблеми, такі як збільшення тертя, перегрів чи ризик виходу з ладу.

Крім того, програмні засоби для аналізу дозволяють враховувати різні фактори, такі як геометрія вальниці, матеріали, змащення і умови експлуатації. Це дозволяє інженерам ефективно оптимізувати конструкцію вальниці та вибрати оптимальні матеріали і змащування для певного застосування.

Ще однією важливою функцією програмних засобів є прогнозування та моделювання зносу вальниць. За допомогою цих інструментів інженери можуть визначити прогнозований термін служби вальниці, що дозволяє виявляти відхилення в роботі та вчасно вживати заходів для попередження несправностей, що сприяє підвищенню їхньої довговічності та надійності. Ось кілька кроків, які допоможуть правильно побудувати симуляцію та провести необхідний аналіз (*рис. 2*):

1. Використання програми для створення комп'ютерних моделей вальниць дозволить аналізувати їхню реакцію на різноманітні умови роботи, такі як навантаження, швидкість, температура та змащування.

2. Finite Element Analysis – FEA. FEA дозволить моделювати поведінку матеріалів та компонентів вальниці під впливом різних факторів, таких як механічне навантаження, тертя та теплові ефекти.

3. Використання програм для динамічного моделювання дозволяють симулювати динамічну роботу вальниць, враховуючи різні фактори, такі як вібрація, резонанси та динамічне навантаження.

4. Програмні засоби дозволять візуалізувати результати симуляцій, що допоможе краще зрозуміти поведінку вальниць та прийняти обґрунтовані рішення щодо їхньої оптимізації.

5. Останній крок – застосування програмних засобів для оптимізації параметрів конструкції

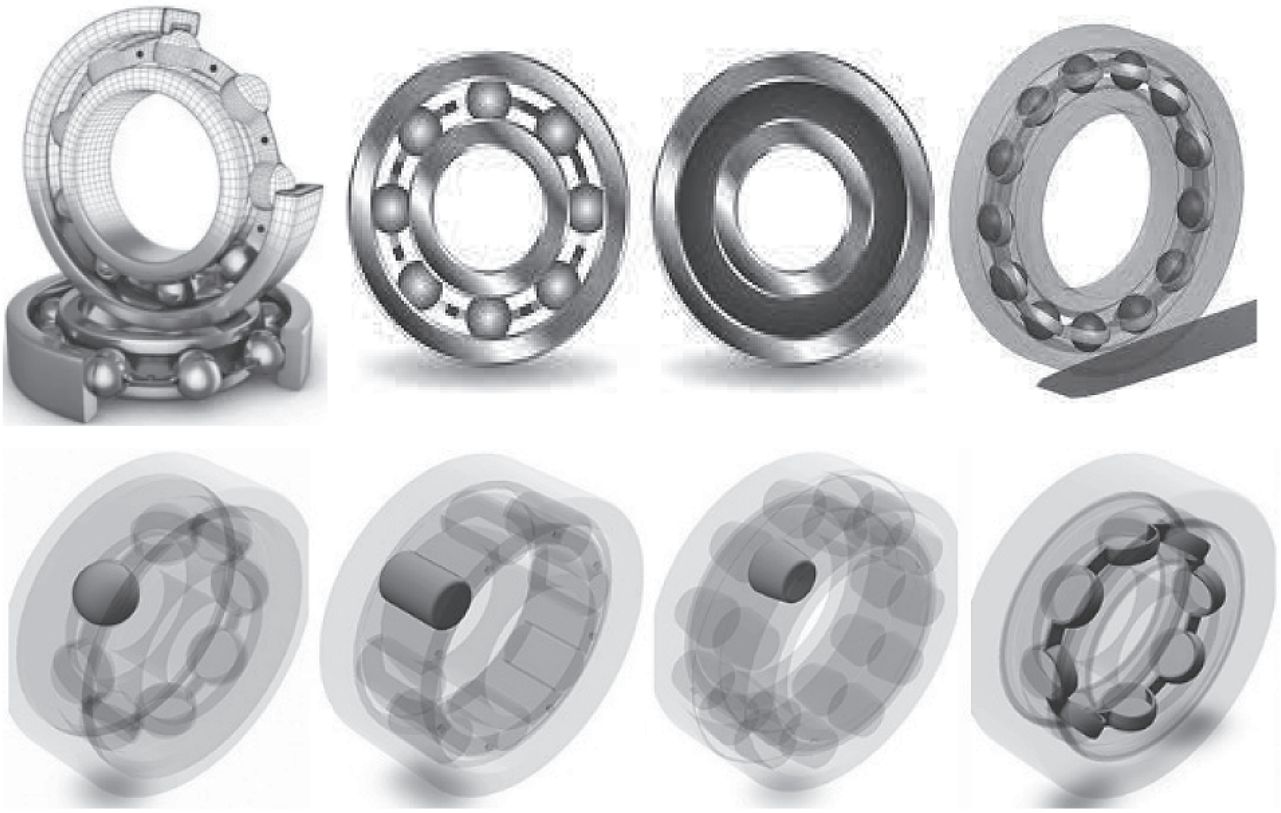


Рис 2. **Використання програмних засобів для візуалізації вальниць та режимів їх роботи**

вальниць, що дозволить знайти оптимальні рішення з точки зору продуктивності, довговічності та ефективності.

Отже, використання сучасних програмних засобів для симуляції та аналізу є ефективним інструментом для підвищення довговічності роботи вальниць. Вони дозволяють інженерам враховувати різноманітні фактори, виявляти потенційні проблеми та ефективно оптимізувати конструкцію та умови експлуатації, що призводить до покращення якості та надійності механічних систем.

Список використаних джерел

1. Ян Д. О. Підвищення довговічності підшипників кочення поліпшенням умов мащення // Пріоритети сучасної науки (частина І): матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. Київ. 2021. С. 64-65.

2. Червоненко Р. Є. Довговічність підшипників кочення та аналіз причин виходу їх з ладу // Збірник наукових статей. Техніка і технологія. Наукові досягнення, напрацювання, пропозиції. Варшава. 2015. С. 6-9.

3. Діденко М. М., Калганков Є. В. Вплив розмірно-точносних характеристик посадок підшипників кочення на їх довговічність // Zbi?r artyku??w naukowych Sp. z o. o. "Diamond trading tour". 2017. С. 38-43.

М. Г. Макаренко, І. О. Щербинський,

Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна.

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ В КОНСТРУКЦІЯХ ТРАКТОРІВ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ В ЦИФРОВІ АГРОТЕХНОЛОГІЇ

Цифрові технології в сільському господарстві забезпечують подвійний ефект: підвищення продуктивності та оптимізацію ресурсів. У цьому контексті трактори стають важливими елементами дигіталізованих агросистем. Вимоги до них виходять за межі тягово-енергетичних характеристик і вимагають інтеграції з інформаційними системами, платформами аналітики та системами автоматизованого управління. Саме це обумовлює актуальність розгляду інноваційних конструкцій тракторів.

Поточний етап розвитку сільськогосподарської техніки характеризується суттєвим зростанням рівня інтеграції електронних і програмних компонентів у конструкції тракторів. Цей процес отримав назву цифрової трансформації техніко-технологічної бази аграрного виробництва. Цифрова трансформація не лише змінює фізичну оболонку машини, але й докорінно перебудовує логіку її функціонування в агровиробничому контексті [1, 2].

У практичному вимірі цифровізація тракторобудування реалізується через низку наступних основних напрямів [3].

Автоматизація функцій управління – включає розвиток систем автоматичного рульового керування, контролю швидкості, зміни передач, керування гідравлічними механізмами. Такі системи забезпечують стабільність параметрів обробітку, зменшують вплив людського фактора та дозволяють скоротити час простою.

Впровадження засобів точного позиціонування – використання супутникових навігаційних систем з високою точністю (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) забезпечує мінімізацію похибок при здійсненні агротехнічних операцій. Зокрема, застосування RTK-корекції дозволяє досягати точності до 2 см, що є важливим для посіву культур із вузькими міжряддями або точного обприскування.

Інтелектуалізація прийняття рішень – трактори оснащуються алгоритмами адаптивного керування, машинного навчання та прогнозування, що дозволяє автоматично підлаштовуватися під змінні умови експлуатації. Це включає також функціонал самонавчання за результатами виконаних операцій, формування рекомендацій щодо налаштування агрегатів на основі Big Data та агрономічних моделей.

Підвищення енергоефективності – реалізується через використання гібридних та електричних силових установок, рекуперацію енергії та оптимізацію розподілу потужності в агрегаті. Застосування систем енергоменеджменту (наприклад, PowerMix або e-Manager) дозволяє гнучко керувати витратою пального залежно від навантаження.

Окрім цього, важливим напрямом є поява систем моніторингу ресурсного стану вузлів трактора (Condition Monitoring), що дозволяє визначати залишковий ресурс компонентів і здійснювати технічне обслуговування на основі фактичного зносу, а не за календарним принципом. Це не лише знижує експлуатаційні витрати, а й подовжує життєвий цикл техніки. Зростає також значення систем керування на основі даних у реальному часі, що дозволяє здійснювати динамічну оптимізацію параметрів роботи трактора. Концепція "розумної мобільності" (smart mobility), що формується на перетині транспортної інженерії, інформатики та агрономії, активно втілюється у сучасних моделях техніки. Впровадження штучного інтелекту в навігаційні та керуючі системи створює передумови для реалізації автономних машинно-тракторних агрегатів, здатних працювати у польових умовах без участі оператора [4].

Таким чином, розвиток тракторобудування виходить далеко за межі класичних уявлень про тех-

ніку як лише механічну систему, трансформуючи її у кібер-фізичний об'єкт, що взаємодіє з цифровими даними, програмним забезпеченням і зовнішнім середовищем. Такий трактор набуває ознак елементу кіберфізичної виробничої системи (CPPS), що є ключовою складовою індустрії 4. 0.

Центральним елементом цифрової трансформації тракторної техніки є впровадження інноваційних конструктивних рішень, що дозволяють поєднати механічну надійність із високотехнологічними цифровими функціями.

Традиційні дизельні двигуни зазнають поступового переосмислення в бік гібридних і повністю електричних рішень. У конструкціях сучасних тракторів активно застосовуються електронні блоки керування (ECU), що забезпечують адаптивну зміну параметрів впорскування, моменту запалення, регулювання турбонаддуву, рециркуляції вихлопних газів. Такі системи дозволяють зменшити питомі витрати пального до 10-15%, а також дотримуватись норм викидів EURO V та VI.

Сучасні трактори дедалі частіше оснащуються автономними системами керування, які реалізують сценарії безпілотної роботи. Застосування комплексів RTK-навігації, інерціальних сенсорів, комп'ютерного зору, LIDAR та AI-алгоритмів дозволяє створити автономні трактори, які можуть самостійно виконувати операції з обробітку ґрунту, посіву, внесення добрив та збирання врожаю.

Прикладами таких рішень є система AutoTrac (John Deere), AccuTurn (Case IH), VarioGuide (Fendt). Нові покоління цих систем підтримують сценарії роботи в умовах обмеженої видимості, на пересіченій місцевості, з можливістю визначення та об'їзду перешкод. Існують також концепції багатоагентних систем – наприклад, одночасна координація декількох автономних тракторів у полі для ефективнішого покриття площі.

Інтерфейс ISOBUS, що базується на протоколі ISO 11783, забезпечує єдину платформу для обміну даними між трактором і навісним обладнанням. Його розвиток включає нові функції: Tractor Implement Management (TIM), Section Control, Task Controller. Це дозволяє не лише спростити підключення агрегатів різних виробників, але й забезпечити повну автоматизацію робочих процесів.

Крім того, трактори нового покоління підтримують бездротові стандарти зв'язку (Wi-Fi, Bluetooth, LTE), що відкриває можливість передачі даних у хмарні платформи агроменеджменту. Така інтеграція дозволяє реалізувати цифровий тандем: трактор – платформа – оператор, що сприяє оперативному прийняттю рішень і аналізу ефективності виконаних робіт. Системи на зразок CLAAS TELEMATICS, JDLink, Raven Slingshot забезпечують двосторонню синхронізацію між польовою технікою та центральним офісом.

Інноваційні трактори оснащуються широким набором сенсорів: від сенсорів температури та тиску до гіроскопів, акселерометрів, оптичних та спектральних сенсорів, що дозволяє формувати детальний цифровий портрет польової операції. Інтеграція цих даних в системи Farm Management Information Systems (FMIS) дозволяє формувати карти-звіти, прогнозувати технічний стан вузлів, здійснювати технічне обслуговування за потребою (Condition-Based Maintenance).

У контексті забезпечення експлуатаційної надійності важливою є функція самодіагностики, яка дозволяє виявляти потенційні несправності ще до їхнього виникнення. Сучасні трактори мають модулі попередження про критичні параметри (наприклад, зниження тиску масла, перегрів, нестабільність обертів), які інтегруються з мобільними додатками та сервісними службами.

Таким чином, інноваційні конструктивні рішення у тракторобудуванні не лише покращують технічні характеристики машин, але й кардинально змінюють логіку їх взаємодії з агровиробничим середовищем. Вони формують передумови для переходу від машин, які виконують завдання, до машин, які самі формують і реалізовують технологічні сценарії – тобто від техніки до кібер-фізичних агентів агропростору.

Інтеграція тракторної техніки в цифрові агротехнології є стратегічним напрямом розвитку сучасного агровиробництва, який забезпечує синергію між механічними системами, інформаційними технологіями та агрономічними знаннями. У цьому контексті трактор розглядається не лише як технічний засіб виконання механізованих операцій, а як важливий елемент цифрової аграрної екосистеми, який здатен генерувати, передавати, обробляти та реалізовувати інформацію в реальному часі.

У цифровому агровиробництві трактор виконує функцію інтелектуального виконавчого пристрою, що реалізує завдання, сформовані на основі аналізу великих даних. Він виступає як термінал для збору агроінформації (через сенсори та телеметрію), як канал зворотного зв'язку з диспетчерським центром (через GSM/LTE або супутниковий зв'язок), а також як автономна платформа для реалізації завдань агротехнологічної карти.

Ця мультифункціональність обумовлює потребу в уніфікованих протоколах передачі даних, високій точності позиціонування та стійкості до зовнішніх впливів. У свою чергу, це зумовлює необхідність удосконалення конструктивних, електронних і програмних рішень у тракторобудуванні [5].

Цифрові агроплатформи – John Deere Operations Center, Trimble Ag Software, Climate FieldView, xFarm та інші – забезпечують можливість централізованого моніторингу, планування та аналізу ефективності техніки. Інтеграція відбувається за допомогою хмарних сервісів, що приймають дані від трактора в реальному часі, обробляють їх та повертають у вигляді рекомендацій або керуючих сигналів.

Трактори нового покоління мають вбудовані телеметричні модулі (наприклад, JDLink), які дозволяють оператору дистанційно контролювати технічний стан машини, маршрут руху, витрати ресурсів, а також отримувати аналітичні звіти. Такі можливості суттєво покращують управління флотом техніки, дозволяють оперативно реагувати на нештатні ситуації та приймати рішення, базовані на даних.

Завдяки використанню інтерфейсу ISOBUS і стандарту ISOXML, трактор може взаємодіяти з широким спектром навісного та причіпного обладнання, а також з іншими транспортними одиницями, сенсорними системами, метеостанціями, дронами тощо. Це відкриває нові горизонти для реалізації концепцій "інтернету речей у сільському господарстві" (Agri-IoT) та агрономічного Digital Twin.

Розвиток конструкцій тракторів у напрямі їх цифрової інтеграції є не лише технологічною потребою, а й стратегічною відповіддю на виклики майбутнього. Подальші дослідження мають бути зосереджені на створенні відкритих цифрових екосистем, поглибленні взаємодії між машинобудівними компаніями, агровиробниками та розробниками програмного забезпечення, що забезпечить сталий інноваційний розвиток агросектору на довготривалу перспективу.

Список використаних джерел

1. Макаренко М. Г., Пиріжок В. І. Використання штучного інтелекту у вбудованих системах сільськогосподарських тракторів. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4. 0 в XXI столітті" 04-05. 04. 2024. – Харкі:: ДБТУ, 2024 С. 192.

2. Макаренко М. Г. Перспективи тракторобудування // Агробізнес сьогодні. – 2014. – № 9. – С. 54-56.

3. Макаренко М. Г., Шевченко І. О. Роль штучного інтелекту та машинного навчання у підвищенні точності та надійності автомобільних систем. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "AutoTRAK-2024". – Київ: НУБіП України, 2024. С. 93-96.

4 Макаренко М. Г, Калашник Є. А. Переваги переходу до проактивного технічного обслуговування тракторів. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4. 0 в XXI столітті" 04-05. 04. 2024. С. 189.

5. Макаренко М. Г, Кривоніс С. В. Використання електронних мікропроцесорних систем для руху трактора по заданій траєкторії. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4. 0 в XXI столітті" 04-05. 04. 2024С. 190

46. Р. І. П'ясецький, М. О. Синчак

заклад вищої освіти "Подільський державний університет" м. Кам'янець-Подільський, Україна.

РЕГЕНЕРАЦІЯ ОЛИВ: ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ

В сучасному світі зростає увага до екології та раціонального використання ресурсів. Одним з важливих аспектів є олива, яка використовується в різноманітних промислових та автотранспортних системах. Відновлення та регенерація використаних мастильних олив, а також їх повторне застосування, здатні забезпечити значну економічну вигоду та екологічний ефект, сприяючи раціональному використанню ресурсів. З огляду на це, актуальним завданням є розробка і впровадження сучасних методів очищення та регенерації відпрацьованих олив.

Класифікація, характеристики та вимоги до якості мастильних матеріалів регламентуються нормативними документами та численними інформаційними джерелами. Номенклатура мастильних матеріалів докладно описані у відповідній літературі [1].

Експлуатаційні характеристики мастильних матеріалів формуються шляхом введення у базову оливу спеціальних присадок, які можуть взаємодіяти між собою як позитивно, так і негативно. Тому змішування олив різних виробників не рекомендується, оскільки це може негативно вплинути на функціонування системи [2].

У процесі експлуатації мастильні матеріали зазнають старіння, забруднення та змін у експлуатаційних характеристиках. Дослідження свідчать, що рівень забрудненості олив значною мірою впливає на працездатність та надійність сільськогосподарської техніки. Близько 12-15% відмов спричинені механічними домішками. Зменшення розміру частинок забруднень від 25 до 5 мкм подовжує ресурс у 5-7 разів.

От і виникає питання: що є доцільнішим – придбання нової оливи чи регенерація використаної? Закупівля нових мастильних матеріалів тягне за собою значні фінансові витрати, а утилізація відпрацьованих олив створює екологічні ризики [3]. Наприклад, один літр відпрацьованої оливи може забруднити до мільйона літрів питної води.

Замість покупки нової можна очистити та відновити відпрацьовану оливу. Однак я хочу виділити певні обмеження повторного використання очищеної оливи:

• зношеність та деградація. Після кількох циклів використання очищена олива може втратити свої змащувальні властивості та якість;

• потенційний вплив на продуктивність. Хоча повторне використання очищеної оливи може зда-

тися вигідним, воно також може мати вплив на продуктивність та ефективність обладнання. Недостатня якість оливи може призвести до збоїв у роботі обладнання, що в свою чергу призведе до збитків та додаткових витрат на ремонт;

• необхідність технологічного контролю. Важливо регулярно перевіряти якість та властивості очищеної оливи, щоб уникнути її використання в некоректних умовах;

• вимоги до обладнання. Не всі методи очистки можуть підійти, іноді для цього потрібне спеціальне обладнання та кваліфікований персонал;

• обмежена ефективність: Деякі види оливи важко очистити або неможливо повторно використовувати через їхні особливості.

Чинна система заміни моторних мастил за фіксованим ресурсом не є ефективною з точки зору економічності. Основним критерієм для планування технічного обслуговування залишається напрацювання автомобіля, хоча за останні роки якість мастил значно покращилася, тоді як рекомендовані терміни їхньої заміни не переглядалися вже десятки років. Як наслідок, під час планових техобслуговувань зливаються ще придатні до використання високоякісні мастила.

Для контролю стану відпрацьованого мастила доцільно застосовувати стандартні методи аналізу, зокрема визначення його диспергуючих властивостей, вмісту води, механічних домішок та показників в'язкості. А вже після проведеного аналізу вибирати потрібний метод очищення оливи.

Методи очищення та регенерації залежать від типу відпрацьованих олив. Ефективним методом є фільтрація, що включає пропускання оливи через фільтрувальні матеріали, які затримують забруднення. Фільтри можуть бути одноразовими (картонні, скловолоконні, керамічні) або багаторазовими (сітчасті, дротяні).

Інші види відпрацьованих олив потребують спеціалізованих, а інколи і інноваційних методів очищення:

1. Магнітна фільтрація з абсорбцією. Процес полягає в пропусканні відпрацьованої оливи через магнітні фільтри, які притягують металеві частки та через спеціальні абсорбенти для поглинання забруднень, залишаючи оливу чистою.

2. Центрифугування і мембранна фільтрація використовує обертання для відокремлення оливи від забруднень. Під впливом тиску чиста олива проходить через мембрани з мікроскопічними порами, де забруднення затри-мується. Цей метод ефективний у видаленні як видимих, так і мікроскопічних забруднень.

3. Електроосадження. Забруднена олива проходить через заряджене електричне поле, де піддається заряду, що сприяє притягуванню забруднень до електродів, після чого вони відокремлюються, зали-шаючи оливу чистою.

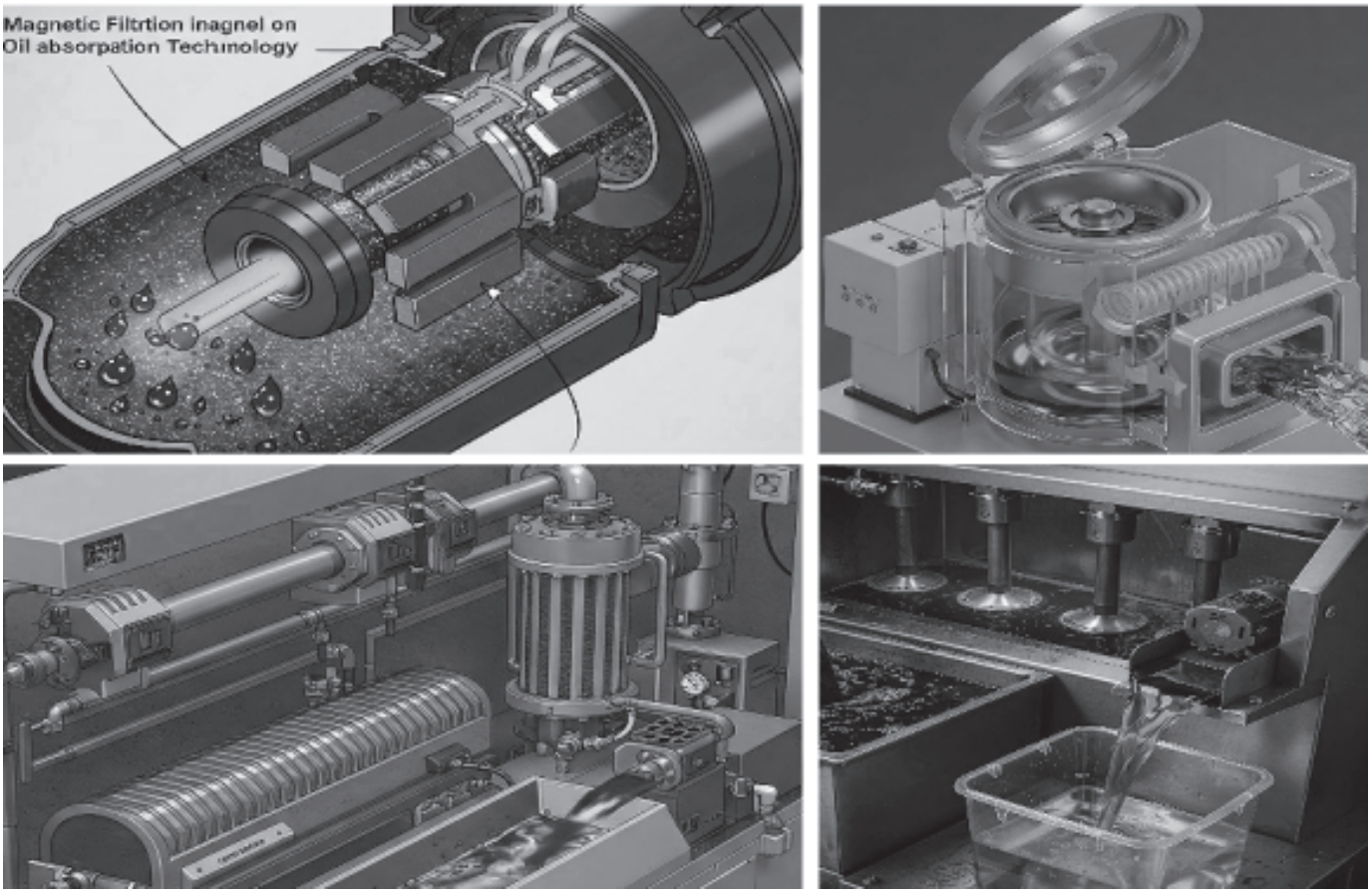


Рис 1. **Інноваційні методи очищення**

4. Ультразвукова очистка. Ультразвукова технологія використовується для розбиття та розплавлення забруднень у оливі. Під впливом ультразвукових хвиль забруднення руйнуються, що дозволяє легше їх видалити, покращуючи якість оливи.

Аналіз літературних джерел засвідчує, що відновлення та регенерація відпрацьованої оливи мають значний економічний і екологічний потенціал. Проте для ефективного впровадження цієї технології необхідно вирішити низку технічних і регуляторних проблем, пов'язаних із якістю, економічною доцільністю та відповідністю стандартам. Усі ці фактори слід враховувати, а методи потребують уважного аналізу при розгляді можливостей повторного використання очищеної оливи. За умови подальшого розвитку методів очищення та вдосконалення регулюючих механізмів, використання відновленої оливи може стати важливою складовою сталого розвитку промисловості та транспорту.

Список використаних джерел

1. Окоча А. І. Моторні оливи вітчизняні та імпортні (класифікація, позначення, взаємозамінність, рекомендації). Аграрна техніка та обладнання. 2009. № 1. С. 54-59.

2. Диха О. В., Стебелецька Н. М., Динько О. П. Композиційні мастильні матеріали в трибосистемах ковзання машин. Проблеми трибології. 2017. № 4. С. 39-45.

3. Мітков Б. В., Болтянський В. М., Мітков В. Б., Михайлов О. В. Регенерація відпрацьованих олив з метою їх повторного використання // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання. Мелітополь. 2011. Вип. 11. С. 159-165.

Гнатюк О. Ф. викладачвищої категорії,
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ПЕРСПЕКТИВНИЙ ВІБРОУДАРНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗВАНТАЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Анотація: *У зв'язку з ростом об'єму перевезень насипних вантажів автомобільним транспортом потребується підвищення рівня механізації і автоматизації вантажно-розвантажувальних робіт. Для механізації процесів розвантаження в останні роки створенні різні потужні високопродуктивні розвантажувальні машини оригінальних конструкцій (автомобілеперекидачі, віброплощадки, елеватори, тощо). Це надає можливість прискорити розвантаження, знизити затрати і скоротити наднормативні простої автомобілів-самоскидів під розвантаженням.*

Ключові слова: віброударне навантаження, гідропривод, клапан-пульсатор.

Постановка проблеми. Впроваджені рекомендації діагностики техніко-технологічних показників роботи розроблені практичні рекомендації по розробці і проектуванні нової конструкції гідроімпульсного привода розвантажувального пристрою для транспортних засобів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій:

– обґрунтувати доцільність використання вібрацій і ударів та визначити переваги і недоліки існуючих типів віброприводів, що можуть бути використані для підвищення ефективності процесів розвантаження транспортних засобів;

– обґрунтувати вибір конструктивних схем та розробити на їх базі новий гідроімпульсний привод віброударного пристрою для підвищення ефективності розвантаження кузовів-самоскидів транспортних засобів;

– розробити математичну модель гідроімпульсного привода віброударного пристрою і ударної взаємодії гідроциліндра із змінними інерційними масами з кузовом автомобіля-самоскида;

– провести дослідження математичних моделей на ЕОМ з визначенням режимів роботи привода.

Формулювання цілей:

– набули подальший розвиток та застосовані основні положення резонансно-структурної теорії щодо поведінки навалочних вантажів під дією вібрацій і ударів;

– вперше розроблена математична модель гідроімпульсного привода віброударного пристрою у вигляді систем нелінійних диференціальних рівнянь, які відображають взаємозв'язок між основними періодами робочого циклу спрацювання запірних елементів автоматичного розподільника з певними початковими та граничними умовами;

– вперше розроблена математична модель процесу передачі енергії удару виконавчим органом віброударного пристрою кузова-самоскида, запропоновано аналітичний критерій оцінки стану його ефективного розвантаження.

Об'єкт дослідження – пристрої для вібраційного і віброударного розвантаження транспортних засобів.

Предмет дослідження – гідроімпульсний привод віброударного пристрою для розвантаження кузовів-самоскидів транспортних засобів.

Методи дослідження. До основних методів дослідження входить математичне моделювання процесів в гідроімпульсному приводі віброударного пристрою з урахуванням його конструкційних особливостей і режимів роботи на основі нелінійних диференціальних рівнянь механіки руху твердого та рідинного тіла з використанням чис-

лових методів їх розв'язання для визначення в аналітичній і графічній формі основних параметрів гідроімпульсного привода віброударного пристрою і ефективних режимів розвантаження сипучих, великокускових і змерзлих вантажів за допомогою віброударного пристрою. Наукова новизна одержаних результатів.

Наукову новизну складають такі основні її результати і положення:

– набули подальший розвиток та застосування основні положення резонансно-структурної теорії щодо поведінки навалочних вантажів під дією вібрацій і ударів;

– вперше розроблена математична модель гідроімпульсного привода віброударного пристрою у вигляді систем нелінійних диференціальних рівнянь, які відображають взаємозв'язок між основними періодами робочого циклу спрацювання запірних елементів автоматичного розподільника з певними початковими та граничними умовами;

– вперше розроблена математична модель процесу передачі енергії удару виконавчим органом віброударного пристрою кузова-самоскида, запропоновано аналітичний критерій оцінки стану його ефективного розвантаження.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Перспективним напрямком в різних галузях народного господарства є застосування корисних вібраційних і віброударних навантажень. Широкого застосування отримали зазначені технології в розвантажувальних роботах, що дозволяє підвищити продуктивність праці, зекономити матеріальні ресурси, а також покращити умови праці використання даних процесів..

Слід зазначити, що висока ефективність вібраційних і віброударних процесів забезпечується завдяки реалізації найбільш оптимальних силових впливів на об'єкт обробки, а також досягнення в результаті цього його необхідних фізико-механічних параметрів, в тому числі міцності та щільності, а також забезпечення інтенсифікації процесу руйнування при динамічному характері прикладеного до них навантаження.

На *рис. 1а* показано схематичне розташування вузлів гідроприводу, на *рис. 2б* гідравлічна схема приводу вібраційного розвантажувача автомобіля-самоскида, на *рис. 2в* конструктивна схема вмонтованого клапана-пульсатора гідропривода вібраційного розвантажувача автомобіля-самоскида. [2].

Запропоновано використовувати базовий гідропривод автомобіля-самоскида, в якому за рахунок створення в додатковому робочому вібраційному гідроциліндрі 5 пульсуючого тиску від загального гідронасоса 18, за допомогою спеціального віброзбуджувача, або клапана-пульсатора [3], досягається можливість створення вібрацій кузова 16, що призводить до одночасного його очищення і розвантажування.

Пристрій працює наступним чином. Коли кузов 16 автомобіля-самоскида за допомогою телескопічного підйомного гідроциліндра 1 розвантажується, робоча рідина під тиском від загального гідронасоса 18 поступає в робочу порожнину вібраційного гідроциліндра 5 по магістралі 7 від напірної лінії 6, до якої підключений розподільний пристрій – кульковий однокаскадний клапан-пульсатор 14. Клапан-пульсатор періодично при досягненні заданого тиску, визначеного за розрахунковим значенням робочого зусилля плунжера 3 вібраційного гідроциліндра 5, з'єднує напірну магістраль 6 зі зливом 13 через дросель12.

Таким чином, у робочій порожнині вібраційного гідроциліндра 5 амплітудне значення тиску рідини змінюється із визначеною періодичністю (частотою) від мінімального до максимального значення, який регулюється за допомогою регулювального гвинта 9, що захищений кришкою 10 і проходить гвинтовим з'єднанням через кришку 8 і з'єднується з кульковим клапаном-пульсатором 14 через регулювальну пружину 11. У проміжок часу,

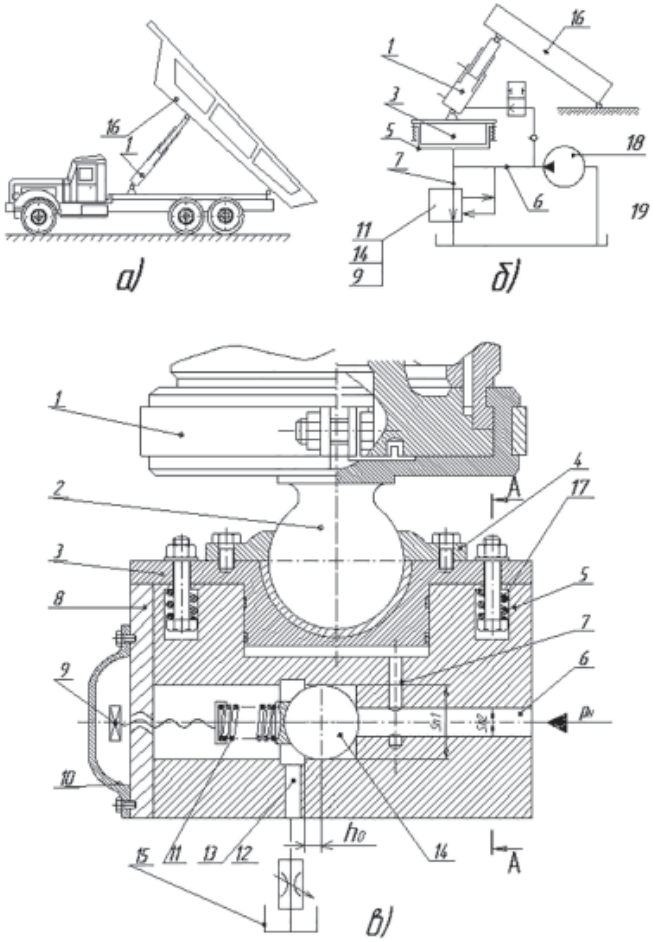


Рис. 1. **Гідропривод вібраційного розвантажувача автомобіля-самоскида:**
а) схематичне розташування вузлів гідроприводу; б) гідравлічна схема приводу вібраційного розвантажувача автомобіля-самоскида; в)конструктивна схема вмонтованого клапана-пульсатора.

коли кульковий клапан-пульсатор 14 закритий і напірна лінія 6 відділена від лінії зливу 13, гідронасос 18 подає робочу рідину під тиском в робочу порожнину вібраційного гідроциліндра 5. Під дією тиску рідини плунжер 3, з'єднаний з телескопічним підйомним гідроциліндром 1 за допомогою шарніра 2, що закріплений кришкою 4, переміщується відносно опори – корпуса вібраційного гідроциліндра 5. Напірна лінія 6 з'єднується з лінією зливу 13, яка в свою чергу з'єднана із баком 15, в момент, коли тиск робочої рідини в напірній лінії досягає максимального значення і спрацьовує кульковий клапан-пульсатор 14. Коли тиск в гідросистемі зменшується до тиску закриття пружин 17 повертають плунжер 3 у вихідне положення. У результаті закриття кулькового клапана-пульсатора 14 напірна лінія 6 від'єднується від зливної лінії 13, система переходить у попереднє положення і робочий цикл повторюється.

Принцип дії віброзбуджувача, що входить у даний запропонований пристрій гідропривода вібраційного розвантажувача автомобіля-самоскида, оснований на миттєвому збільшенні зусилля P_{n1} відкриття його рухомого запірного елементу у виді кулькового клапану-пульсатора, яке створюється тиском p_1 на площі підйому S_{n1} ($P_{n1}=p_1 \cdot S_{n1}$), до величини P_{n2} ($P_{n2}>P_{n1}$). Це збільшення відбувається за рахунок ступінчастої зміни площі підйому від S_{n1} до S_{n2} ($S_{n2}>S_{n1}$) в момент порушення герметизації посадки запірного елементу на сідло. Зусилля $P_{n2}=p_1 \cdot S_{n2}$ перевищує зусилля налагодження пружини $P_{n1}=p_2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}$, що притискає запірний елемент клапана до сідла вібраційного гідроциліндра у вихідному положенні, і може утримувати його у відкритому стані, забезпечуючи доступ рідини із напірної лінії на злив протягом часу падіння тиску в гідросистемі до величини p_2. При цьому тискові зусилля на запірному елементі зменшиться до значення $P_{n1}=p_2 \cdot S_{n2}$ і пружина 11 зможе повернути його у вихідне положення, притиснувши до сідла вібраційного гідроциліндра.

$$p_2 = p_1 \frac{S_{n1}}{S_{n2}}$$

Миттєве збільшення зусилля відкриття P_{n1} запірного елементу до P_{n2} при ступінчастому збільшенні площі підйому від S_{n1} до S_{n2} забезпечує герметизуюче перекриття h_0, завдяки якому тиск в гідросистемі в момент порушення герметизації посадки запірного елементу на сідло лишається незмінним ($p \approx p_1$) при його осьовому зміщенні на величину $h \leq h_0$. Принцип дії таких віброзбуджувачів гідроімпульсного приводу наглядно ілюструють типові графіки зміни їх основних параметрів, побудовані на основі відповідних осцилограм, отриманих при проведенні експериментальних досліджень [3, 4].

Для попередньої оцінки конструктивних параметрів віброзбуджувачів із зворотним зв'язком по тиску можна використати співвідношення [5]:

$$p_1 \geq P_{np} \geq p_2 S_{n2},$$

Звідки

Теоретичне дослідження динаміки робочого циклу вібророзвантажувача автомобіля-самоскида

Розглянемо закон руху плунжера 3 при русі вверх. Знайдемо сили реакції опори в шарнірі 2 підйомного телескопічного гідроциліндра 1 і плунжера 3. На *рис. 2* зображена схема для знаходження сил реакції опори в шарнірі 2, де кузов 16 знаходиться у положенні розвантаження. Де l – довжина телескопічного підйомного гідроциліндра 1, L – довжина кузова 16, α – кут на який відкрився кузов 16 автомобіля-самоскида, β – кут нахилу підйомного телескопічного гідроциліндра 1. Загальне рівняння руху плунжера 3, *рис.* 3:

$$(m_n)\frac{d^2y}{dt^2} = p_ц(y,t)S - \sum R - F_y, \qquad (1)$$

де:

$p_ц(y,t)$ – поточне значення тиску в порожнині гідроциліндра у вібророзвантажувача (y і t – поточні координати положення кузова 16 і підйомного телескопічного гідро циліндра 1 та часу);

m_n – маса плунжера 3;

m – маса підйомного телескопічного гідроциліндра 1;

M – маса кузова із залишками вантажу 16;

$\sum R$ – сумарна сила опору, яка складається із сили $R_{пр}$ стискання пружин 17 на *рис. 1в*, сил тертя $R_{тр}$ у рухомих з'єднаннях і в'язкого опору руху;

F_y – сила реакції опори 2 підйомного телескопічного гідроциліндра 1 на плунжер 3, що з'єднаний із кузовом 16.

Тиск $p_ц(y, t)$ залежить від зміни об'єму рідини у робочій порожнині вібраційного гідроциліндра 5 вібророзвантажувача по мірі руху вверх плунжера 3:

$$p_ц(y,t) = \frac{\Delta V}{V_o} E_{пр}, \qquad (2)$$

де:

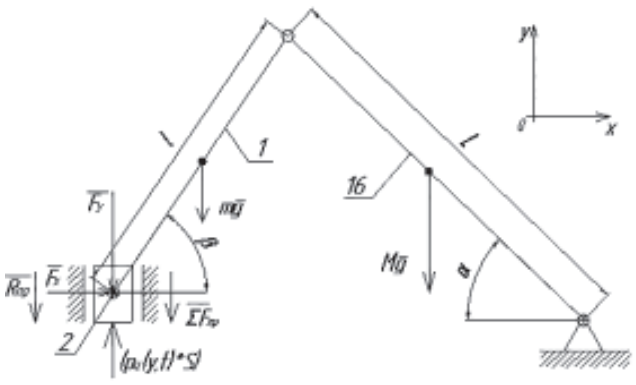


Рис. 2. **Розрахункова схема реакцій опори в шарнірі 2 телескопічного підйомного гідроциліндра 1 і вібророзвантажувача.**

ΔV – сумарна зміна об'єму рідини в гідросистемі за рахунок деформації напірних трубопроводів, вібраційного гідроциліндра і самої рідини;

V_o – початковий об'єм рідини в гідросистемі (у вібраційному гідроциліндрі і у підводящих трубопроводах, що відповідають початку руху плунжера 3);

$E_{пр}$ – приведений модуль пружності системи.

Сумарна зміна об'єму рідини в гідросистемі ΔV залежить від зміни об'єму при переміщенні плунжера:

$$\Delta V = S \cdot y,$$

де S – повна площа нижньої основи плунжера 3.

Тоді тиск в системі буде змінюватись по закону

$$p_ц(y,t) = \frac{Q_H t + Sy}{V_o} E_{пр}, \qquad (3)$$

де Q_H – подача рідини насосом.

Сила стискання пружин:

$$R_{пр} = k \cdot y,$$

де k – коефіцієнт жорсткості пружин, а сила опору в'язкому тертю:

$$R_{тр} = \mu \frac{dy}{dt}, \qquad (4)$$

де μ – коефіцієнт пропорційності.

Сила тертя ковзання від дії горизонтальної складової F_x сили реакції опори гідроциліндра на плунжер 3

$$F_{тр} = fF_x,$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання.

Горизонтальна складова F_x

$$F_x = \sigma - \eta \frac{d^2 y}{dt^2},$$

де $c = f(\alpha, \beta)$; $\imath = f_1(\alpha, \beta)$.

Вертикальна складова сили реакції опори підйомного телескопічного гідроциліндра 1 на плунжер 3:

де $\vartheta = f_3(\alpha, \beta)$; $\xi = f_4(\alpha, \beta)$.

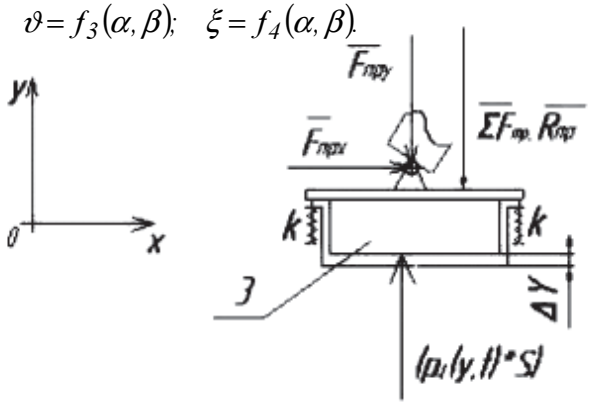


Рис. 3. **Розрахункова схема для дослідження закону руху плунжера 3 вібророзвантажувач**

На попередньому етапі проектування нам достатньо розрахувати максимальне значення F_x, F_y при визначених кутах α та β і розглядати рух плунжера 3 під дією приведених сил $F_{прх}$, $F_{пру}$.

Тоді підставивши значення $R_{тр}$, $R^n p$, $F_{пру}$, $F_{тр}$ у вираз (1) отримуємо:

$$(m_n)\frac{d^2 y}{dt^2} = \left(\frac{Q_H t + Sy}{V_o}\ E_{пр}\right) \times S -$$

$$- \mu \frac{dy}{dt} + k\, y + f\sigma - \vartheta =$$

$$= \frac{Q_H t}{V_o} E_{пр} S + \frac{S^2 y}{V_o} E_{пр} - \mu \frac{dy}{dt} +$$

$$+ k\, y + f\sigma - \vartheta. \qquad (5)$$

Після ведення позначень:

$$\frac{Q_H}{V_o} E_{пр} S = q,$$

$$m_n = A,$$

$$\frac{S^2}{V_o} E_{пр} = w,$$

$$B = fc - \vartheta,$$

і перетворень виразу (2) отримуємо вихідне диференціальне рівняння виду

У загальному випадку розв'язок рівняння (6) відомий [3, 4].

Використовуючи принцип суперпозиції, аналогічно можна розглянути рух кузова вниз при падінні тиску в порожнині гідроциліндра 5 від p_1 до p_2.

Вплив коливального руху кузова автомобіля на залишки вантажу, що знаходяться у ньому, можна розглянути як вплив вібрацій на частинки речовини, що знаходяться на нахиленій поверхні. Ці питання розглянуті у працях [5], а їх розв'язок можна застосувати для подальших досліджень.

При розвантаженні навалочних вантажів в залежності від їхньої вологості, температури, гранулометричного складу частина вантажів залишається на кузові. В залежності від типу вантажу і його складу залишки коливаються в межах від 2 т до 10 т. Тому впровадження нових сучасних технологій у вантажно-розвантажувальних роботах на автомобільному транспорті дає можливість прискорити розвантаження, знизити затрати і скоротити наднормативні простої транспортних засобів при розвантажувальних роботах.

З метою створення розвантажувального пристрою для широкого спектра застосування, була розроблена конструкція перспективного універсального гідроімпульсного привода віброударного пристрою (*рис. 4*), який задовольняє вимоги як до

параметрів розвантаження різних видів вантажів, так і до технічних і конструктивних параметрів гідравлічних навісних пристроїв.

В основу розробки покладено задачу створення ефективного вібраційного і віброударного пристрою для розвантаження і очищення кузовів автомобілів-самоскидів, що живиться від гідросистеми автомобіля-самоскида і має можливість дистанційного незалежного регулювання режимів роботи розвантаження цього пристрою (бігармонічні коливання та ударні імпульси), за рахунок створення в робочому гідроциліндрі пульсуючого тиску спеціальним клапаном-пульсатором. Зворотно-поступальний рух змінних інерційних мас створює вібрації, які передаються кузову автомобіля-самоскида із вантажем, що приводить до одночасної очистки і розвантаження кузова.

Пристрій працює наступним чином. Перед початком роботи пристрою вентиль 38 відкривається і робоча рідина гідронасосом 37 через напірну гідролінію 34 подається в порожнину 39, що утворюється між кришкою 12, яка закриває гідроциліндр 10, і поршнем 11. Під дією тиску рідини в порожнині 39 на нижню поверхню гідроциліндра 10, площа якого S_1 утворюється сила, яка змушує гідроциліндр 10 переміщуватись, стискаючи тарілчасті пружини 19, що з'єднані з поршнем 11 і гідроциліндром 10. У свою чергу тиск рідини одночасно діє на нижню основу S_1 керуючого кулькового запірного елемента 3. При досягненні тиску утворюється сила, що діє на площу S_1 керуючого кулькового запірного елемента 3 зрівнюється із силою натягу регулювальної пружини 5 і керуючий кульковий запірний елемент 3 розпочинає рух. При цьому відбувається відкриття керуючого кулькового запірного елемента 3 і тиск робочої рідини починає діяти на повну площину S_2 керуючого кулькового запірного елемента 3. При дії тиску на повну площину S_2 керуючого кулькового запірного елемента 3 виникає миттєва сила, яка різко переміщує керуючий кульковий запірний елемент 3 і сполучає напірну гідролінію 34 із зливною гідролінією 35. При цьому відбувається злив і падіння тиску робочої рідини в порожнині 39 і в гідросистемі в цілому. В наслідок чого тарілчасті пружини 19 переміщують гідроциліндр 10 із інерційними масами 13 у початкове положення, в якому гідроциліндр 10 входить в контакт із демпфером 9 і відбувається удар, що передається на днище кузова.

Ця ударна взаємодія по днищу кузова призводить до одночасної очистки та розвантаження автомобіля – самоскида. Після чого керуючий кульковий запірний елемент 3 повертається у вихідне положення і від'єднує зливну гідролінію 35 від напірної гідролінії 34. Відповідно керуючий кульковий запірний елемент 3 і система віброударного пристрою повертається у початкове положення.

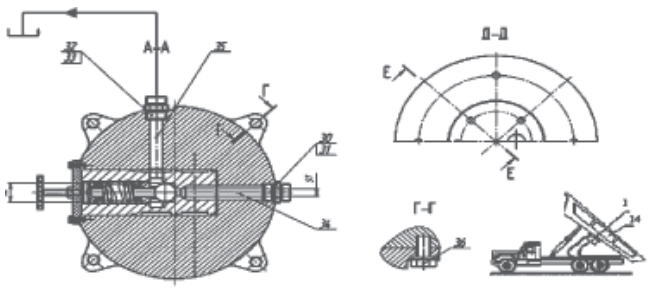


Рис. 4. **Конструктивна схема перспективного гідроімпульсного віброударного пристрою для розвантаження кузовів – самоскидів транспортних засобів**

Висновоки з досліджень й перспективи

Нові конструкції вібраційних приводів, які розширюють технологічні можливості автомобільного транспорту можуть знайти своє призначення у народному господарстві.

Завдяки простоті регулювання параметрів вібрацій, гвинтовим з'єднанням, ми отримали простоту регулювання параметрів вібрацій, компактність конструкції. Застосування однокаскадного клапана-пульсатора в якості регулювальної апаратури дає можливість збільшення потужності і одночасно спрощує конструкцію гідропривода вібраційного розвантажувача автомобіля-самоскида. Використання гідроімпульсних приводів у виробництві вібраційних та віброударних розвантажувальних пристроїв, які реалізуються за допомогою пристроїв з різними типами приводів (механічним, електричним, гідравлічним, пневматичним, комбінованим), в даний час є перспективним і відносяться до найбільш ефективних та енергозаощаджувальних технологій, що обумовлене простотою конструкції, компактністю, високою енергоємністю, широким діапазоном регулювання робочих параметрів та можливістю роботи в автоматизованому режимі.

Список використаних джерел

1. Искович-Лотоцкий Р. Д., Матвеев И. Б., Крат В. А. Машины вибрационного и виброударного действия. Киев; Техника, 1982. 208 с.

2. Іскович-Лотоцький Р. Д., Іванчук Я. В. Дослідження динаміки процесу роботи універсального гідравлічного віброудраного приводу для розвантаження транспортних засобів. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямом "Інженерна механіка"). Луцьк. 2007. № 20. С. 184 – 187.

3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука. 1974. 832 с.

4. Iskovych-Lototsky, R., Zelinska, O., Ivanchuk, Y., Veselovska, N. Development of the evaluation model of technological parameters of shaping workpieces from powder materials. East European Journal of advanced technologies. 2017. 2(85). Pp 43 -46.

5. Іскович-Лотоцький Р. Д., Іванчук Я. В. Застосування вібраційного гідроімпульсного привода в будівельних і дорожніх машинах. Збірник наукових праць Харківської державної академії залізничного транспорту. Харків. 2008. № 88. С. 48 – 54.

6. Іскович-Лотоцький Р. Д., Іванчук Я. В. Підвищення ефективності розвантаження матеріалів під дією періодичних ударних імпульсів. Вібрації в техніці і технологіях. 2008. №2(51). С. 8 – 11.

7. Іскович-Лотоцький Р. Д., Іванчук Я. В. Віброударний пристрій для розвантаження кузовів самоскидів. Вібрації в техніці і технологіях. 2009. №4 (56). С. 14-18.

Список джерел у транслітерації

1. Iskovych-Lototsky, R., Matveev, I., Krat, V. (1982) Mashyny vybratsyonnoho y vybraudarnoho deystvyya [Machines of vibration and vibration impact]. Tekhnyka, 208p. [in Russian].

2. Iskovych-Lototsky, R., Ivanchuk, Y. (2007) Doslidzhennya dynamiky protsesu roboty universalnoho hidravlichnoho vibroudranoho pryvodu dlya rozvantazhennya transportnykh zasobiv [Investigation of the dynamics of the universal hydraulic vibration drive for unloading vehicles] Naukovi notatky. 20. 184 – 187pp. [in Ukrainian].

3. Korn H., Korn, T. (1974) Spravochnyk po matematyke dlya nauchnykh rabotnykov y ynzhenerov. [Mathematics Handbook for Scientists and Engineers]Moscow: Nauka. [in Russian].

4. Iskovych-Lototsky, R., Zelinska, O., Ivanchuk, Y., Veselovska, N. (2017) Development of the evaluation model of technological parameters of shaping workpieces from powder materials. East European Journal of advanced technologies 2(85). 43 -46pp. [in Ukrainian].

5. Iskovych-Lototsky, R., Ivanchuk, Y. (2008) Zastosuvannya vibratsiynoho hidroimpul?snoho pryvoda v budivel?nykh i dorozhnikh mashynakh [The Application of a Vibrating Hydraulic Impulse Drive in Construction and Road Machines]. Kharkiv, 88. 48 – 54pp. [in Ukrainian].

6. Iskovych-Lototsky, R., Ivanchuk, Y. (2008) Pidvyshchennya efektyvnosti rozvantazhennya materialiv pid diyeyu periodychnykh udarnykh impul?siv. [Improving the efficiency of material unloading under the action of periodic shock pulses]. Vibratsiyi v tekhnitsi i tekhnolohiyakh. №2(51). 8 – 11pp. [in Ukrainian].

В. Л. Куликівський, В. М. Боровський
Поліський національний університет м. Житомир, Україна.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ОДНОЧАСНИМ ВНЕСЕННЯМ РІДКИХ ДОБРИВ ТА МЕЛІОРАНТІВ

Вирощування зернових культур є стратегічним напрямом у рослинництві нашої країни. Останнім часом виникають ситуації, коли сільськогосподарські виробники наголошують на посушливих періодах, під час вегетації рослин, що призводить до втрати врожаю. Збереження сходів та розвиток паростків, в даний період, безпосередньо залежить від кількості вологи і поживних елементів у родючому шарі ґрунту. Тому, необхідно виконувати обробіток, спрямований на збереження вологості, мінеральних та поживних речовин, для створення сприятливих умов розвитку стійкої кореневої системи культурних рослин. У цьому випадку актуальним є застосування рідких добрив та меліорантів [1, с. 74].

Нині існує декілька варіантів поєднання основного та передпосівного обробітку ґрунту із одночасним внесенням добрив і меліорантів. Першим та найбільш прийнятним способом є дообладнання мобільних агрегатів різними робочими органами. Основна перевага полягає у відносно невисокій вартості встановлення додаткового обладнання, робочих органів, порівняно із придбанням спеціальних знарядь, які виконують лише функцію внесення рідких добрив. Додаткове обладнання легко налаштовується на задану норму внесення, а потім швидко демонтується з сільськогосподарської машини. Агрегати-підживлювачі мають різні ємності та показники продуктивності. За способом агрегатування машини поділяють на навісні та причіпні. Навісне обладнання має меншу ємність баків та нижчу продуктивність, здебільшого устаткування монтують на рамах просапних культиваторів або плугів [2, с. 19]. Прикладом є вітчизняна розробка і серійне виробництво універсального культиватора КУ-3А (ПрАТ "БОГУСЛАВСЬКА СІЛЬГОСПТЕХНІКА"), для безвідвального основного обробітку ґрунту з одночасним внесенням рідких мінеральних добрив (*рис. 1*).

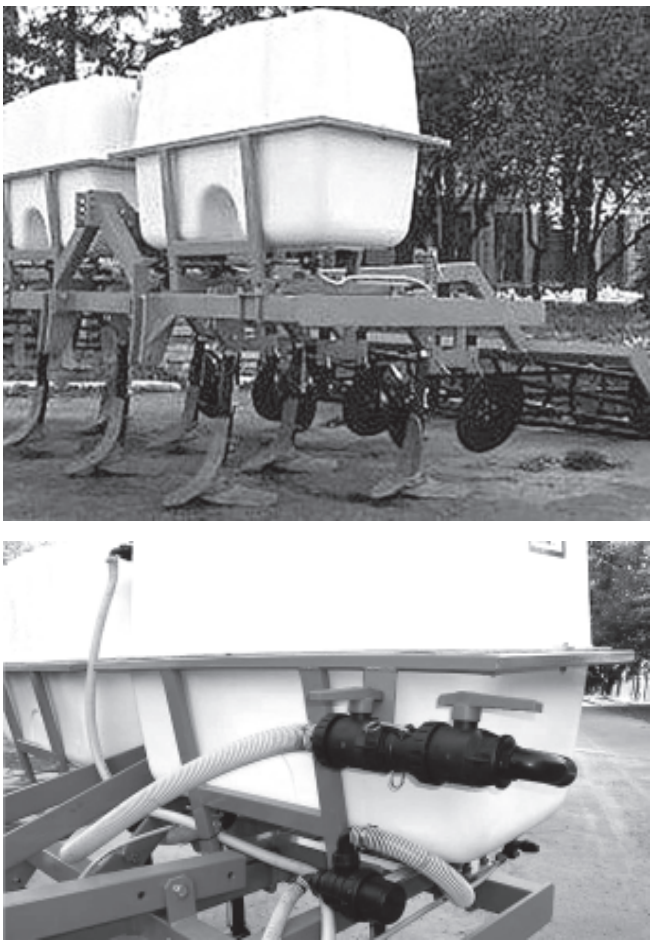


Рис. 1. **Універсальний культиватор КУ-3А**

Культиватор КУ-3А оснащений котком, який приводить в дію насос, що подає рідкі добрива до робочих органів. Отже, забезпечується постійна норма внесення матеріалу, незалежно від швидкості руху ґрунтообробного агрегату. Насос створює тиск на рівні 0,4…0,6 МПа, що запобігає забиванню трубок, які подають розчин. Зменшення тиску в системі нижче 0,05 МПа, у момент розвертання або переїзду машини, запобігає витіканню робочої рідини. Використання культиватора для основного обробітку ґрунту дозволяє зменшити енерговитрати до 35…45 %, у порівнянні з традиційною (відвальною) оранкою. Причіпні підживлювачі переважно агрегатуються з культиваторами для суцільного обробітку ґрунту. До того ж переміщення рідких добрив у ґрунт забезпечується відцентровим насосом із гідроприводом. Недоліками роботи підживлювачів є переущільнення ґрунту, утворення колії, а також зменшення добової продуктивності агрегату, за рахунок технологічних зупинок для заправки добривами, особливо коли невеликі ємності встановлені зверху на культиваторові.

Альтернативним варіантом внесення рідких добрив та меліорантів є використання спеціальних знарядь – аплікаторів. Вони застосовуються здебільшого для суцільного внесення рідких добрив у ґрунт. Даний спосіб також має свої переваги та недоліки. Істотною перевагою мобільних аплікаторів є висока продуктивність внесення робочих розчинів, що сягає 200…280 га/добу. У варіанті з використанням причіпних підживлювачів, разом із культиваторами, продуктивність нижча і коливається в межах 90…150 га/добу. До того ж деякі моделі аплікаторів можуть застосовуватися для міжрядного внесення добрив при вирощуванні високотехнологічних культур (кукурудза, соняшник тощо). Зазвичай на таких машинах встановлена система контролю, для запобігання забиванню робочих органів, а приведення в дію насоса здійснюється опорними колесами, що забезпечує стабільну подачу та постійну норму внесення. ПрАТ "БОГУСЛАВСЬКА СІЛЬГОСПТЕХНІКА" пропонує серію машин ПЖУ для внутрішньоґрунтового внесення рідких добрив і меліорантів, із встановленими дисковими робочими органами (*рис. 2*). За дисками розташовуються фігурні ножі, до яких прикріплюються трубопроводи для переміщення робочого розчину в ґрунт. З метою запобігання забиванню робочих органів у системі створюється тиск 0,4…0,6 МПа. Основним недоліком машин для внесення рідких добрив та меліорантів є нерівномірне розподілення елементів живлення за шириною захвату робочого органу.

Отже, використання сучасних енергетичних засобів дозволяє виконувати механізовані роботи з внесення добрив, меліорантів комбінованими знаряддями, що поєднують операції основного і передпосівного обробітку ґрунту із удобренням та хімічною меліорацією. Перевагою поєднання операцій, порівняно з роздільним внесенням та наступним закладенням, загортанням органічних і неорганічних речовин є усування неузгодженостей, проміжків між періодами обробітку ґрунту. Додатково вирішуються проблеми переущільнення ґрунтів від інтенсивного переміщення машинно-тракторних агрегатів.

Список використаних джерел

1. Куликівський В. Л. Аналіз сучасних методів внесення рідких меліорантів. Сучасні проблеми землеробської механіки: зб. тез доп. XXIV Міжнар. наук. конф., 17-19 жовт. 2023 р. Київ: НУБіПУ, 2023. С. 73-75.

2. Войновський В., Куянов В., Миропольский О. Техніка для внесення твердих і рідких мінеральних добрив різними способами. Техніка і технології АПК. 2021. № 3. С. 18-22.



Рис. 2. **Аплікатор ПЖУ-3000-6 для внесення рідких добрив**

І. М. Білоус
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

ДИСКОВІ ПОДРІБНЮВАЧІ ЗЕРНА ЯК АЛЬТЕРНАТИВА МОЛОТКОВИМ ДРОБАРКАМ

У сучасних наукових дослідженнях велика увага приділяється підвищенню ефективності технологічних процесів у комбікормовому виробництві. Одним із ключових напрямків є вдосконалення систем подрібнення зернової сировини для зменшення енергоспоживання, покращення гранулометричного складу та зниження викидів пиловидної фракції.

Процес подрібнення – один із найскладніших і енергоємних процесів комбікормового виробництва. Під час подрібнення компонентів порушуються сили зчеплення між окремими частками, для подолання яких доводиться використовувати найрізноманітніші способи подрібнення з великими витратами електроенергії. Це особливо стосується подрібнення зернових компонентів, які уводяться в комбікорми у великих обсягах. Найбільшого поширення набули молоткові дробарки [1].

Молоткова дробарка – це один із найпоширеніших видів обладнання для подрібнення зернових культур, кормів та інших матеріалів. Вона працює за принципом механічного руйнування сировини ударами обертових молотків. Матеріал подається в дробарку через завантажувальний отвір, де під дією швидко обертових молотків він розбивається на дрібніші частинки. Отриманий продукт проходить через спеціальні решета, які відсіюють фракції необхідного розміру, а надто великі шматки продовжують подрібнюватися, доки не досягнуть потрібної крупності. Розмір отворів решета визначає модуль помелу.

Молоткові дробарки широко застосовуються на підприємствах, пов'язаних із тваринництвом, оскільки вони забезпечують ефективне подрібнення кормів, що покращує їх засвоюваність тваринами. Вони використовуються для подрібнення зернових, таких як кукурудза, пшениця, ячмінь, а також інших компонентів, що входять до складу комбікормів. Завдяки цьому забезпечується однорідна структура кормів, необхідна для годівлі сільськогосподарських тварин і птиці.

Птахофабрики використовують молоткові дробарки для подрібнення зернових культур і мінеральних добавок, що необхідні для виготовлення збалансованих кормових сумішей для курей-несучок, бройлерів та індиків. У свинарських комплексах дробарки допомагають подрібнювати зерно, бобові, макуху та шрот, забезпечуючи рівномірний склад корму, що сприяє швидкому росту тварин і ефективному засвоєнню поживних речовин. Також молоткові дробарки застосовують у кормових кооперативах та фермерських господарствах, де їх використовують для приготування кормів як для власних потреб, так і на продаж.

Основна перевага молоткових дробарок полягає в їхній простоті конструкції, що забезпечує надійність, низькі експлуатаційні витрати та зручність обслуговування. Також вони мають високу продуктивність. Завдяки своїй універсальності такі дробарки застосовуються в багатьох галузях, зокрема у виробництві комбікормів та харчовій промисловості.

Однак молоткові дробарки мають і певні недоліки. Один із головних – утворення великої кількості пилоподібної фракції. Адже подрібнення шляхом удару не завжди дозволяє точно контролювати розмір вихідного продукту, оскільки частина матеріалу може залишатися занадто великою або, навпаки, перетворюватися на надто дрібний пил (частки діаметром менше 0,2 мм). Також недоліком є інтенсивний знос молотків і решет, особливо при роботі з твердими або абразивними матеріалами. Це призводить до необхідності регулярної заміни зношених деталей, що може збільшувати витрати на обслуговування. Крім того, недоліками є висока енергоємність процесу подрібнення та високий рівень шуму.

Сучасні дослідники все більше звертають увагу на можливість використання подрібнювачів, які відрізняються від молоткових як конструктивно, так і технологічно. Особливий інтерес викликають відцентрові подрібнювачі.

Їхня робота ґрунтується на прискоренні зернової маси під впливом відцентрових сил інерції, після чого відбувається удар об перешкоду. Водночас такі подрібнювачі мають низькі показники енергоспоживання та витрати матеріалів, забезпечують середню якість подрібненого продукту, а також відзначаються зменшеним рівнем шуму та вібрації.

Зокрема варто звернути більшу увагу на дискові подрібнювачі. Зерно подається через центральну частину нерухомого диска, де його захоплюють лопаті обертового диска і спрямовують від центру до периферії. У просторі між дисками відбувається його розколювання та розминання між рифленими поверхнями, після чого подрібнений матеріал виводиться за межі камери подрібнення. Ступінь подрібнення регулюється зміною зазору між дисками.

Нами було проведено експериментальні дослідження з визначення питомої енергоємності та якості подрібнення зерна пшениці в дисковому подрібнювачі. Подрібнювач (*рис. 1*) складається з за-

вантажувального бункера 1, заслінки 2, нерухомого диску 3, рухомого диску 4 (*рис. 2*) який приводиться в дію від електродвигуна 5 АОЛ2-21-2, потужністю 1,1 кВт та номінальною частотою обертання 2860 хв$^{-1}$. Розташування робочих органів горизонтальне.

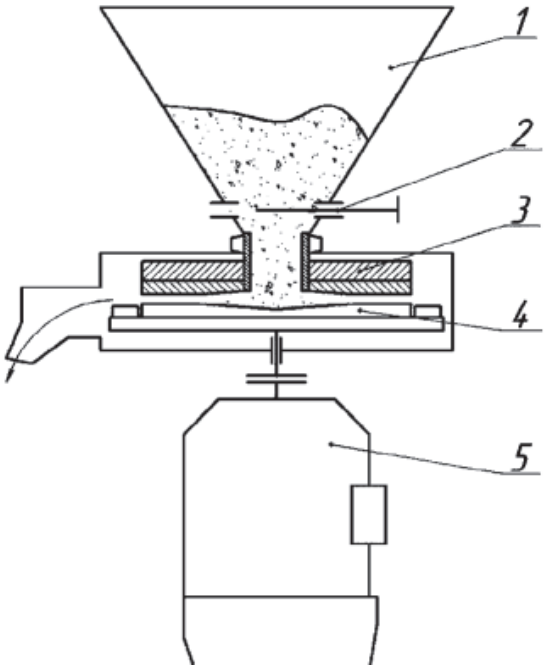


Рис. 1. **Схема дискового подрібнювача**

Порівняємо результати отриманої кількості пиловидної фракції та питомої енергоємності з молотковою дробаркою Bliss 22115 (*табл. 1*).

Як бачимо з отриманих даних, що при подрібненні пшениці в дисковому подрібнювачі на відміну від молоткової дробарки Bliss 22115 кількість пиловидної фракції менша в 1,83 рази, а питома енергоємність менша в 2,25 рази. Це свідчить про те, що дискові подрібнювачі мають переваги, порівняно з молотковими дробарками і заслуговують на більше і активніше їх дослідження.

Напрямками для подальших досліджень можуть бути конфігурації поверхонь робочих органів. Адже саме від них буде залежати однорідність отриманого продукту, кількість пиловидної фракції та затрати енергії на руйнування зерна.

Отже, дискові подрібнювачі концентрованих кормів мають значний потенціал для вдосконалення та можуть конкурувати з молотковими дробарками. Подальші дослідження мають бути зосереджені на вдосконаленні конструкції робочих органів дискових подрібнювачів, зокрема на оптимізації форми рифлених поверхонь та вивченні впливу різних параметрів подрібнення на кінцевий продукт. Також доцільним є економічний аналіз впровадження дискових подрібнювачів у промислове виробництво та дослідження їхньої ефективності при подрібненні різних видів зернових культур.

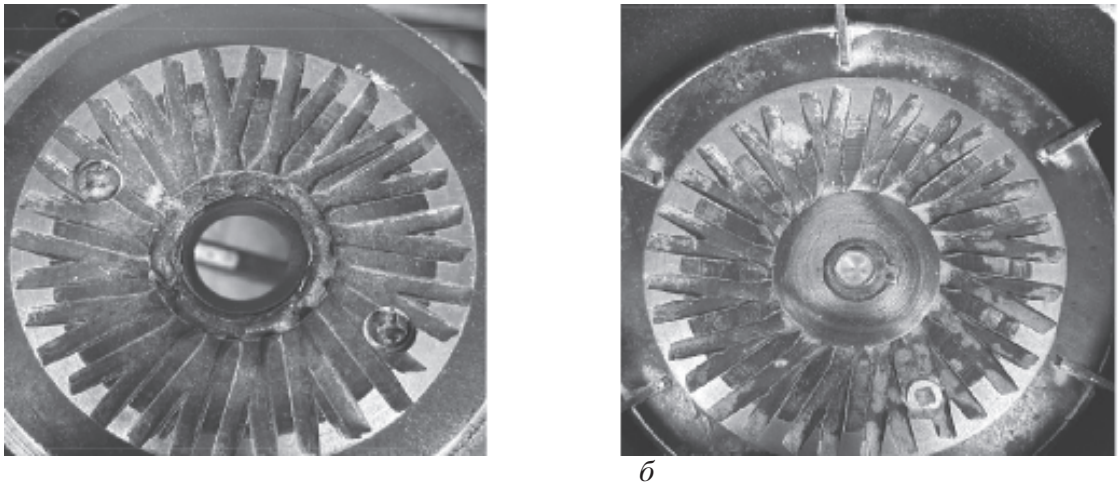
Впровадження дискових подрібнювачів у виробничі процеси комбікормового виробництва може стати перспективним напрямком для підвищення продуктивності, зниження експлуатаційних витрат і покращення якості кормів, що сприятиме підвищенню ефективності тваринництва в цілому.

Список використаних джерел

1. Ревенко І. І. Машини та обладнання для тваринництва. Київ: Кондор, 2009 – 731 с.

2. Enhancing digestibility of corn fed to pigs at two stages of growth through management of particle size using a hammermill or a roller mill / J. A. Acosta et al. Translational animal science. 2019. Vol. 4, iss. 1. P. 10-21. URL: https://doi. org/10. 1093/ tas/txz146.

3. @beth. 2017 BLISS PRICEBOOK BINDER51217. PubHTML5. Browse. 15. 05. 2017. URL: https://pubhtml5. com/ ebsg/hiot/basic/ (access date: 15. 10. 2024).



а *б*

Рис. 2. **Робочі органи дискового подрібнювача:** *а – нерухомий диск, б – рухомий диск*

Таблиця 1.

Порівняння дискового подрібнювача з молотковою дробаркою

	Дисковий подрібнювач	Молоткова дробарка
Середня частка пиловидної фракції (<0,2 мм), %	8,2	15 [3]
Питома енергоємність, кВт·год/т]	5,5	12,4 [4]

О. В. Толстенко, к. т. н.,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

МОДЕЛЬ СТАРІННЯ В'ЯЗКО-ПРУЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЦИКЛІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Модель старіння в'язко-пружних матеріалів при тривалому циклічному навантаженні називають моделлю втомного руйнування. Саме при тривалих циклічних навантаженнях, що супроводжуються зростанням мікроушкоджень в об'ємі і на поверхні в'язко-пружного матеріалу, практично неможливо виділити її частку впливу на зміну параметрів матеріалу при руйнуванні.

Мета роботи – підвищення безпечного функціонування деталей з в'язко-пружних матеріалів шляхом створення науково-обґрунтованих фізичних і математичних моделей, методів розрахунку їх параметрів.

Модель втомного руйнування вязко-пружньої системи можна представити наступним чином. У процесі концентрації субмікротріщин у системі вони починають зливатися між собою і локально утворюють мікротріщини [1,2]. На цьому етапі, ефекти старіння переважають. Виділити частку зменшення модуля зсуву і частку пошкодження матеріалу експериментально не представляється можливим.

Подальший розвиток системи призводить до зростання мікротріщин, їх локального злиття і зародження магістральних тріщин, на цій стадії відбувається зміна характеристик системи: модуль зсуву зменшується, а коефіцієнт дисипації енергії збільшується.

Деформований зразок вважатимемо термодинамічної системою. Відомо, що стан будь-якої термодинамічної системи найповніше характеризується її внутрішньою енергією. Тому припустимо, що існує відповідність між ступенем зруйнованості системи і її внутрішньою енергією. Маючи це припущення, побудуємо критерій руйнування.

Висновки:

- моделі старіння в'язко-пружних систем при тривалому циклічному навантаженні адекватно відображають процес руйнування матеріалу.
- побудована математична модель старіння; сформован критерій руйнування в'язко-пружних систем.
- модель і критичне рівняння дозволяють створити алгоритм прогнозування довговічності в'язко-пружних систем.

Список використаних джерел

1. Толстенко О. В. Універсальний метод розрахунку гумометалевих деталей при їх деформації / О. В. Толстенко // Наукові основи адаптивного землеробства: матеріали Міжнар. науко.-практ. конф. (м. Дніпро, 16-17 трав. 2024 р.). – Дніпро: ДДАЕУ, 2024. – С. 403-405.

2. Dyrda V. I. Dynamics of heavy vibrating machines taking in account instability in time of their parameters /V. I. Dyrda, M. I. Lysytsia, V. A. Lapin, H. M. Axalacov, Y. V. Kalhankov, O. V. Tolstenko, O. A. Chernii // NEWS of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2020. -v. 6. – p. 68-74

М. Г. Макаренко, І. О. Шевченко, А. В. Петренко
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

У XXI столітті аграрне виробництво дедалі більше інтегрується у цифрове середовище. Автомобільний транспорт, як основний засіб внутрішньої логістики, набуває нового змісту – від механічного засобу доставки до цифрового об'єкта, що генерує дані, аналітику та оптимізує рішення. Традиційні проблеми, як-от тривалі простої, неефективне планування, втрати пального й перевантаження логістичних вузлів, дедалі більше вирішуються за допомогою цифрових технологій.

Автомобільний транспорт здійснює понад 75% вантажоперевезень у аграрному секторі. Найбільш завантаженим періодом є жнива, коли кожна хвилина затримки може спричинити втрату якості продукції або її частини. Проблема ускладнюється відсутністю єдиної інформаційної платформи в більшості підприємств. Планування виконується вручну, комунікація – телефоном, а облік пального часто неавтоматизований. Це призводить до: необґрунтованого збільшення витрат; відсутності точного контролю за логістикою; труднощів у координації роботи техніки на полі; зниження продуктивності автопарку. За оцінками Інституту аграрної економіки, на одному середньому аграрному підприємстві до 18% автотранспорту щодня простоює через неефективне планування логістики. Аналіз

витрат за даними звітності близько 50 агрофірм показує, що до 22% спожитого дизельного пального витрачається нераціонально, зокрема на холості пробіги або повторні заїзди. У той самий час лише 12-15% господарств мають цифровий облік маршрутів або використовують GPS-моніторинг систематично [1].

У складних погодних умовах або під час високої завантаженості елеваторів вантажівки простоюють по кілька годин. Часто відсутній зворотній зв'язок із комбайнами чи диспетчерами, що унеможливлює адаптацію логістики в реальному часі. У багатьох випадках це призводить до затримок з вивезенням врожаю, зниженням якості продукції, а іноді – до її часткової втрати.

Таким чином, автомобільна логістика в агросекторі потребує комплексного оновлення – від переходу до цифрових рішень до впровадження систем управління автопарком (FMS), які дозволяють прогнозувати, координувати та оптимізувати всі етапи транспортування. З урахуванням збільшення обсягів виробництва та конкуренції, підприємства, які не інвестують у цифрову логістику, ризикують втратити частку ринку та прибутковість [2].

GPS-моніторинг і телеметрія стали ключовими інструментами цифрового контролю в аграрному секторі. Ці технології дозволяють не лише бачити розташування автомобільного транспорту, але й отримувати розширені дані про його технічний стан, ефективність використання і поведінку водія. У реальному часі збираються такі параметри, як маршрут руху, швидкість, кількість зупинок, час на полі, час на елеваторі, рівень пального, оберотиви двигуна та навіть температура робочих рідин. Це забезпечує повну картину продуктивності транспортної одиниці та дозволяє зменшити людський фактор у прийнятті рішень.

Застосування телеметричних систем на базі Wialon, AgroAnalytics, TrucksControl, Navixy надає аналітичні панелі, які дозволяють керівнику агропідприємства бачити відхилення від норми: перевищення витрат пального, нетипову маршрутизацію, тривалі простої. Звіти формуються автоматично на щоденній або сезонній основі, що спрощує управлінський облік та планування.

За даними компанії Gurtam (аналітика Wialon), впровадження супутникового моніторингу в агросекторі дозволяє: зменшити витрати пального в середньому на 12-25%; скоротити кількість незапланованих рейсів до 35%; зменшити кількість простоїв на 18-28%; підвищити продуктивність автопарку на 20-30%.

Окремо слід відзначити ефективність застосування функції геозонування, яка дозволяє автоматично фіксувати події прибуття та вибуття техніки з визначених територій – полів, елеваторів, складів. Наприклад, при прибутті вантажівки до елеватора запускається автоматичний таймер, який фіксує тривалість очікування на зважування, розвантаження, виїзд. Дані з геозон передаються в ERP-систему для аналітики та контролю персоналу [3].

В умовах збільшення вартості ресурсів і зростання вимог до прозорості бізнес-процесів, GPS-моніторинг і телеметрія стають не просто інструментами контролю, а основою для формування транспортної аналітики агропідприємства. Звітність з телеметрії дозволяє не лише бачити загальну ефективність роботи автопарку, а й оптимізувати штат, виявити слабкі місця в маршрутах, знизити навантаження на ключові логістичні вузли.

Результати польових досліджень, проведених у 2022 році в господарствах Київської та Черкаської областей, підтверджують: підприємства, що використовували телеметрію на базі Wialon Pro та геозонування, змогли за сезон зекономити до 5200 літрів дизельного пального на 1000 га і підвищити швидкість логістичних операцій на 19-22%.

Таким чином, GPS-моніторинг та телеметрія – це не просто "розумне стеження" за технікою, а потужний інструмент прийняття рішень і планування, що стає критично важливим в умовах сезонних навантажень, дефіциту ресурсів та потреби в цифровій прозорості бізнесу. Програми на базі штучного інтелекту, як-от AgroPilot AutoDispatch, автоматично планують логістичні маршрути, враховуючи дорожню обстановку, погодні умови, завантаження інфраструктури, стан техніки, історичні шаблони руху транспорту та наявність персоналу. Вони аналізують великі масиви даних з попередніх логістичних операцій, виявляють повторювані схеми, вузькі місця, пік навантаження й прогнозують критичні моменти затримок чи перевантажень у реальному часі [4].

За даними компанії Precision Logistics (2023), впровадження інтелектуального модуля планування дозволяє підвищити продуктивність транспорту на 20-35%, скоротити середній час обробки одного рейсу на 22%, а також знизити витрати пального на 8-12% завдяки точнішому розподілу маршрутів. Аналітика допомагає диспетчерам оперативно реагувати на зміну ситуації – наприклад, перенаправити потік техніки до менш завантаженого пункту призначення або відкласти частину рейсів через непроїзність польових доріг після опадів.

Крім того, ці системи мають функції автоматичної пріоритизації рейсів за типом вантажу (наприклад, зерно нового врожаю чи органіка), терміновістю доставки, відстанню та доступністю елеваторів. Це підвищує логістичну ефективність, знижує втрати якості продукції та дає змогу точніше розраховувати рентабельність кожного маршруту.

Це підвищує адаптивність логістики, зменшує людський фактор і дозволяє зосередитись на стратегічному плануванні.

Сучасні агроплатформи (наприклад, Agroshtab, Zernovoz. app) забезпечують не лише планування логістики, а й автоматизують оформлення маршрутних листів, актів виконаних робіт, контроль вагових параметрів. Водії використовують зручні мобільні додатки для фіксації подій у реальному

часі: завантаження, фото товарно-транспортної накладної, початок та завершення рейсу. Усі ці дані автоматично синхронізуються з центральною ERP-системою господарства, що дозволяє уникнути дублювання інформації, помилок та затримок у документообігу.

Аналітичні модулі таких систем формують зведені звіти щодо часу в дорозі, простоїв, відповідності до плану маршруту, а також генерують візуалізацію логістичних потоків. Наприклад, у "Smart AgroTech" (Харківська обл.) впровадження цифрового документообігу дозволило скоротити витрати на адміністративне обслуговування перевезень на 27% та знизити частку людських помилок у логістичних звітах на 64%.

Згідно з результатами внутрішніх аудитів, у підприємствах, де впроваджено електронний документообіг на базі агроплатформ, середній час закриття рейсу (від виїзду до звіту) скорочується з 2 годин до 15-20 хвилин, а точність звітності зростає до 98,7%. Це підвищує не лише ефективність, а й прозорість бізнес-процесів, що є важливим чинником у роботі з інвесторами та партнерами. Серед основних проблем впровадження цих систем є: нестабільне покриття мобільного інтернету в сільських районах; висока вартість сучасного обладнання для малих господарств; кадровий голод – нестача IT-спеціалістів у селі; слабка інтеграція старої техніки з цифровими платформами.

Цифровізація автомобільного транспорту в аграрному секторі – це не лише технологічний прогрес, а й стратегічна необхідність у сучасних умовах ринку землі, глобалізації, зростання конкуренції та енергоефективності. Впровадження цифрових інструментів дозволяє підвищити контроль за логістикою, зменшити витрати на перевезення до 25%, скоротити втрати продукції під час транспортування та покращити облік усіх процесів.

Згідно з аналітичними дослідженнями Мінагрополітики та незалежних IT-платформ, агропідприємства, які впровадили телеметрію, GPS-моніторинг та електронний документообіг, досягли скорочення логістичних витрат у межах 15-30%, а середній час виконання рейсу знизився на 20-40 хвилин. При цьому точність звітності щодо руху транспорту й обліку вантажу зростає до 97-99%, що дозволяє формувати точні фінансові моделі та планувати обсяги інвестицій у техніку й інфраструктуру.

Точне планування, прозорість логістики, аналітика в реальному часі, прогнозування вузьких місць у логістичному ланцюгу та інтеграція з агроплатформами формують нову якість аграрного виробництва. Це дозволяє не лише керувати транспортом ефективніше, а й створювати стійкі, масштабовані бізнес-моделі на основі даних.

Автомобільний транспорт з цифровими інструментами стає не лише виконавцем, а повноцінним інтегрованим елементом агровиробничого процесу, що активно взаємодіє з IT-інфраструктурою підприємства. Завдяки взаємозв'язку з агроплатформами, системами точного землеробства та ERP-рішеннями, транспорт виконує функції збору даних, логістичної координації, а також аналітичного забезпечення прийняття рішень у реальному часі. Підприємства, які вже сьогодні впроваджують інновації в логістиці – від GPS-моніторингу до автоматизованих систем управління маршрутами – отримують переваги у вигляді знижених витрат на пальне (до 25%), скорочення втрат при транспортуванні (на 10-15%), пришвидшення обробки рейсів (до 40%) і збільшення продуктивності автопарку (в межах 20-30%). Крім цього, цифровий транспортний сегмент забезпечує зростання прозорості управління, полегшує аудит діяльності, зміцнює довіру інвесторів і забезпечує швидшу адаптацію до ринкових змін. Саме тому цифровізація автотранспорту в АПК вже зараз є не просто перевагою, а обов'язковою умовою сталого розвитку аграрного бізнесу в найближчі роки.

Список використаних джерел

1. Макаренко М. Г, Бєляєв Д. В. Використання гнучких технологічних процесів на автомобільному транспорті. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4. 0 в XXI столітті" 04-05. 04. 2024. С. 153.

2. Макаренко М. Г, Бондаренко В. О., Використання інтелектуальних систем керування стійкістю та тяговим контролем автомобіля. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4. 0 в XXI столітті" 04-05. 04. 2024. С. 154.

3. Макаренко М. Г, Борисов А. В. Підвищення керованості автомобіля за допомогою інтелектуальних систем адаптивного керування. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4. 0 в XXI столітті" 04-05. 04. 2024. С. 156.

4. Макаренко М. Г., Шевченко І. О. Роль штучного інтелекту та машинного навчання у підвищенні точності та надійності автомобільних систем. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "AutoTRAK-2024". – Київ: НУБіП України, 2024. С. 93-96.

В. М. Авдєєв, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко
Заклад вищої освіти "Подільський державний університет" м. Кам'янець-Подільський, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Істотним недоліком існуючих стрілчастих лап з площинними деформаторами є неякісне розпушування грунту, оскільки їх бічні грані діють на пласт одночасно. Інтенсифікація такої дії за рахунок зношування різальних кромок леза лап чинить негативний вплив на енергетику процесу обробки. Крім того, відбувається руйнування біоактивних структур грунту до пилоподібних, таких, що легко піддаються ерозії [1].

В зв'язку з цим представляє інтерес проведення досліджень зношування культиваторних лап для розробки технологічного процесу, що забезпечує з одного боку підвищення їх довговічності, а з іншої – якість обробки грунту.

Адекватні фізико-математичні моделі абразивного зношування і формування геометрії різальних елементів відсутні. Розкриття основних закономірностей абразивного зношування різальних елементів і формування оптимальної їх геометрії є важливим завданням в проблемі підвищення ресурсу грунтообробних машин.

Встановлено, що процес взаємодії робочих органів оброблювальних машин з грунтовим середовищем при їх переміщенні характеризується дією абразиву грунту на клин з плоскою або криволінійною робочою поверхнею. Дія грунту на клин залежить від характеру деформації матеріалу, параметрів клину, фізико-механічних властивостей і стану грунту, швидкості його переміщення.

Зношування різальних кромок лап культиваторів є безповоротним процесом, визначуваним руйнуванням грунту при виконанні роботи. Величина і характер зношування визначаються, передусім, закономірностями розподілу напруги на робочих поверхнях культиваторної лапи.

Для забезпечення довговічності культиваторних лап, зниження величини їх зношування необхідно, з одного боку, знижувати здатність абразиву, що зношує, а з іншої – забезпечити такі параметри лап, які дозволять понизити їх зношування і підвищити якість обробки грунту.

Експериментальні дослідження свідчать про те, що найбільша інтенсивність зношування стрілчастих лап культиватора характерна для шкарпетки. У міру видалення від нього інтенсивність зносу різальної кромки лапи знижується.

Процес зміни деформаційно-напруженого стану різального елементу при його взаємодії з абразивним середовищем можна вважати безперервним. Для його опису потрібна розробка моделі, яка описувала б процес взаємодії різального елементу з абразивним середовищем.

Для здійснення деформації металу необхідно докласти зусилля більше потрібного відносно його міцності [2]. При обробці тиском відбувається значна зміна властивостей за усім обсягом тіла, що деформується, і особливо в тонких шарах поблизу поверхні контакту оброблювального інструменту з грунтом.

Як правило, міцність контактних шарів має бути більше ніж зон в об'ємі тіла, що пов'язано з дією на них додаткових деформацій зрушення, зім'яло гребенів при експлуатації.

Міра деформації контактних шарів залежить також від величини і швидкості зміщення робочого інструменту. У зв'язку з цим напруга тертя не однакова по контактуючій поверхні: вони збільшуються з ростом величини зміщення [2].

Оцінювати величину сили тертя і виникаючу напругу можна по коефіцієнту тертя при пластичній деформації, оскільки на ділянках контактної зони відсутнє налипання металу, як це має місце в сполученні металевих виробів.

Надійність роботи машини безпосередньо пов'язана з якістю поверхневого шару деталей, яке характеризується конструктивними і фізико-механічними параметрами. Від якості поверхневого шару залежать експлуатаційні властивості: зносостійкість, корозійна стійкість та ін. Підвищення міцності деталей при їх обробці поверхневою пластичною деформацією пояснюється виникненням в поверхневих шарах сприятливої стискуючої залишкової напруги, що викликає більше ущільнення оброблюваного матеріалу.

Підвищенню довговічності деталей сільськогосподарських машин сприяє метод пластичної деформації із застосуванням вібраційних коливань оброблювального інструменту, що забезпечує зміни физико-механических властивостей матеріалу оброблюваної поверхні.

В процесі звичайної деформації внаслідок постійного контакту оброблювального інструменту з оброблюваним матеріалом деталі траєкторії максимальної дотичної напруги розташовуються під кутом 90° до оброблюваної поверхні.

При вібраційній деформації цей кут змінюється від 45° до 90°. У момент відриву оброблювального інструменту зусилля обробки буде спрямовано до напряму його руху під великим кутом, що викликає збільшення деформації, що у свою чер-

гу, сприяє більшому ущільненню оброблюваного матеріалу.

Дослідженнями встановлено, що міра зміцнення матеріалу зразків, відновлених приварюванням кутової пластини з наступним наплавленням сормайтом при вібраційній деформації в 1,55 разу більше, ніж при звичайній роздачі.

Список використаних джерел

1. Бойко А. І. Аналіз розподілу зусиль на різальні частини ґрунтообробного робочого органу // Вісник Тернопільського державного технічного університету. Тернопіль: ТДТУ, 2000. С. 78-82.

2. Дудников А. А. Упрочнение поверхностного слоя деталей машин // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – Харків: 2011. – №3 С. 39-42.

С. С. Завалецький, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет" м. Кам'янець-Подільський, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ВОДОКІЛЬЦЕВИХ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ

Досвід експлуатації вітчизняних доїльних агрегатів свідчить про їх недостатню надійність. Головний вплив на довговічність агрегату в цілому здійснюють основні (базові) елементи, які є ресурсовизначальними. Таким елементом доїльного агрегату є вакуумний насос. Водокільцеві насоси доїльних агрегатів зі сталевими крильчатками мають недостатню надійність, що не відповідає сучасним вимогам. Відмови в експлуатації можуть призводити до аварійних ситуацій, з можливістю травмування сільськогосподарських тварин, а також до значних збитків [1].

При використанні у доїльних агрегатах водокільцеві вакуумні насоси у порівнянні з пластинчастими мають значні переваги: низький рівень шуму та відсутність механічного зношування крильчатки, що робить їх конструкцію найбільш перспективною при механізації процесів доїння. Надійність таких насосів лімітує утворення накипу на поверхні сталевих крильчаток, що призводить до погіршення продуктивності та суттєво збільшує ризик заклинювання під час роботи. Це може призвести до втрати продукції та травмування тварин. Уникнення утворення накипу в процесі доїння можливе за умов використання належного прогресивного матеріалу при виготовленні крильчатки. Одним з таких матеріалів є поліпропілен, який широко розповсюджений, економічний і на його поверхні не утворюється накипу. Однак у зв'язку з особливостями міцнісних, деформаційних та термоізоляційних характеристик поліпропілену виникає необхідність обґрунтування його використання і визначення конструктивних параметрів насосу, які забезпечать необхідний рівень надійності та продуктивності.

Крильчатка водокільцевого вакуумного насосу має складну геометричну форму з наявністю концентраторів напружень, що унеможливлює точний аналітичний розрахунок напруженого стану. Тому забезпечити високий рівень безвідмовності насосу можливо за рахунок використання сучасних числових методів розрахунку і комп'ютерних технологій, які дають можливість теоретично оцінити напружено – деформований стан деталі [2].

Необхідність підвищення довговічності насосу потребує використання прискорених ресурсних випробувань на деформаційну пошкоджуваність та втомну міцність поліпропіленової крильчатки. Методи статистичного моделювання дозволяють виконати прогнозування розподілу ресурсу крильчатки та визначення параметрів, які забезпечують працездатність насосу.

Забезпечення стабільної експлуатаційної ефективності водокільцевих вакуумних насосів потребує дослідження впливу зміни матеріалу крильчатки та температури рециркуляційної води на продуктивність насосу [2].

Для контролю процесу деформації повзучості розроблена методика оцінки залишкових деформацій лопатки. Вона полягає в тому, що перед початком випробувань на поверхні крильчатки були нанесені контрольні мітки в місцях найбільшої деформації та базові мітки в місцях її відсутності. До і після закінчення випробувань поверхня крильчатки сканується. За допомогою комп'ютерної обробки зображень вимірювали відстані між контрольними та базовими мітками. Різниця між результатами вимірів до і після проведення випробувань складала деформацію повзучості (*рис. 1*).

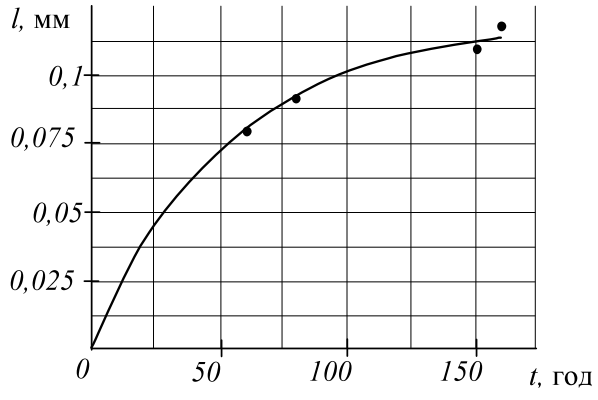


Рис. 1. **Залежність деформації повзучості лопатки крильчатки від наробітку**

Виконаним аналізом результатів попередніх досліджень з забезпечення механічної надійності водокільцевих вакуумних насосів встановлено, що надійність насосу лімітується довговічністю крильчатки, ресурс якої не відповідає нормативному значенню для доїльної установки в 30 тис. год. Для базової металевої крильчатки характерні пошкодження від корозії та накипу, які призводять до відмов. Використання прогресивного матеріалу, такого як поліпропілен, при виготовленні крильчаток усуває дію факторів, обмежуючих ресурс. Для забезпечення безвідмовності розробленої крильчатки з поліпропілену обґрунтовано необхідність проведення досліджень з використанням комп'ютерних технологій та скінченно-елементних моделей. Підвищення довговічності можливе на основі проведення ресурсних випробувань на деформаційну пошкоджуваність та втомну міцність крильчаток з поліпропілену. Забезпечення продуктивності водокільцевих вакуумних насосів потребує дослідження впливу на цей показник зміни матеріалу крильчатки та температури рециркуляційної води.

Список використаних джерел

1. Анілович В. Я. Грінченко О. С., Карабін В. В. Міцність та надійність машин. Київ: Урожай, 1996. 288 с.

2. Машини та обладнання для тваринництва / І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В. І. Евенко. Київ: Кондор, 2008. 730 с.

О. Г. Карпович, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет" м. Кам'янець-Подільський, Україна.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТРИМКИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

На даний час у загальному машинобудуванні широко використовують тримкі конструкції виготовлені з тонкостінних прокатних профілів та гнутих листів. Основними елементами більшості машинобудівних конструкцій є такі тонкостінні профілі як, наприклад, кутник, швелер, двотавр, профільні труби різноманітного поперечного перетину і т. д. За формою поперечного перетину тонкостінні профілі поділяють на відкриті та замкнуті.

Розрахунок тонкостінних профілів на міцність та жорсткість має ряд особливостей у порівнянні з розрахунком суцільного бруса. Ці особливості відносяться перш за все до розрахунку на кручення і згин [1].

Тонкостінні профілі мають досить малу крутну жорсткість і їх кручення супроводжується спотворенням площини поперечного перетину. Такий вид деформації називається депланацією. Якщо спотворення поперечного перетину чимось ускладнюються, то у тонкостінному профілі виникають нормальні напруження, які пов'язані із згином окремих елементів перетину. Такий вид напружено – деформованого стану тонкостінного перетину називають стисненим крученням [2].

Нормальні напруження, які виникають у поперечних перерізах тонкостінного стержня при стисненому крученні, утворюють статично – врівноважену систему сил. Такі самоврівноважені системи сил виникають і при стисненому крученні суцільного бруса некруглого перетину (у стержнях круглого перетину такі системи сил не виникають). Але в цьому випадку вони мало впливають на роботу бруса і не враховуються при розрахунку. Справа в тому, що у стержні суцільного поперечного перерізу характер розподілу навантажень по торцю має вплив на напружений стан лише безпосередньо поблизу торця; вже на незначній відстані від торця (порядку поперечного розміру бруса) розподіл напружень визначається лише рівнодіючою сил, які прикладені до торця.

Для тонкостінних стержнів відкритого чи замкнутого профілю деформації від врівноваженої системи нормальних сил затухають відносно повільно і тому повинні враховуватись при розрахунку.

Врахування факторів, прикладених по довжині стержня, виконується за таким же принципом, при цьому відповідну даному фактору функцію впливу визначають для аргументу, який відноситься до відстані між точкою прикладання фактора і місцем врахування його впливу.

Велике значення має впровадження в практику сучасних методів розрахунку конструкцій, виконаних з тонкостінних елементів відкритого чи замкнутого профілю. Характерно те, що за умовами навантаження ці конструкції працюють як просторові системи. Точна теорія розрахунку таких систем містить деякі труднощі, зумовлені фактором тонкостінності, тобто наявності стисненого кручення, та фактором умов роботи у просторі. Крім цього, розрахунок ускладнюється ще й тим, що у вказаних конструкціях часто застосовують одночасно профілі відкритого та замкнутого типу, що суттєво порушує єдність методології розрахунку [2].

Використання перерахованих вище фундаментальних розробок у інженерній практиці залишається проблематичним через відсутність ефективних методик, котрі дозволили б розкрити статичну невизначеність складних конструкцій з врахуванням бімоментів як внутрішніх невідомих і ал-

горитмізувати ці розрахунки, а тим паче у динамічній постановці задач.

Найбільш ефективною методикою розрахунку тонкостінних елементів рам сільськогосподарських машин з врахуванням їх депланації є модифікований метод мінімуму потенціальної енергії [2], який дозволяє враховувати основні особливості конструкцій, тобто вплив на напружено – деформований стан рам різного виду енергій деформації згину, кручення, стиснутого кручення тощо.

Список використаних джерел

1. Погорілий М. Л. Перспективна бурякозбиральна техніка і шляхи її розвитку. // Техніка АПК. 1998. №4. С. 21 – 23.

2. Ясній П. В. Пластично деформовані матеріали: втома і тріщинотривкість. Львів: Світ. 1990. 292с.

А. Ю. Костенюк, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет" м. Кам'янець-Подільський, Україна.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ФІЛЬТРУ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ПІДГОТОВКИ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Аналіз причин відмов та нестабільності характеристик паливної системи дизеля показує, що істотна частка їх (до 50%) викликана забрудненістю механічними домішками і водою дизельного палива, яке використовується для мобільної сільськогосподарської техніки. Забрудненість використовуваного дизельного палива значно перевищує припустимі норми (до 10 разів).

Відповідно до програми експериментальних досліджень оцінка ефективності використання розробленого електричного фільтру, призначеного для попередньої підготовки дизельного палива перед заправкою в паливні баки мобільної сільськогосподарської техніки, здійснювалася в два етапи.

На першому етапі були створені дослідні зразки (у кількості 3 шт.) електрофільтрів і за допомогою стендових випробувань були визначені їх функціональні характеристики.

Стендові випробування дослідних зразків вказаних електрофільтрів проводилися згідно методики, регламентованої стандартами, яка поширюється на фільтри тонкого очищення палива та їх фільтруючі елементи, що встановлюються в паливних системах низького тиску дизелів і призначені для остаточного очищення палива [1].

Перед проведенням випробувань установку згідно до стандартів промивали циркуляцією дизельного палива через технологічний фільтр 9, в якості якого використовували серійний фільтр тонкого очищення 2ТФ-3, що встановлюють на двигунах сімейства СМД з тонкістю фільтрації 20 мкм. Після завершення промивання системи в схему включали електричний фільтр 5, *рисунок 1*.

В якості випробовуваного фільтру застосовувався електричний фільтр, конструкція якого розроблена в четвертому розділі даної роботи. Ефективність очищення палива електричним фільтром оцінювали по двох параметрах: повнота і тонкість відсіювання домішок і повнота відділення води. Середовищем для випробування служило дизельне паливо по ДСТУ 3868-99. В якості домішок (штучного забрудника) застосовували кварцевий пил.

Регулюванням продуктивності насоса 3 за рахунок перепускання встановлювали витрату палива через електричний фільтр 5, перепад, що забезпечує, на фільтрі 5 (3±1) кПа, технологічний фільтр 9 з роботи вимикали.

Відбір проб дизельного палива робили відразу після включення установки перед фільтром і після 5 хвилин роботи електричного фільтру в контурі циркуляції за фільтром.

Перед початком випробувань установку промивали шляхом циркуляції дизельного палива через технологічний фільтр 9, при цьому випробо-

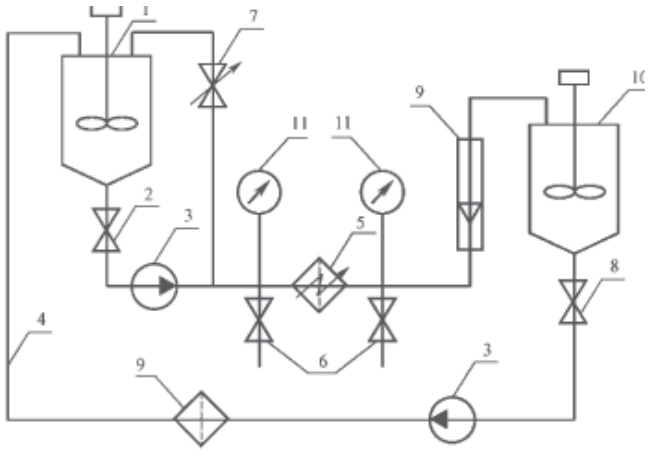


Рис. 1. **Схема стенду для визначення повноти відсівання забрудника:**
1 – витратний бак; 2, 8 – крани; 3 – насос; 4 – трубопровід; 5 – випробовуваний електричний фільтр; 6 – крани відбору проб; 7 – витратомір; 9 – технологічний фільтр; 10 – допоміжний бак; 11 – манометр.

вуваний електричний фільтр 5 з установки був знятий [2].

Експлуатаційні випробування мобільної сільськогосподарської техніки, на яких встановлені двигуни сімейства СМД, мали на меті оцінити стабільність функціональних характеристик паливоподаючої апаратури, а саме, серійних фільтрів тонкого очищення і ПНВТ із застосуванням і без використання попереднього очищення дизельного палива і визначити вплив цих характеристик на показники ефективності використання мобільних сільськогосподарських агрегатів.

Спостереження були встановлені за дев'ятьма сільськогосподарськими агрегатами в т. ч. три трактори Т-150 К. Усі сільськогосподарські агрегати були розбиті на три групи по три агрегати: трактори першої групи заправлялися паливом, в стані постачання; трактори другої групи заправлялися паливом, відстояним не менше 48 годин; трактори третьої групи заправлялися паливом заздалегідь очищеним заправною установкою з електрофільтром.

Список використаних джерел

1. Кюрчев С. В. Підвищення надійності і ефективності використання зернових жниварок шляхом модернізації їх приводів: Автореф. дис. канд. техн. наук. Луганск, 2003. 18 с.

2. Кищук А. С. Практикум по техническому обслуживанию тракторов. Глеваха, 2002. 109 с.

Д. І. Німичко, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко
Заклад вищої освіти "Подільський державний університет" м. Кам'янець-Подільський, Україна.

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРАВЛІЧНИХ АГРЕГАТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Технічний стан гідравлічної трансмісії визначається за числовими значеннями його параметрів. Для кожного гідрообладнання існують свої основні діагностичні параметри. При цьому для визначення технічного стану гідравлічної трансмісії та її складових необхідно вимірювати декілька параметрів. Сукупність параметрів, які вимірюються, повинна бути мінімальною але достатньою для об'єктивної оцінки технічного стану гідроагрегатів і гідравлічної системи в цілому. Разом з тим, в зв'язку з постійним конструктивним удосконаленням гідравлічних машин ускладнюються також і задачі діагностування [1].

Проведені дослідження підтвердили ефективність застосування для визначення технічного стану агрегатів гідравлічних систем стато-параметричного методу діагностування, які характеризуються контролем вимірюванням розходів робочої рідини, тиску, частоти обертання валів та ін.

Відповідно до запропонованої системи організації технічного сервісу на регіональному рівні, несправності гідравлічних агрегатів сільськогосподарської будуть підрозділятися на три групи.

Вихід з ладу окремих вузлів і деталей гідравлічних агрегатів, що вимагає їхньої заміни або ремонту, і не передбачає повного розбирання агрегату і застосування спеціалізованого обладнання, а також інші незначні несправності, усуваються силами сервісних бригад, для чого в кожному опорному пункті є певна номенклатура запасних гідравлічних агрегатів для сільськогосподарської техніки, яка відповідає найпоширенішим видам несправностей. Несправності даної групи усуваються безпосередньо в умовах сільськогосподарського підприємства в мінімально можливий термін.

Відмови першої групи усуваються заміною або ремонтом легкодоступних складальних одиниць і агрегатів гідравлічної системи з розкриттям внутрішніх порожнин основних агрегатів, заміною або ремонтом деталей, розташованих зовні агрегатів або складальних одиниць; проведенням операцій позачергового технічного обслуговування (ТО-1, ТО-2, ТО-3, залежно від складності несправності).

Вихід з ладу окремих вузлів гідравлічної системи, що вимагає його повного розбирання або проведення глибокого системного моніторингу сільськогосподарської техніки для виявлення даної несправності. На даному рівні ремонт гідроагрегату, який втратив роботоздатність, здійснюється сервісною бригадою регіонального дилерського центру, якій повідомляються основні параметри несправності, яка виникла.

Сервісна бригада регіонального дилерського центру має більш високий рівень підготовки фахівців, а також спеціалізоване обладнання для проведення діагностики і ремонту гідравлічних агрегатів сільськогосподарської техніки. У випадку якщо проведення ремонту в умовах опорного пункту не представляється можливим або не вдається виявити характер несправності, яка виникла, гідравлічний агрегат транспортується в ремонтну майстерню регіонального дилерського центру.

Відмови другої групи складності усувають в умовах регіональних ремонтно-технічних підприємств із застосуванням спеціалізованого обладнання, шляхом повного розбирання основних гідравлічних агрегатів з наступною заміною несправних деталей, а також шляхом їхнього часткового відновлення із застосуванням сучасних технологій.

Особливо складні несправності, заводські дефекти, вихід з ладу гідравлічних агрегатів вузькоспеціалізованих машин і обладнання, усунення яких силами регіонального дилерського центру не представляється можливим. Гідравлічний агрегат, який втратив роботоздатність, направляється на завод-виробник для повної заміни або відновлення [2].

При цьому, у випадку, якщо втрата роботоздатності агрегату виникла в результаті заводського браку і не по причині користувачів сільськогосподарської техніки, завод-виробник усуває причину за рахунок власних коштів.

Список використаних джерел

1. Гречкосій В. Д. Довідник сільського інженера. 2-е вид. перероб. і доп. Київ: Урожай, 1991. 400с.

2. Погорілець О. М. Гідропривід сільськогосподарської техніки: Навчальне видання. Київ: Вища школа, 2004. 368 с.

І. О. Семенчук, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірк

Подільський державний аграрно-технічний університет, м. Кам'янець-Подільський, Україна.

НЕСПРАВНОСТІ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

У сучасному ремонтному виробництві все більше зустрічаються з несправностями дизельної паливної апаратури. Дизельне паливо, відоме як одне з найбільш економічних і продуктивних видів робочої суміші. Незважаючи на всі позитивні сторони розглянутої апаратури, дизельний двигун, здатний приходити в несправність. Для виявлення причин несправностей паливної системи і правильного порядку дій, необхідно розуміти основні принципи діагностики.

Діагностика дизельного двигуна і паливної системи, має на увазі чималий радий робіт з виявлення стану – робочої системи автомобіля. Для того, щоб виявити несправність паливної системи і її масштаби, може знадобитися професійна діагностика. Визначення стану двигуна і паливної системи здійснюється в спеціалізованих майстернях, з використанням дорогої апаратури. Перевірка паливної апаратури та двигуна автомобіля, є складною процедурою, що вимагає певних навичок і хорошого досвіду. Виявити причину несправності й усунути її, не під силу кожному. Щоб уникнути нанесення шкоди робочим елементам двигуна, не рекомендується проводити дану некваліфікованому спеціалісту. Маючи достатню кваліфікацію і впевненість у собі, все ж, можна розібратися з характером несправності. Тим самим можна і заощадити певну кількість коштів [1].

Для якісної діагностики дизельного двигуна, будуть потрібні – спеціальне комп'ютерне обладнання та хороший досвід в ремонті паливної системи двигуна. Для перевірки двигуна, застосовують стенд, на якому можна детально розглянути його роботу. Навіть, при достатній кількості навичок і досвіду, без спеціалізованої апаратури, діагностувати двигун неможливо. Перевірка паливної системи, супроводжується певним ризиком, тому рекомендуємо довірити цю справу професіоналам. Щоб уникнути повторного ремонту або збільшення масштабів несправності, необхідно звертатися до професіоналів на ранній стадії несправності.

Найбільш часті несправності в роботі дизельного двигуна:

– робота двигуна, супроводжується дивними (нехарактерними) звуками (ймовірною причиною можуть бути -зношені клапани двигуна, або неправильна робота форсунок);

– двигун втратив потужність або довго набирає обертів (в даному випадку, це може свідчити про несправність фільтра);

– різко підвищилась витрата масла (часто, до цього призводить неправильна робота системи поршнів);

– при роботі двигуна, чітко чутно постукування (до цього веде несправність клапанів);

– двигун неохоче запускається і глухне (ймовірно, засмічений паливний фільтр);

– двигун почав диміти (зазвичай, причиною є – порушення структури прокладки циліндропоршневої групи) [2].

Розглянуті несправності, найбільш часті для дизельного двигуна. При появі будь-яких з них, варто звернутися до фахівців. Не варто експлуатувати трактор, при неправильній роботі двигуна або паливної апаратури, щоб уникнути масштабних поломок і значних витрат коштів. Сучасні ремонтні майстерні обладнані усім необхідним обладнанням і допоможуть відновити правильну роботу двигуна. Не варто економити на ремонті найважливішої частини трактора. Якісний ремонт, гарантує довгу і справну роботу двигуна.

Якісна діагностика апаратури, має на увазі широкий ряд робіт, серед яких:

– Загальна оцінка стану дизельного двигуна.

– Детальна діагностика блоку циліндрів.

– Оцінка стану циліндрів і перевірка тиску.

– Аналіз стану робочої рідини.

Дизельний двигун, є складним пристроєм і вимагає чималого уваги. Регулярний догляд за паливною системою та дотримання вимог експлуатації, допоможуть продовжити термін служби трактора. При появі несправностей, необхідно оперативно звернутися в сервісної служби. Усунувши проблему на ранньому етапі, можна уникнути масштабну поломку і заощадити значну кількість коштів і часу [3].

Використання якісної паливної суміші і своєчасна заміна робочих рідин, так само, впливають на правильну і довгострокову роботу дизельної паливної апаратури.

Хороший сервіс, завжди точно визначить несправність і запропонує краще рішення щодо її усунення.

Список використаних джерел

1. Технологія ремонту сільськогосподарської техніки: Навч. посібник / М. В. Власенко, Г. Ю. Надольний, О. Р. Терхунов, В. А. Крижанівський; За редакцією М. В. Власенка. Київ: Вища школа, 1992. 311с.

2. Сідашенко О. І., Науменко О. А., Поліський А. Я. та ін. Ремонт машин. Київ:Урожай, 1999. 218 с.

3. Молодик М. В., Моргун А. М. Організаційні форми технічного сервісу та прогноз їх розвитку в ринкових умовах господарювання в агропромисловому комплексі України. – Харків: ХДТУСГ, 2001. 170 с.

Д. Ю. Слободян, В. В. Девін, В. С. Бончик

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет" м. Кам'янець-Подільський, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗНОШУВАННЯ НАРАЛЬНИКОВИХ СОШНИКІВ

Аварійні пошкодження на полях України, які використовуються на протязі багатьох років не можуть вважатися типовими. Тому основним видом пошкоджень, яке має місце в реальному сільгоспвиробництві слід вважати зношування сошників.

Причинами пошкоджень сошників сівалок для технологій мінімального обробітку ґрунту або прямого посіву можуть бути їх зношування, або пошкодження при аварійних сутичках зі сторонніми предметами у ґрунті.

Зношування відбувається під впливом контактної взаємодії сошників з ґрунтом. Ґрунт, як відомо, представляє собою складну субстанцію, яка може суттєво відрізнятися як за механічними властивостями, так і за хімічним та гранулометричним складами. В залежності від цього ґрунти розділяються на ряд різноманітних видів. Але навіть в межах одного виду властивості ґрунтів, особливо фізико-механічні, сильно змінюються в залежності від щільності, вологості та інше.

На зношування робочих органів, які контактують з ґрунтом, суттєво впливає зміст твердих абразивних частинок і ступінь їх фіксації в самому ґрунті. Від цього залежить механіка контактної взаємодії частини з ґрунтом.

Для виявлення наслідків взаємодії грунту з наральником проводяться дослідження топографії поверхонь тертя. Аналіз проводиться на сошниках відпрацювавших свій ресурс і які мають значне зношення робочих поверхонь.

Аналіз стану поверхонь зношування полягає у виявленні дефектів поверхонь як мікроскопічних, так і макроскопічних. Типові поверхні зношування і пошкоджень фотографуються. По можливості дається кількісна оцінка ступеня пошкоджень (щільність дефектів). Особлива увага приділяється наявності подряпин, їх довжині і напрямку розташування.

По сукупності дефектів робиться висновок про домінуючий вид зношування, на підставі якого в подальшому вибираються перспективні матеріали для зміцнення сошників.

Для характерних ділянок зношування ведуться заміри мікротвердості матеріалу основи і зміцнення в перерізах спеціально приготовлених шліфів ділянок леза. Для цього використовується мікротвердомір ПМТ-3.

Оцінка стану профіля леза при зношенні для виявлення його параметрів і схильності до самозагострення проводиться за допомогою відомого методу зняття відбитків.

Причини втрати роботоздатності наральникових сошників визначаються шляхом досліджень зміни їх геометричних параметрів при зношуванні і статистичним аналізом потоку відмов при аварійних пошкодженнях. Науковий і практичний інтерес представляють дослідження стану поверхонь тертя для виявлення виду зношування, а також вивчення деформування і руйнування деталей у випадках аварійних пошкоджень і відмов при зіткненні з твердими включеннями, які можливі в ґрунті.

Як правило поверхні зношування мають складну геометричну форму, кількісна оцінка якої завжди представляє суттєву складність [1]. В той же час, безпосередньо геометрія робочих органів визначає ефективність їх роботи. Тому раніше розроблені різноманітні вагові і об'ємні методи вимірювання зношування для таких цілей не можуть вважатись досконалими. Вимірювання зміни геометричних параметрів при зношуванні сошників також представляє технічні труднощі.

Для проведення досліджень використовується партія експериментальних наральників в кількості не менше 5 шт. кожного виду зміцнення. Це дозволить отримати достовірні середньостатистичні дані про характер і розподілення зношення на робочих поверхнях [2].

Вивчення динаміки зношування відбувається шляхом фіксації зміни профілів через кожні 3... 6 га напрацювання окремим наральником.

Порівнюючи отримані дані з агровимогами на проведення посівних робіт, встановлюється граничне значення зношування і вибраковочні параметри, по яким визначається наробіток на функціональну відмову сошників.

В порівнянні величин зношування зміцнених сошників і серійного – взятого за еталон, робиться висновок про можливе підвищення довговічності при нанесенні зносостійкого наплавлення чи використанні іншої технології зміцнення.

Матеріали і схеми нанесення покриттів зміцнення для проведення польових досліджень вибирались на підставі результатів теоретичних передумов. При цьому було враховано особливості розподілу зносу для монометалічних серійних наральників.

З метою створення конструкцій зміцнених робочих органів, які б зберігали геометричну роботоздатну форму на протязі довгого періоду експлуатації, матеріал зміцнення і схему розташування його ділянок розраховували згідно умов досягнення стабілізації геометричних параметрів.

Список використаних джерел

1. Сисолін П. В., Свірень М. О. Висівні апарати сівалок (еволюція конструкцій, розрахунки параметрів). Кіровоград, 2004. 160с.

2. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. Наукова монографія НАУ / під редакцією Шикули М. К. Київ: Оранта, 1998. 679с.

А. О. Спасюк, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко
Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТРАНСМІСІЙНОГО МАСЛА НА ПАЛИВНУ ЕКОНОМІЧНІСТЬ ДИЗЕЛЯ ТРАКТОРА Т-25

Спочатку визначався час нагріву трансмісійного масла в корпусі трансмісії трактора від початкової температури, рівній температурі навколишнього повітря (дослідження проводилося в ділянці негативних температур), до температури +5 °С (це забезпечує рівність втрат потужності в агрегатах трансмісії в зимовий і літній час) за допомогою передпускового електронагрівача.

Дослідження проводилося при спільній роботі передпускового електронагрівача і термопатрона. Потім досліджувалася динаміка температури трансмісійного масла в корпусі трансмісії трактора (при роботі термопатрона) при різних температурах навколишнього повітря в експлуатаційних умовах. Дослідження проводилися після передпускового підігрівання трансмісійного масла і підготовки двигуна до сприйняття експлуатаційних навантажень з використанням передпускового електронагрівача і термопатрона (у зимових умовах) [1]. У літніх умовах використовувався тільки термопатрон.

В результаті експериментальних досліджень встановлені значення повної годинної витрати палива двигуном трактора, і годинної витрати палива на подолання втрат потужності в трансмісії трактора, а також вичислені втрати потужності в трансмісії трактора, на підставі експериментальних даних, за методикою, описаною вище.

Обробка дослідних даних і цих обчислень на ПЕОМ дозволила отримати залежності годинної витрати палива дизелем при навантаженні Рк =3,3 кН (*рисунок1*) і втрат потужності в трансмісії трактора від температури трансмісійного масла.

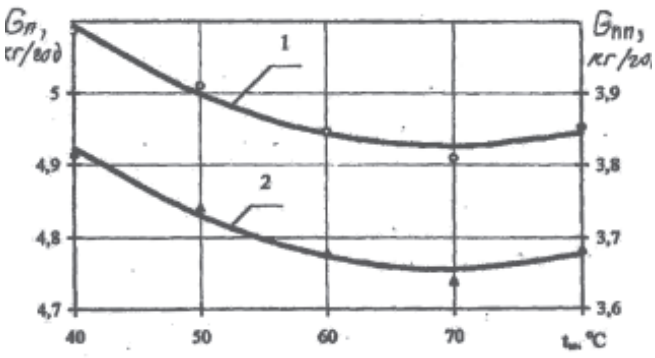


Рис. 1. **Залежність годинної витрати від температури трансмісійного масла при навантаженні Рк =3,3 кН:**
1) годинна витрата палива трактором;
2) годинна витрата палива на подолання витрат потужності у трансмісії трактора

Аналіз графічних залежностей показує, що мінімальна витрата палива забезпечується при підтримці температури трансмісійного масла на рівні 70 ± 2 °С. У міру збільшення температури трансмісійного масла годинна витрата палива поступово знижується.

Причиною цього служить зниження тертя, а отже і зниження втрат потужності в трансмісії, за рахунок кращого вступу малов'язкого масла в зону тертя, повнішого тепловідводу і інтенсивнішого видалення продуктів зносу від поверхонь тертя. При збільшенні температури масла понад 70 °С годинна витрата палива зростає, що пов'язано зі зменшенням міцності мастильної плівки, а отже, виникненню в зоні контакту поверхонь зубів зубчастих коліс ділянок з граничним тертям, що супроводжується збільшенням втрат потужності в трансмісії.

Таким чином, паливна економічність дизельного двигуна трактора Т-25А при температурі масла 70 °С на 3,5 % вище в порівнянні з варіантом, коли температура трансмісійного масла складала 40 0С. Це говорить про те, що при нижчій температурі трансмісійного масла, особливо в області негативних її значень, яка спостерігається в початковий період роботи трансмісії трактора в зимових умовах експлуатації і досить тривалий час не підвищується вище 0 °С, паливна економічність дизеля знижуватиметься ще істотніше в порівнянні з варіантом експлуатації трансмісії при раціональній температурі масла.

Отже, економія палива і збільшення корисної потужності трактора може бути досягнуто шляхом підтримки температури трансмісійного масла в межах 65... 75 °С [2], за рахунок застосування технічних засобів забезпечення передпускового підігрівання і підтримки температури трансмісійного масла в експлуатаційних умовах в заданих межах.

Список використаних джерел

1. Курчаткін В. В., Тельнів М. Ф. Надійність и ремонт машин. Київ:Урожай, 2000. 276с.

2. Сірий І. С., Смілий А. І., Черкун В. М. Курсове и дипломне проектування по надійності і ремонту машин. Київ: Урожай, 1991. 184с.

О. А. Черній

Дніпровський державний аграрно-економічний університет.

ВИКОРИСТАННЯ ВІБРОЖИВИЛЬНИКІВ В ЛІНІЯХ ФЕНОТИПУВАННЯ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Розвиток економіки України сприяє збільшенню товарообороту та різноманіття виробництва різних найменувань агропродукції. З метою збільшення продуктивності виробництва, активно проектуються й впроваджуються автоматизовані транспортуючі лінії. Важливу позицію серед них займають вібротранспортуючі машини. Також, на сучасному етапі розвитку аграрної галузі нашої країни, однією з першочергових задач являється впровадження в технологічні процеси вирощування та переробки насіння сільськогосподарських культур, сучасних автоматизованих та мехатронних систем. Це сприятиме розвитку "точного землеробства" в Україні, підвищенню врожайності та і ефективності ведення аграрного бізнесу загалом. Вже зараз товаровиробники активно впроваджують в своїх господарствах високотехнологічні машини для виконання всього комплексу операцій в рослинництві з використанням технічних засобів, що працюють за алгоритмами "точного землеробства". Отже, насьогодні, зростає попит на якісне насіння культур, яке б дозволяло використовувати потенціал посівних машин сповна. Важливою операцією при переробці насіннєвого матеріалу є його дозування та позиціювання для якісної подальшої переробки. Особливо це важливо при використанні в переробних технологічних лініях так званого "машинного зору". Наприклад, в технологічному процесі фенотипування насіння [1]. Адже, використання цієї технології потребує високої рівномірності подачі матеріалу та дотримання вимог позиціювання насіння для їх правильного сканування електронними датчиками. В операції дозування сипких вантажів важливе місце належить вібраційним живильникам. Вони набули поширення завдяки ряду своїх переваг. Але завдяки певним технологічним потребам кожної автоматизованої лінії та особливостям механіко-технологічних та реологічних характеристик транспортуємого насіння, виникає необхідність проведення обґрунтування та оптимізації конструктивно-технологічних параметрів вібраційних живильників задля їх високої робочої ефективності [2,3].

Таким чином, актуальним науково-технічним завданням є підвищення ефективності процесу дозування насіння сільськогосподарських культур в технологічних процесах обробки та фенотипування за рахунок використання вібраційних спіральних живильників з оптимально розрахованими конструктивними та технологічними параметрами.

Отже, мета досліджень полягає у підвищенні ефективності дозування насіння сільськогосподарських культур для подальшого його автоматичного фенотипування шляхом застосування вібраційного спірального живильника із обґрунтованими конструктивно-технологічними параметрами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішення наступних задач:

– на основі аналізу стану конструкторських досягнень вібротранспортувальних машин та результатів попередніх досліджень процесів вібротранспортування, обґрунтувати структуру та шляхи підвищення ефективності функціонування вібраційних спіральних живильників, що використовуються в машинах і обладнанні під час селекції сільськогосподарських культур;

– дослідити морфологічні та фізико-механічні властивості насіння сільськогосподарських культур, що підлягає вібротранспортуванню та дозуванню;

– провести аналітичні дослідження та розробити математичну модель руху насіння сільськогосподарських культур по робочому органу спірального вібраційного живильника в залежності від його конструктивно-режимних параметрів і морфологічні та фізико-механічні властивостей насіння;

– провести експериментальні дослідження технологічного процесу вібротранспортування та дозування насіння сільськогосподарських культур по лотку вібраційного спірального живильника та визначити його раціональні конструктивно-технологічні параметри;

– здійснити виробничу перевірку та виконати оцінку економічної ефективності застосування результатів досліджень.

Подальші дослідження по вказаній тематиці, будуть заключатись в виконанні поставлених задач.

Список використаних джерел

1. Алієв Е. Б. Автоматичне фенотипування насіннєвого матеріалу соняшнику: монографія. Київ: Аграрна наука, 2022. 104 с.

2. Cieplok, G. (2024). Influence of vibratory conveyor design parameters on the trough motion and the self-synchronization of inertial vibrators. Open Engineering, 14(1). https://doi. org/ 10. 1515/eng-2022-0434

3. Calta, J. (2024). Vibratory conveyor with elliptical oscillation is quiet and fast. Advances in Design, Simulation and Manufacturing VIII. DOI: 10. 13140/RG. 2. 2. 10392. 37128

Т. В. Хворост, Є. М. Омельченко, О. О. Суханов
Сумський національний аграрний університет

ТЕХНІКА АГРАРНИХ ГОСПОДАРСТВ ТА ПІДПРИЄМСТВА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

Технічний сервіс аграрної техніки є критично важливим для забезпечення продовольчої безпеки. Ефективна сервісна інфраструктура сприяє підвищенню продуктивності сільськогосподарського виробництва. Дослідження зосереджено на визначенні ключових задач та обґрунтуванні розвитку сервісної інфраструктури в Сумській області.

Проведення регламентних робіт у відповідності до визначених строків обслуговування (інтервали заміни робочих матеріалів), якості їх проведення (умови проведення, використання спеціалізованого інструменту, використання матеріалів у відповідності до каталожних номерів) та професіоналізму (кваліфікація працівників, тривалості проведення обслуговування, часу очікування сервісної бригади) – умови забезпечення роботоздатності техніки під час виконання механізованих технологічних операцій в аграрному секторі.

Високий рівень механізації в аграрному виробництві вимагає наявності розгалуженої мережі технічного сервісу, що здатна забезпечити обслуговування і ремонт аграрної техніки.

Аналіз парку аграрної техніки в Сумській області показав, що структура парку: трактори, комбайни, сівалки, обприскувачі та інша техніка. Віковий розподіл техніки: значна частка старої техніки; виробники: John Deere, Claas, Case IH, New Holland, а також вітчизняні виробники. Середній вік тракторного парку становить 12 років. 40% тракторів потребують капітального ремонту. Загальна кількість тракторів – 12,000 одиниць, комбайнів – 3,500 одиниць.

Структури, які забезпечують проведення регламентних робіт аграрної техніки: Сертифіковані сервісні центри; Відділи технічного обслуговування в агропідприємствах; Мобільні сервісні підприємства.

Розташування дилерських центрів.

Міські сервісні центри: основна частина дилерських підприємств зосереджена в обласному центрі (м. Суми) та великих містах регіону (м. Конотоп, м. Ромни).

Регіональні мобільні бригади: для забезпечення технічного обслуговування у віддалених районах створено мобільні сервісні підрозділи, які можуть проводити ремонт на місці без транспортування техніки до сервісного центру.

Дилерські підприємства Сумської області пропонують широкий спектр послуг, які можна умовно розподілити на три основні групи:

1. *Продаж техніки:* консультування щодо вибору техніки, продаж нових і вживаних машин, лізингові програми.

2. *Обслуговування та ремонт:* гарантійне та післягарантійне обслуговування, капітальний ремонт вузлів і агрегатів, сезонна підготовка техніки до роботи.

3. *Адаптація до сучасних технологій:* встановлення систем Precision Farming (GPS-навігація, автопілоти), налаштування параметрів роботи для зменшення витрат пального та підвищення ефективності галузі рослинництва.

Дилерські центри обладнані сучасною технікою та програмним забезпеченням для діагностики, ремонту й налаштування аграрних машин:

1. *Діагностичне обладнання:* спеціалізовані сканери для аналізу роботи двигунів, гідравлічних систем і електронних модулів.

2. *Ремонтні бокси:* забезпечені підйомниками, стендами для налаштування паливної апаратури, а також обладнанням для зварювання і відновлення металевих деталей.

3. *Польові ремонтні бригади:* мобільні групи для проведення ремонту безпосередньо на місці використання техніки.

4. *Склади запчастин:* наявність складів із широким асортиментом оригінальних запчастин і витратних матеріалів.

Підприємства технічного обслуговування в агропідприємствах виконують широкий спектр завдань, який можна поділити на три основні групи:

1. Планове технічне обслуговування:

– заміна олив, фільтрів, ременів, гідравлічних рідин;

– перевірка та налаштування систем керування;

– сезонна підготовка техніки (осінньо-зимова консервація, весняна підготовка).

2. Ремонтні роботи:

– поточний і капітальний ремонт вузлів (двигуни, трансмісії, гідравлічні системи);

– зварювальні роботи для відновлення пошкоджених конструктивних елементів;

– заміна або реставрація зношених деталей.

3. Модернізація техніки:

– встановлення систем точного землеробства (GPS-навігація, автопілоти, датчики продуктивності);

– адаптація техніки для виконання нових видів робіт (наприклад, переобладнання сівалок для міжрядного висіву).

Мобільні сервісні підприємства забезпечують виконання наступних видів послуг:

1. Планове технічне обслуговування:

– заміна олив і фільтрів;

– перевірка та налаштування робочих систем;

– огляд техніки для виявлення потенційних несправностей.

2. Діагностика несправностей:

– перевірка електронних систем за допомогою сканерів;

– аналіз стану двигунів і трансмісій;

– тестування роботи гідравлічних систем.

3. Ремонтні роботи:

– заміна вузлів і агрегатів;

– усунення поломок у польових умовах (ремонт гідравлічних шлангів, відновлення зварювальних з'єднань);

– ремонт ходової частини.

4. Сезонна підготовка техніки:

– налаштування техніки для весняної посівної кампанії.

5. Аварійна допомога:

– оперативний виїзд у разі поломок у полі;

– заміна пошкоджених компонентів або тимчасовий ремонт для продовження роботи техніки.

Критичні аспекти:

1. Недостатній рівень організації сервісного обслуговування. У багатьох господарствах України, зокрема в Сумській області, спостерігається дефіцит кваліфікованих спеціалістів з технічного сервісу, що призводить до затримок у виконанні ремонтних робіт та збільшення простоїв техніки.

2. Застарілі методи технічного обслуговування. Багато аграрних підприємств продовжують використовувати традиційні методи діагностики та ремонту, які не враховують сучасні тенденції у сфері цифрових технологій та дистанційного моніторингу стану машин.

3. Недостатній рівень впровадження сучасних інформаційних систем. Використання електронних систем діагностики дозволяє значно підвищити ефективність технічного обслуговування, проте їх впровадження залишається на низькому рівні через високу вартість та відсутність фахівців з відповідними компетенціями.

4. Відсутність комплексного підходу до прогнозування несправностей. У більшості господарств технічне обслуговування проводиться за фактом поломки, що збільшує витрати на ремонт і знижує експлуатаційну ефективність машин.

5. Нерозвинена система матеріально-технічного забезпечення. Дефіцит якісних запасних частин і витратних матеріалів ускладнює своєчасне проведення ремонтних робіт та збільшує терміни простоїв техніки.

6. Слабка інтеграції технічного сервісу з потребами аграрних господарств. Часто відсутня належна комунікація між підприємствами технічної служби та аграрними господарствами, що призводить до несвоєчасного виконання ремонтних робіт. Це може бути причиною простої техніки в критичні періоди, наприклад під час посівної або збірної кампанії.

7. Низька ефективність прогнозування стану техніки. Сучасні методи моніторингу, такі як дистанційна діагностика, не дозволяють виявити несправності до їх критичного прояву. Проте в господарствах Сумської області така технологія недостатньо через їхню високу вартість та низький рівень відомості про їх переваги.

Список використаних джерел

1. Rogovskii I L, Titova L L, Trokhaniak V I, Haponenko O I, Ohiienko M M and Kulik V P 2020 Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks INMATEH Agricultural Engineering 60(1) 45-52

2. Hrynkiv A, Rogovskii I, Aulin V, Lysenko S, Titova L, Zagurskiy O and Kolosok I 2020 Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 3(105) 19-29

3. Rogovskii I L, Titova L L, Trokhaniak V I, Marinina L I, Lavrinenko O T and Bannyi O O 2020 Engineering management of machine for formation of artificial shell on seed vegetable cultures INMATEH Agricultural Engineering 61(2) 165-74

4. Galyshev Yu V, Dobretsov R Yu, Porshnev G P, Sakharova E G, Uvakina D V and Voinash S A 2020 Development of an unmanned tractor chassis for precision farming Vestnik mashinostroyeniya 5 47-53

5. Kavka M, Mimra M and Kumh?la F 2016 Sensitivity analysis of key operating parameters of combine harvesters Research in Agricultural Engineering 62(3) 113-21

О. В. Тесленко, Є. Г. Лабецький, В. В. Шутко
Сумський національний аграрний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МАШИННИХ АГРЕГАТІВ У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Використання машинних агрегатів (МА) в агровиробництві є одним із ключових факторів підвищення продуктивності (W) та ефективності сучасного аграрного виробництва. Однак, ефективність використання МА суттєво залежить від умов експлуатації.

Продуктивність МА визначається, як обсяг робіт встановленої якості, виконаний агрегатом за одиницю часу

Як зазначає автор [1], конструктивні параметри МА розраховані для забезпечення певної якості виконання механізованих робіт, однак у реальних виробничих умовах вони не завжди реалізуються у повному обсязі. Це обумовлено такими факторами, як склад ґрунтів, налаштування агрегату, стан робочих матеріалів, погодні умови, кваліфікація оператора та інше.

Для оцінки *W* агротехніки вчені [2, 3, 4] зазвичай використовують наступну формулу:

$$W = 0{,}1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \text{га/год}, \qquad (1.\ 1)$$

де:

B_p – робоча ширина захвату МА, (м);

V_p – робоча швидкість МА, (км/год.);

τ – коефіцієнт використання часу зміни МА.

Технічно можлива ширина захвату машини називається робочою шириною захвату B_p. Використання B_p. оцінюють за допомогою коефіцієнта ефективного використання ширини захвату агромашин (β), таким чином:

$$B_p = B_к \beta, м, \qquad (1.\ 2)$$

де $B_к$ – конструктивна ширина захвату машини, м.

Допустиме значення β зазвичай знаходиться в межах 0,93-1,16, залежно від точності водіння, нерівностей поля та організації роботи.

У дослідженні [5] β визначається типом виконуваної операції, конструкцією робочого органу та агротехнічними обмеженнями.

При вирішенні проблеми підвищення *W* роботи МА, деякі дослідники надають перевагу збільшенню V_p, а інші – збільшенню робочої B_p. Існують також дослідження, де науковці бачать перспективу в одночасній зміні (збільшенні) параметрів V_p і B_p.

Питаннями підвищення *W* роботи МА шляхом удосконалення організації його роботи не залишилось поза увагою науковців. Це питання однозначно відображає коефіцієнт τ у виразі (1. 1). Якщо аналізувати показник τ, то це відношення ефективної роботи МА до непродуктивних втрат часу.

Робота техніки складається з безлічі різних складових елементів, які в свою чергу будуть допомагати визначати ефективність використання МА та виявити резерви для її підвищення.

Значення τ зазвичай знаходиться в межах 0,60-0,95, залежно від точності водіння, нерівностей поля та організації роботи.

Якщо проаналізувати більш детально формування *W*, то можна виявити залежність її складових від часу зміни та умов виконання технологічних операцій.

В *таблиці 1* ми проаналізували залежність кожної складової *W* від реальних факторів впливу на ефективність використання МА у полі.

Ефективність роботи МА залежить від комплексу факторів. З поданої вище *табл. 1*, можна зробити висновки, що час доби, стан ґрунту, мають значний вплив на B_p, і V_p, τ і відповідно на *W*, що необхідно враховувати при плануванні польових робіт.

Дослідження цих залежностей є важливим для оптимізації експлуатації агротехніки, зменшення витрат пального та підвищення *W*. Врахування всіх зазначених факторів дозволяє більш ефективно використовувати ресурси та підвищувати якість виконуваних робіт.

Наші подальші дослідження повинні зосереджуватися на аналізі впливу метеорологічних та

Таблиця 1.

Вплив часу зміни та умов експлуатації на показники W використання МА

Фактори впливу на ефективність роботи	МА Показники W роботи МА			Аналіз відхилень
	B_p, відхилення від номінального значення	*Vp, відхилення від вказаної у агровимогам*	*τ, діапазон в залежності від технологічної операції та впливу зазначених факторів на роботу МА*	
Час зміни:				
– день	До 5 %	До 5%	0,65 – 0,90	– хороша видимість, – висока концентрація оператора, – зручність у контролі техніки, – через підвищену температуру ґрунт може ставати більш сухим і щільним, що збільшує опір і може змінювати ефективну B_p та V_p
– ніч	До 5-15%	До 5-10%	0,65 – 0,90	– обмежена видимість, особливо на нерівних полях, – необхідність постійного контролю за освітленням та можливістю виникнення непередбачених обставин впливає на V_p та τ, – необхідність ретельного контролю знижує τ, – підвищена втома оператора знижує τ, – зміна умов роботи знижує V_p, та B_p.
Стан ґрунту:				
– нормальний	Від 5% до 15%	Від 5% до 20%	0,60 – 0,75	– найкращі умови для роботи, – висока V_p, B_p близькі до номінальних значень та агровимог, – мінімальні затримки у роботі МА
– вологий	Від 5% до 15%	Від 5% до 20%	0,60 – 0,75	– опір руху зростає, можлива пробуксовка, – налипання ґрунту на робочі органи
– підмерзлий	Від 5% до 15%	Від 5% до 20%	0,60 – 0,75	– знижується V_p через твердість ґрунту, – через жорсткість ґрунту, вимагає більшої потужності від техніки, що знижує W та збільшує витрати пального. – зменшення B_p через підвищене навантаження на агрегати

ґрунтових умов на підвищення ефективності використання МА.

Важливим напрямком є оптимізація роботи МА у різний час доби, оцінка впливу втоми оператора на точність керування, а також розробка заходів для підвищення ефективності та безпеки праці.

Список використаних джерел

1. Мельник І. І., Тивоненко І. Г., Фришев С. Г. та інші. Інженерний менеджмент: навчальний посібник. Вінниця: Нова книга, 2007. С. 137.

2. Зубко В. М. Підвищення ефективності механізованого технологічного процесу вирощування та збирання озимого ріпаку. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, Сумський національний аграрний університет. Суми,2009;

3. Оласюк Я. В. Експлуатація машин і обладнання: методичні вказівки для виконання курсового проєкту для студентів спеціальності "Експлуатація та ремонт машин і обладнання агропромислового виробництва". Любешівський технічний коледж Луцького національного технічного університету. Луцьк, 2016. 101 с.

4. Барабаш Г. І., Таценко О. В., Бакай Р. Б. Експлуатація машин і обладнання. Використання машин у механізованих технологічних процесах: практикум щодо виконання лабораторно-практичних робіт для студентів 4-го курсу спеціальності 6. 100102 "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва" денної та заочної форми навчання. СНАУ. Суми, 2014. 135 с.

5. Зубко В. Обґрунтування та вибір агромашин за обраними робочими органами / В. Зубко // Інженерія природокористування. – 2020. – № 1(15). – С. 36-43. – DOI: 10. 37700/ enm. 2020. 1(15). 36-43.

Д. П. Журавель, д. т. н.
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного м. Мелітополь, Україна.

ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В СЕРЕДОВИЩІ БІОЛОГІЧНИХ РІДИН

Гідравлічні системи широко використовуються в різних галузях сільського господарства, передають енергію, виконують функції охолодження та мастила, захисту деталей від корозії, а також виносять з гідроагрегатів продукти зносу. У зв'язку з цим працездатність гідроприводів, їх надійність та довговічність значною мірою залежить від типу рідини, її в'язкісно-температурних характеристик, протизадирних та протизносних властивостей, а також стану у процесі експлуатації. Гідросистема сільськогосподарських машин є складною гідромеханічною системою, що має високу функціональну значимість для забезпечення працездатності машини загалом. Незважаючи на наявні методи діагностики та засоби технічного обслуговування гідравлічних систем, на практиці цьому питанню приділяється недостатньо уваги що призводить до зниження експлуатаційних показників як гідравлічних систем, так і техніки загалом [1-3]. Потрапляння мінеральних олив в грунт призводить до екологічних проблем, що впливає на зниження її родючості. Поліпшення подібної ситуації можливе при використанні рослинних олив, як альтернативних робочих рідин для гідравлічних систем сільськогосподарської техніки.

Основна функція робочих рідин для гідравлічних систем, це передача механічної енергії від її джерела до місця використання із забезпеченням зміни величини або спрямування доданої сили Гідравлічний привод не може діяти без рідкого робочого середовища, що є необхідним елементом будь-якої гідравлічної системи. У постійному вдосконаленні конструкцій гідравлічних приводів відзначаються такі тенденції: підвищення робочих тисків і пов'язане з цим розширення верхніх температурних меж експлуатації робочих рідин; скорочення загальної маси приводу або збільшення відношення потужності, що передається, до маси, що тягне за собою більш інтенсивну експлуатацію робочої рідини; зменшення робочих зазорів між деталями робочого органу, вихідної та приймальної порожнин гідравлічної системи, що посилює вимоги до чистоти робочих рідин (або її фільтрування за наявності фільтрів у гідравлічних системах) [4-6]. З метою задоволення вимог, продиктованих зазначеними тенденціями розвитку гідравлічних приводів, сучасні робочі рідини для них повинні: мати оптимальний рівень в'язкості та хороші в'язкісно-температурні характеристики в широкому діапазоні температур, тобто високий індекс в'язкості, або пологу в'язкісно-температурну криву; відрізнятися високим антиокислювальним потенціалом, а також термічною та хімічною стабільністю, що забезпечують тривалу без змінну роботу рідини в гідравлічній системі; захищати деталі гідравлічного приводу від корозії; мати хорошу фільтрацію; мати необхідні деаеруючі, деемульгуючі та антипінні властивості; характеризуватись високою мастильною здатністю, необхідним протизадирним та протизносним потенціалом; бути сумісними з гумами, еластомерами та іншими ущільнювальними матеріалами [7]. З останні роки намічається тенденція використання в технічних цілях рослинних олив, що характеризуються високою біорозкладальністю (ріпакової, соєвої, соняшникової, арахісової, пальмової) та їх похідних. Пріоритетним з погляду використання у сільськогосподарській техніці є ріпакова олива, трибологічні та фізико-хімічні властивості якої здатні забезпечити функції робочої рідини гідравлічної системи без втрати її експлуатаційних показників [8].

Однак необхідно відзначити недостатність також інформації про використання рослинних олив для сільськогосподарської техніки. Відсутній науковообґрунтований склад робочої рідини для гідросистем сільськогосподарської техніки на основі ріпакової оливи, мало досліджень з вивчення впливу подібних олив на надійнісні показники гідравлічних систем. Тому розробка альтернативних мастильних матеріалів та робочих рідин на основі рослинної сировини з покращеними трибологічними властивостями є актуальною науково-технічною проблемою [9].

Гідравлічну систему (ГС) можна представити у вигляді декількох підсистем. До таких підсистем, які виконують самостійні функції, відносяться: насос, гідролінії, гідроциліндр, розподільник і ущільнюючі елементи.

Надійність ГС залежить від надійності кожної з підсистем, а також від використання різних видів олив. При цьому відмова в роботі будь-якої з підсистем веде до припинення нормальної роботи всієї системи. Кожна з підсистем може перебувати в двох фіксованих станах – робочому і неробочому.

Для опису цих процесів будемо використовувати, в якості інструменту, деякі аспекти теорії ймо-

вірностей. Знаходження систем в тому чи іншому стані кількісно оцінюється відповідною ймовірністю. Причому неможливо передбачити в який момент часу, яка з підсистем може вийти з ладу, і потребує діагностики та ремонтних робіт.

З точки зору математичного опису такий процес зручно розглядати як марковський, і ілюструвати його відповідним графом стану. Схематично граф стану для гідравлічної системи сільськогосподарської техніки наведено на *рис. 1.*

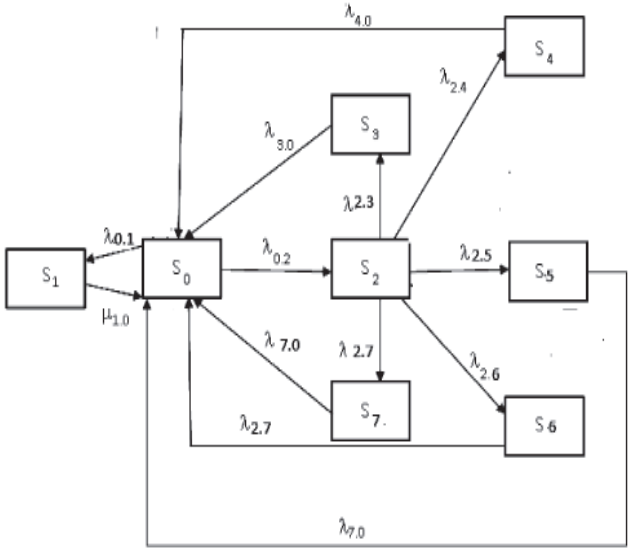


Рис. 1. **Граф стану гідравлічної системи сільськогосподарської техніки**

S_0 – гідравлічна система (ГС) справна і працює;
S_1 – ГС справна але не працює (простої);
S_2 – ГС несправна, і не працює (йде діагностування відмови);
S_3 – ГС несправна, через відмову насосу;
S_4 – ГС несправна, через відмову гідроліній;
S_5 – ГС несправна, через відмову гідроциліндра (гідродвигуна);
S_6 – ГС несправна, через відмову розподільника;
S_7 – ГС несправна, через відмову ущільнення

Таким чином, використовуючи дану методику можна достовірно оцінити ступінь впливу різних видів робочих рідин на ресурс гідравлічної системи сільськогосподарської техніки, використовуючи узагальнені показники, а саме коефіцієнти готовності і технічного використання. Очевидним є те, що одним із шляхів підвищення коефіцієнта готовності і технічного використання сільськогосподарської техніки при застосуванні біологічних змащувальних матеріалів рекомендується застосування багатофункціональних добавок і присадок, що дозволить виключити шкідливий вплив вільних жирних кислот оливи на метали деталей сполучень і забезпечити нормовані ресурси вузлів і агрегатів сільськогосподарської техніки. Розглядаючи гідравлічні системи сільськогосподарської техніки, як складні технічні системи, схильні до різних видів відмов, нами було запропоновано модель надійності, що дозволяє за статистичними характеристиками напрацювання на відмову їх елементів отримувати нормовані в технічних умовах усереднені значення часу на виконання технологічних операцій з технічного обслуговування та ремонту гідравлічних систем. Вони оцінюються узагальненими показниками, а саме коефіцієнтом готовності Кг та коефіцієнтом технічного використання Кт. в.

В результаті проведених досліджень встановлено, що коефіцієнт готовності для гідравлічної системи: на мінеральній оливі – 0,816; на біоливі – 0,791; на сумішеві оливі з покращеними показниками – 0,864, а коефіцієнт технічного використання: на мінеральній оливі – 0,632; на біоливі – 0,583; на сумішеві оливі з покращеними показниками – 0,728. Таким чином використання сумішевих робочих рідин з покращеними показниками дозволило підвищити показники коефіцієнтів готовності і технічного використання. Завдяки цьому ми отримали можливість на конкретному прикладі гідросистеми сільськогосподарської техніки, при роботі на різних видах робочих рідин реалізовувати один із основоположних принципів підвищення надійності технічних систем, сутність якого полягає у визначенні та усуненні несправностей елементів підсистем, що обмежують експлуатаційну надійність гідравлічної системи в роботі на відмову та зменшення часу на пошук та усунення несправностей.

Список використаних джерел

1. Бондар А. М. Технічний сервіс мехатронних систем: навчально-методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: ВПЦ "Люкс", 2021. 141 с.

2. Сорваніді Ю. Г. Технічний сервіс в АПК: навчально-методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: ВПЦ "Люкс", 2021. 157с.

3. Бондар А. М. Покращення та оцінка якісних показників відпрацьованих автотракторних олив для сільськогосподарської техніки. Науковий вісник ТДАТУ: ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 15 с.

4. Журавель Д. П. Підвищення довговічності функціональних систем сільськогосподарської техніки при використанні біопаливно-мастильних матеріалів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. К., 2018. Вип. 282. С. 279-292.

5. Журавель Д. П. Моделювання процесу зношування прецизійних пар паливних систем мобільної техніки при експлуатації на біодизелі. Праці ТДАТУ. Вип. 18. т. 2. Мелітополь, 2018. С. 105-118.

6. Журавель Д. П. Підвищення ефективності використання мобільної сільськогосподарської техніки шляхом забезпечення оптимального складу сумішевих біодизельних пальних. Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. Вип. 8. Т. 2. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. С. 91-107.

7. Журавель Д. П. Моделювання працездатності машинотракторного агрегату при експлуатації на біодизелі. Праці ТДАТУ. Вип. 19. Т. 3. Мелітополь, 2019. С. 57-68.

8. Бондар А. М.. Використання біологічної оливи для сільськогосподарської техніки. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник / ННЦ "ІМЕСГ". Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 125-131.

9. Бондар А. М. Прогнозування ресурсу трибосистем при використанні сумішевих олив. Науковий вісник ТДАТУ: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 19 с. DOI: 10. 31388/2220-8674-2021-1-10.

В. І. Мельник, кандидат економічних наук.,
доцент В. І. Мельник, кандидат економічних наук.,
доцент, В. О. Лісецький, кандидат технічних наук, доцент,
А. І. Мотузюк студент
Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна.

АДАПТАЦІЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ ДО ВИМОГ ЄС. ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ РЕЄСТР (ДАР)

Україна активно працює над інтеграцією в європейську спільноту, і аграрний сектор відіграє надважливу роль у цьому процесі. Одним з інструментів цієї інтеграції став Державний аграрний реєстр (ДАР), який був створений для відповідності вимогам Європейського Союзу щодо спільної аграрної політики (САР).

Державний аграрний реєстр (ДАР) – це автоматизована електронна система, створена Міністерством аграрної політики та продовольства України для взаємодії держави та аграріїв. Реєстр був запущений у серпні 2022 року і станом на березень 2025 року налічує понад 200 тисяч зареєстрованих користувачів.

Державний аграрний реєстр був розроблений за підтримки Європейського Союзу з метою забезпечення прозорості та ефективності аграрного сектору України. Автоматизований звітній модуль ДАР дозволяє підвантажувати дані з різних державних реєстрів, таких як Єдиний державний реєстр юридичних осіб, Державний земельний кадастр та Реєстр тварин. Ця інтеграція забезпечує можливість формувати аналітичні звіти для моніторингу виконання стратегічних цілей розвитку агропромислових територій України до 2033 року.

Основними функціями ДАРу є збір інформації про агровиробників, включаючи інформацію про площі земель, види культур, обсяги виробництва та забезпечення доступності до програм підтримки. Через ДАР агровиробники можуть подавати заявки на державні субсидії, субсидовані кредити та інші програми підтримки.

ДАР підвищує рівень прозорості в аграрному секторі, дозволяючи державі контролювати виконання програм підтримки та розподіл фінансових ресурсів, а користувачі можуть подавати звітність онлайн, що спрощує процес взаємодії з органами статистики. Також забезпечується виконання вимог Стратегічних планів ЄС через автоматизований звітній модуль ДАР.

Відповідність вимогам САР є важливою умовою для України, оскільки вона відкриває доступ до фінансової підтримки від ЄС та сприяє розвитку аграрного сектору країни. ДАР забезпечує збір даних про використання земель, виробництво продукції та інші важливі показники, які необхідні для виконання вимог ЄС щодо спільної аграрної політики. Це дозволяє Україні бути більш конкурентоспроможною на європейському ринку та підвищувати якість продукції.

Окрім виконання вимог САР, ДАР також відіграє важливу роль у забезпеченні санітарних стандартів в аграрному секторі України. З 1 лютого 2025 року Україна ввела електронний обмін фітосанітарними сертифікатами через систему ePhyto, інтегровану з міжнародним хабом ePhyto HUB. Ця система дозволяє автоматизувати процес обміну сертифікатами, що сприяє підвищенню безпеки продукції та зниженню ризиків поширення шкідливих організмів.

План реформи іригаційних систем на 2025 рік передбачає створення цифрової платформи для моніторингу якості води та водовідведення. Ця платформа буде інтегрована з ДАР для забезпечення контролю за якістю води та дотриманням директив ЄС щодо якості питної води. Реформа захисту рослин також передбачає автоматизований контроль за обробкою хімікатами, що дозволяє зменшити ризики шкідливих впливів на довкілля та здоров'я населення.

ДАР також сприяє впровадженню євростандартів щодо енергоефективності та зниження вуглецевого сліду. Збір даних про використання енергоресурсів дозволяє оптимізувати витрати та зменшити вплив на довкілля. Крім того, податкові зміни, такі як введення фіксованого коефіцієнта для розрахунку мінімального податкового зобов'язання, сприяють гармонізації податкової системи України з європейською системою оподаткування.

Отже, Державний аграрний реєстр відіграє важливу роль у процесі адаптації українського аграрного сектору до вимог ЄС. Через автоматизований звітній модуль ДАР Україна може виконувати вимоги САР, забезпечувати прозорість та ефективність аграрного сектору. Крім того, ДАР сприяє забезпеченню санітарних стандартів та реформуванню іригаційних систем, що підвищує якість продукції та знижує ризики для довкілля та здоров'я населення. Впровадження євростандартів щодо енергоефективності та податкової політики також сприяє розвитку аграрного сектору України та його інтеграції в європейську спільноту.

Список використаних джерел

1. Державний аграрний реєстр. (2025). Реєстрація та функціонал ДАР. URL: https://www. dar. gov. ua
2. KSE. (2024). Agricultural statistics in Ukraine: current state and proposal for improvement. URL: PDF
3. Мінагрополітики. (2022). Запуск ДАР за підтримки ЄС. URL: https://www. dar. gov. ua
4. Охорона праці. (2025). Закон України "Про державне регулювання сфери захисту рослин". URL: https://ohoronapraci. kiev. ua
5. BDO in Ukraine. (2025). Legislative changes in agriculture for 2025. URL: https://chamber. ua
6. Європейська бізнес асоціація. (2025). Законодавчі зміни в агросекторі на 2025 рік. URL: https://eba. com. ua
7. Верховна Рада України. (2024). Закон України "Про Державний аграрний реєстр" № 11063-д. URL: Офіційний портал
8. Мінагрополітики. (2025). Оновлення функцій ДАР для малих фермерів. URL: dar. gov. ua
9. Європейська комісія. (2021). Регламент (ЄС) 2021/2115 щодо спільної аграрної політики. URL: EUR-Lex
10. Асоціація фермерів Сумської області. (2024). Звіт про технічні збої ДАР. URL: kurkul. com
11. Мінагрополітики. (2025). План розвитку іригаційного комплексу України. URL: ligazakon. net
12. Farm World. (2023). Mastering the mechanics: How does a grain dryer work. Retrieved from https://www. fmworldagri. com
13. PMC. (2024). Monitoring corn grain quality using machine learning. Social Science Computer Review, 35(5), 576-586. https://doi. org/10. 1093/pmc/articles/PMC10940695
14. BioConferences. (2024). Grain moisture control via dielcometric methods. Retrieved from https://www. bioconferences. org/articles/bioconf/pdf/2024/27bioconf_idsisa2024_06005. pdf
15. PMC. (2022). Online impurity detection in corn drying. Social Science Computer Review, 35(5), 576-586. https://doi. org/10. 1093/pmc/articles/PMC9777920
16. Wiley Online Library. (2023). IoT for real-time crop drying monitoring. International Journal of Agricultural Technology, 12(3), 45-67. https://doi. org/10. 1155/2023/4803000

Попик П. С., к. т. н., доцент, Пінчук Р. В., аспірант
Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна.

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЗУВАННЯ НАСІНИН ПНЕВМОМЕХАНІЧНИМ АПАРАТОМ З КОМІРКОЮ СПРЯМОВАНОЇ ДІЇ

Пневмомеханічний посів швидко стає одним із самих популярних методів посіву, за рахунок високої продуктивності і універсальності використання, як при традиційному, так і при нульовому обробітку ґрунту. Цей метод забезпечує високу продуктивність і точність технологічного процесу висіву просапних культур.

Пневмомеханічні апарати знайшли широке розповсюдження для висіву насіння різних культур. Основною операцією, від якої залежить ефективність роботи апарату, є дозування насінин, тобто відокремлення від загальної маси окремих частинок і направлення їх у борозну регулярним потоком. Принциповими недоліками пневмомеханічних апаратів класичної схеми побудови з плоским диском обладнаним отворами для присмоктування зернин є короткий час відведений на захват зернин присмоктуючим отвором. Так, при лінійній швидкості руху отвору (комірки) відносно маси зернин в завантажувальній камері V = 0,3 м/с і діаметрі самого отвору комірки в 3 мм, час експозиції (захвату) складає всього t = 0,01 с. При цьому, як слідує з конструктивного рішення апарату вектор дії присмоктуючої сили направлений перпендикулярно вектору швидкості руху комірки. На наш погляд це принципова недосконалість апаратів такого типу, що і породжує їх недоліки.

Основною функцією апаратів, що визначає якість виконання технологічного процесу висіву, є можливість відокремлення зернин від загальної маси матеріалу. Ця функція складається із ряду окремих етапів: захват зернини присмоктуючою коміркою, переміщення її до моменту скидування, і безпосередньо, саме скидування і транспортування в борозну.

Всі ці фази важливі при формуванні однозернового потоку і впливають в кінцевому результаті на точність виконання посіву.

Внаслідок розбіжностей у формах насінин, їх фізико-механічних властивостей і стану зовнішніх поверхонь в роботі пневмомеханічних апаратів навіть при досконалому їх регулюванні спостерігаються порушення у вигляді пропусків або одночасного захвату декількох насінин (двійники). Робота висівного апарата вважається тим досконалішою, чим менше недоліків він допускає.

На покращення конструктивних рішень пневмомеханічних висівних апаратів і їх функціонування направлено багато робіт. Одним з них є пропозиція стосовно розробки апарату з торцевим розташуванням комірок з направленим вектором дії комірок.

Гіпотеза розробки висівного апарата з коміркою направленої дії полягає в створенні пневмомеханічного апарата з коміркою, що змінює своє положення для кращої орієнтації відносно дозуючих насінин. Ідея створення такого апарата направлена на підвищення точності висіву. Передбачаєть-

ся що висівний пневмомеханічний апарат з внесеними змінами в конструкцію диску забезпечить найкращі умови захвату, утримання та виносу з маси насіння однієї насінини і транспортування її до насіннєпроводу навіть при незначному розрідженні у вакуумній камері. У результаті покращується точність технологічного процесу висіву та зменшуються енергозатрати висівного агрегату при сівбі просапних культур.

Список літературних джерел

1. Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Solomka O. V., Popyk P. S., Shvidia V. O., Stepanenko S. P. Experimental studies on drying conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH: Agricultural Engineering, 2019, vol. 57, pp. 141-146, Bucharest, Romania.

2. Trokhaniak V. I., Rogovskii I. L., Titova L. L., Luzan P. H., Popyk P. S., Bannyi O. O. Computational fluid dynamics investigation of heat-exchangers for various air-cooling systems in poultry houses. BULLETIN OF THE UNIVERSITY OF KARAGANDA-PHYSICS, 2020, vol. 1, no. 97, pp. 125-134.

3. Boiko A., Popyk P., Gerasymchuk I., Bannyi O., Gerasymchuk N. Application of the new structural solutions in the seeders for precision sowing as a resource saving direction. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018, vol. 5, no. 1 (95). pp. 46-53.

Попик П. С., к. т. н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ПРИСМОКТУЮЧОЇ СИЛИ ВІД ВІДСТАНІ ДО ЗЕРНИНИ ПРИ ДОЗУВАННІ НАСІННЯ ПНЕВМОМЕХАНІЧНИМ ВИСІВНИМ АПАРАТОМ

Основним недоліком розповсюджених пневмомеханічних висівних апаратів з плоским дисковим дозуючим елементом є те, що напрямок дії присмоктуючої сили направлений перпендикулярно напрямку вектору лінійної швидкості комірки висівного диска. Тобто комірка проходить як би мимо насінини і за короткий термін їх взаємної експозиції повинен відбутися акт присмоктування і захвату насінини. Для підвищення ефективності виконання захвату насінини виникає необхідність збільшення ступеня розрідження в пневматичній системі. Однак з підвищенням розрідження, в наслідок нещільності прилягання насінин до отвору комірки, неминуче збільшується ймовірність одночасного захвату декількох насінин (двійники).

Удосконаленням конструкцій апаратів у напрямку підвищення ефективності дозування, можна вважати розробку принципово нового апарата з направленим вектором присмоктування насінин. Першими спробами конструктивних рішень слід вважати розробку апаратів з торцевим розташуванням комірок. Уже в цих апаратах постає нове наукове завдання вивчення процесу захвату насінин в полі вакуумного розрідження, тобто зміни зусилля в залежності від відстані між насіниною і присмоктуючою коміркою. Причому, в даному випадку, визначення закону зміни зусилля має важливе значення, оскільки вектори сили присмоктування і лінійної швидкості комірки знаходяться в одному напрямку.

В процесі дослідження встановлено рівняння закономірності зміни сили присмоктування від відстані між насіниною та присмоктуючою коміркою пневмомеханічного висівного апарата.

Для спрощення викладок насінина представлена у вигляді сфери радіуса ?, що відповідає формі насінин гороху, сої та гранульованого висівного матеріалу. Правомірно також прийняти, що присмоктуюча сила, переважно, діє на крайню ближчу в шарі насінину. Схема взаємодії присмоктуючої комірки з насіниною представлено на *рис. 1*.

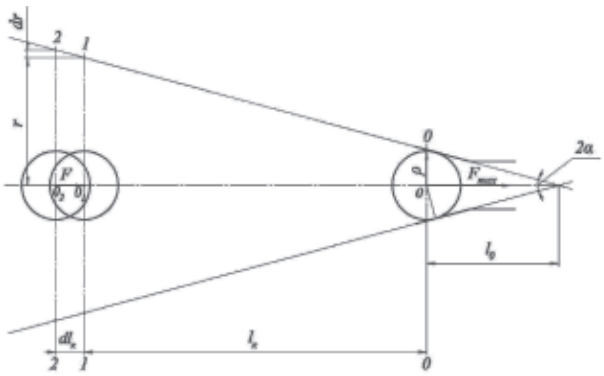


Рис. 1. **Схема взаємодії комірки з насіниною**

Встановлено, що сила присмоктування зменшується зворотно квадрату відстані до насінини. Крім того, вона росте пропорційно величині розрідження у вакуумній камері висівного апарата і квадрату радіуса (площі) робочого отвору комірки. При зменшені відстані до мінімального свого значення $l \to 0$ присмоктуюча сила прямує до максимального значення .

При збільшені відстані до нескінченності сила присмоктування зменшується і прямує до асимптотичного свого значення, відображаючи загальний рівень розрідження в вакуумній камері висівного апарата.

Список використаних джерел

1. Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Solomka O. V., Popyk P. S., Shvidia V. O., Stepanenko S. P. Experimental studies on drying conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH: Agricultural Engineering, 2019, vol. 57, pp. 141-146, Bucharest, Romania.

2. Boiko A., Popyk P., Gerasymchuk I., Bannyi O., Gerasymchuk N. Application of the new structural solutions in the seeders for precision sowing as a resource saving direction. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018, vol. 5, no. 1 (95). pp. 46-53.

М. О. Кірієнко
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ТЕРМІЧНЕ ЗМІЦНЕННЯ СТАЛІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ АБРАЗИВНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ

Існує велика різноманітність способів підвищення зносостійкості різних матеріалів деталей машин Всі ці способи можна поділити на три групи: конструктивні, технологічні та комбіновані. Область застосування кожного з них визначається конкретними умовами роботи деталі, для якої необхідно зробити підвищення зносостійкості.

Найбільш широке застосування знайшли технологічні способи підвищення зносостійкості (термічна обробка, нанесення захисних покриттів та ін..) що дозволяють варіювати властивостями деталей, що зношуються в широкому діапазоні. Саме ці способи найчастіше використовуються підвищення зносостійкості. Термічна обробка дозволяє в широкому діапазоні варіювати фізико-механічними властивостями матеріалів та їх структурою, за яких можна отримати оптимальну зносостійкість матеріалу для заданих умов роботи деталі. Залежно від виду фрикційного контакту, що характеризує певний вид зношування (абразивне, механічне при контакті двох металевих поверхонь та ін.) зміцнюючу термічну обробку проводять або поверхневу, або об'ємну. Поверхневу термічну обробку можна проводити для деталей сполучення, величину зносу яких можна порівняти з глибиною поверхневого зміцнення (1,5-2,0 мм). В основному це види зношування при взаємодії двох металевих поверхонь. При абразивному зношуванні поверхнева термічна обробка не застосовується, оскільки величини зношування перевищують величину зміцненого шару при поверхневій термічній обробці. Наприклад, зношування робочих органів землерийних машин становить у деяких випадках десятки міліметрів. У зв'язку з цим для деталей машин, що зазнають абразивного зношування, застосовують лише об'ємну термічну обробку.

Вплив низьких температур на зносостійкість сталей проявляється, головним чином, через зміну механічних властивостей: твердості, міцності, в'язкості тощо. Погіршення пластичних властивостей сталей за низьких температур сприяє переходу від в'язкого руйнування матеріалу до крихкого. Відбувається перехід від зношування матеріалу шляхом пластичного передеформування до збільшення частки мікрорізання та крихкого сколювання. Безумовно, це викликає зміну інтенсивності руйнування поверхні матеріалу, що контактує з абразивними частинками. Характер закономірностей та кількісна величина інтенсивності зношування повністю визначаються механічними властивостями матеріалу, що залежать від його структури, та ступенем впливу низьких температур на ці властивості.

Аналіз отриманих результатів показує, що у всьому дослідженому інтервалі температур найбільша зносостійкість сталі Х6ВФ досягається після її відпустки при температурі 200 °С ($t_{зак}$ = 1000 °С). Відпустка сталі при температурах 200-250 °С знижує твердість сталі незначною мірою, внаслідок зменшення ступеня тетрагональності решітки мартенситу та утворення ε – карбіду, що має орієнтаційну відповідність до мартенситу та більш високий вміст вуглецю. Подальше нагрівання сталі для відпустки сприяє перетворенню ε – карбіду у цементит. Крім того, при більш температурах відпустки 300-400 °С відбувається коагуляція зерен цементиту, що утворилися. При температурі 400 °С відбувається часткове укрупнення карбідів, що викликає легше їх вифарбовування під дією частинок абразиву. Результатом укрупнення карбідів є нерівномірність їх розподілу в матриці, зниження твердості та зносостійкості у всьому дослідженому інтервалі температур.

Істотний вплив на зносостійкість сталей надає карбідна фаза. При зустрічі з карбідом абразивна частка (внаслідок їх сумірності по твердості), втрачає здатність подальшого ефективного впливу на поверхню, що зношується, внаслідок її затуплення, а можливо і часткового руйнування. Отже, зносостійкість карбідовмісних сталей повинна бути вище сталей без карбідної фази. Однак, як показали виконані дослідження, наявність карбідної фази ефективно тільки у випадку, коли карбіди за своїм складом однорідні та рівномірно розподілені у матриці. Зниження температури впливає кількісну складову процесу зношування. Так при темпе-

ратурі +20 °С зносостійкість підвищується на 35-40 %, а за температури -60 °С збільшення вмісту карбідів у сталі до 13,0 % підвищує зносостійкість на 20-22%.

Виконані дослідження показали, що, незважаючи на зниження, зносостійкість інструментальних сталей у діапазоні температур +20 – -60 °С залишається на досить високому рівні в порівнянні з вуглецевими та легованими конструкційними сталями. Однак, висока крихкість інструментальних сталей та її висока вартість не дозволяють застосовувати їх для підвищення зносостійкість деталей машин шляхом заміни матеріалу. Тому в процесі досліджень було розроблено спосіб підвищення зносостійкості шляхом поєднання конструкційного та технологічного. Сутність способу полягає в армуванні поверхні, що зношується деталі спеціальними вставками, виготовленими з високо зносостійких інструментальних сталей.

О. В. Войналович
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Г. Г. Писаренко, А. М. Майло
Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України м. Київ, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОГО РЕЛЬЄФУ НА ПОВЕРХНІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА БАГАТОЦИКЛОВОГО НАВАНТАЖУВАННЯ

Деталі та елементи конструкцій сільськогосподарських машин та обладнання за тривалої експлуатації зазнають пошкодження, зокрема втомного. Інтенсивність накопичення пошкодження здебільшого визначають умови експлуатації техніки (силове навантаження у вузлах, корозійний вплив довкілля, температурні режими роботи деталей тощо) [1, 2].

Щоб контролювати пошкодженість конструкційного матеріалу, потрібно відстежувати кінетику пошкодження на різних структурних рівнях, забезпечивши застосування структурно-чутливих методів дослідження [3]. Однак нині не погоджено єдиної прийнятної концепції щодо аналізу закономірностей формування та накопичення пошкодження у зразках металоконструкцій, що ускладнює вибір критеріїв для оцінення граничного накопичення пошкодження та інтенсивності такого накопичення [4].

Останнім часом застосовують міждисциплінарний підхід, що дозволяє описати кінетику пошкодження конструкційного матеріалу з позицій механіки та з врахуванням фізичних аспектів пошкодження матеріалу на різних масштабних рівнях [5, 6]. Розвиваються нові підходи для дослідження деформаційного рельєфу, створеного під час циклічного навантажування, що дозволяють комплексно досліджувати деформаційну поведінку конструкційних матеріалів.

Кінетичні статистичні характеристики процесу накопичування пошкодження у конструкційному матеріалі внаслідок циклічного навантажування корелюють з параметрами структури, зокрема мікроструктури поверхні [7]. Величина виявленої кореляції суттєво залежить від чутливості методу контролю ступеню пошкодженості матеріалу за умов циклічного деформування. Зокрема, чутливість методу оцінення кінетики мікропластичного деформування матеріалу за втоми дозволяє оцінити зміни фізико-механічних властивостей відповідного структурного рівня [8]. Кінетика характеристичного параметра відповідає еволюції структури конструкційного матеріалу на кожному структурному рівні, а інтегральна характеристика пошкодження виявляє велику дискретність стадій пошкоджуваності.

Тому актуальним є розроблення нових методів дослідження накопичення експлуатаційного пошкодження в елементах конструкцій, що дозволять оцінювати граничні рівні питомої щільності мікропластичних деформацій, які зумовлюють утворення макродефектів критичного розміру. Методом кількісного оцінення мікро– і мезоструктурних змін поверхневого шару металоконструкції є оптико-електронний метод [9], що дозволяє вимірювати не тільки характеристики морфології структури поверхні, але й амплітуду мікропластичних деформацій, що відіграють важливу роль у формуванні пошкодження структури металів та сплавів за циклічного навантажування.

Згідно з методом [10] у даній роботі мікрорельєф розвинених смуг ковзання, сформований на поверхні лабораторних сталевих зразків, у проміжках припинення циклічного навантажування освітлювали когерентним промінням, а у напрямку відбитого від поверхні проміння на світлодіодній матриці з'являлося поле віртуальних спеклів (спеклограма) з дискретним розподілом яскравості. Аналіз структури спеклограм дозволяє кількісно оцінити ступінь накопичення дефектів поверхні зраз-

ка. Виокремівність розробленої експериментально-інформаційної системи аналізу кількісних характеристик розсіяної пошкодженості пружно-пластичного матеріалу методом когерентно-оптичного сканування становить до 0,2 мкм/пкс. [11].

На *рис. 1* представлено кінетичні діаграми коефіцієнта пошкоджуваності зразків сталі Ст 45 і Ст 20, побудовані за результатами випробувань з рівнями циклічних напружень вище і нижче відповідних меж витривалості, що зумовило різну тривалість циклічного навантажування. Випробування зразків сталі Ст 45 проводили за циклічних напружень σ_a = 120 МПа (*рис. 1б*), а зразків Ст 20 за циклічних напружень σ_a = 240 МПа (*рис. 1а*) та σ_a=200 МПа (*рис. 1б*).

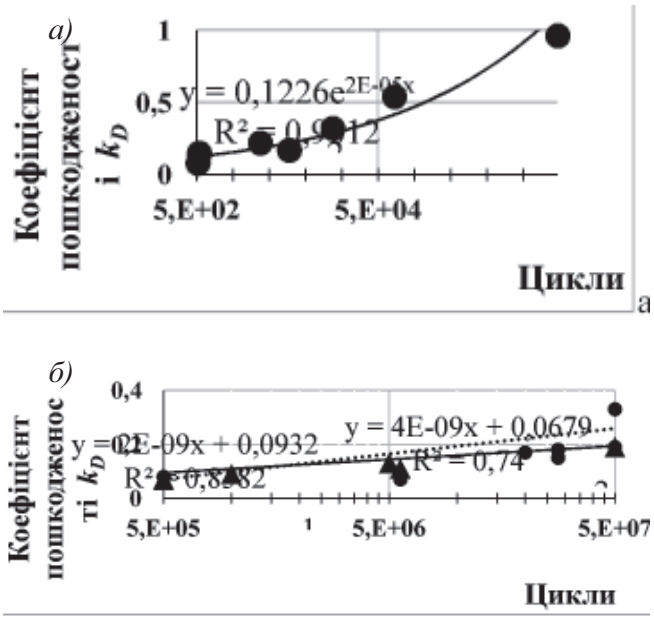


Рис. 1. **Характеристики пошкоджуваності сталей Ст 45 (діаграма 1) і Ст 20 (діаграми 2) за різних циклічних напружень (R^2 – характеризує ступінь достовірності апроксимації експериментальних даних наведеними на рисунку рівняннями)**

Для кількісного відстеження стану пошкодженості поверхні конструкційних металевих матеріалів запропоновано визначати коефіцієнт пошкодженості (мікропластичності) k_D, як кореляційну характеристику деформаційних властивостей поверхні конструкційного матеріалу. Цей коефіцієнт, який є кількісною мірою деформаційного рельєфу, поверхні, розраховують за формулою:

$$k_D = (I_i - I_0)/I_i,$$

де:

різниця $(I_i - I_0)$ характеризує ступінь пошкодження поверхні мікропластичних деформацій у площі вікна базової матриці;

I_0 – значення параметра площі пошкоджень перед початком циклічного навантажування;

I_i – поточне значення параметра площі пошкоджень.

У випадку цифрового аналізу спеклограм параметр I потрібно розглядати як величини яскравості спеклограм у діапазоні відтінків сірого (0-255) для досліджуваних етапів циклічного навантажування.

Представлені діаграми можна описати експоненційними залежностями. З рис. 1, б видно, що рівняння діаграм для обох досліджених сталей подібні, нахил залежить від величини циклічних напружень у розглянутому їх діапазоні, що узгоджується з малою інтенсивністю накопичення деформаційного мікрорельєфу на поверхні зразків за напружень близьких до межі витривалості.

Результати, отримані у цій роботі, сприяють створенню науково-методичних засад експериментально-розрахункових методів визначення залишкового експлуатаційного ресурсу металоконструкцій за умов дії циклічного навантажування, а також методів відстеження накопичення деформаційних дефектів на поверхні відповідальних елементів металоконструкцій за дії багатоциклової втоми.

Список використаних джерел

1. Попович П. В., Довбуш Т. А., Олексюк В. П., Миць В. І. Аналіз впливу корозійно-експлуатаційних факторів на залишковий ресурс елементів металоконструкцій сільськогосподарських машин. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 2015. Вип. 45. Ч. II. С. 194-199.

2. Писаренко Г. Г., Войналович О. В., Майло А. М. Вплив експлуатаційних чинників на закономірності розподілу дискретних деформацій поверхневого шару металоконструкцій за багатоциклового навантажування зразків. Mechanics and Advanced Technologies, 2018. Т. 84. № 3. С. 39-44.

3. Younghune Kim, Woonbong Hwang. High-cycle, low-cycle, extremely low-cycle fatigue and monotonic fracture behaviors of low-carbon steel and its welded joint. Materials, 2019. 12(24). 4111.

4. Okuda K., Ogawa K., Ichikawa Y., Shiozaki T., Yamaguchi N. Influence of microstructure on fatigue property of ultra high-strength steels. Frat. Integrita Strutt., 2019. 13. pp. 125-134.

5. Jiali Lin, Yehan Liu, Dean T. A. A review on damage mechanisms, models and calibration methods under various deformation conditions. International Journal of Damage Mechanics, 2005. 14 (4). pp. 299-319.

6. Grabovsky A., Bondarets O., Babiienko I. Kinetics of damage of materials under various regimes of re-changeable loads. Mech. Adv. Technol., 2021. Vol. 5. No. 3. pp. 325-331.

7. Миндюк В. Д., Карпаш М. О., Доценко Е. Р. Експериментальна перевірка характеру зв'язку між параметрами мікроструктури і фізичними властивостями матеріалів металоконструкцій довготривалої експлуатації для оцінки ступеню їх деградації. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 2013. № 3 (71). С. 153-163.

8. Nao Fujimura, Takashi Nakamura, Kosuke Takahashi. Changing mechanisms of surface relief and the damage evaluation of low cycle fatigued austenitic stainless steel. MATEC Web of Conferences. 12th International Fatigue Congress (FATIGUE 2018), 2018. Vol. 165 (2). pp. 256-262.

9. Laura Aulbach, F?lix Salazar Bloise, Min Lu and Alexander W. Koch. Non-contact surface roughness measurement by implementation of a spatial light modulator. Sensors (Basel), 2017. Vol. 17. Iss. 3. 596.

10. Войналович О. В., Писаренко Г. Г., Майло А. М. Спосіб вимірювання ступеню мікроздеформованості поверхні металоконструкцій із застосуванням когерентного випромінювання. Патент на корисну модель № № 134268. Бюл. № 9 від 10. 05. 2019 р.

11. Писаренко Г. Г., Войналович О. В., Майло А. М., Писаренко С. Г. Метод безконтактного визначення амплітуди деформації накопиченого експлуатаційного пошкодження металоконструкції. Machinery & Energetics. Journal of Production Research. Kyiv. Ukraine, 2021. 12(3). С. 25-32.

М. С. Храмов,
Миколаївський національний аграрний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ МІЖ НАПРЯМНИМИ ДИСКАМИ КОМБІНОВАНОЇ ҐРУНТООБРОБНОЇ УСТАНОВКИ

Дискові робочі органи, призначені для вертикального піднімання ґрунту, складаються з двох симетрично розташованих дисків, встановлених паралельно або під певним кутом один до одного. При русі експериментальної установки ґрунт стискається між дисками, або проходить крізь звужений простір, створюваний їхніми поверхнями, і таким чином відбувається піднімання шару [1]. Інший варіант – шар ґрунту підрізається дисками та переміщується вбік за напрямком руху ґрунтообробної установки.

Принцип піднімання ґрунту за допомогою плоских дисків, які відривають пласт від основної маси, було досліджено в деяких публікаціях [1,2]. Сутність полягає в тому, що плоскі диски, встановлені вертикально до поверхні ґрунту та паралельно один одному на спільній вісі, врізаючись, захоплюють пласт, відділяють його від масиву та здійснюють піднімання. Встановлення раціональних значень відстані між напрямними дисками, за якої унеможливиться заклинювання ґрунту між дисками під час його піднімання лемішем – є метою дослідження.

Досліди проводили у ґрунтовому каналі з використанням експериментального візка. Граничну відстань між дисками, за якої відбувається заклинювання ґрунту, визначали за абсолютної вологості ґрунту 7,1%, 15,9%, 19,4% та 28,3%, глибині ходу дисків 0,03 м, 0,06 м, 0,09 м та 0,12 м, швидкості руху візка – 1 м/с. Кут заточування дисків дорівнював 20°, а їх товщина – 0,003 м. Результати експериментальних даних наведено на *рис. 1*.

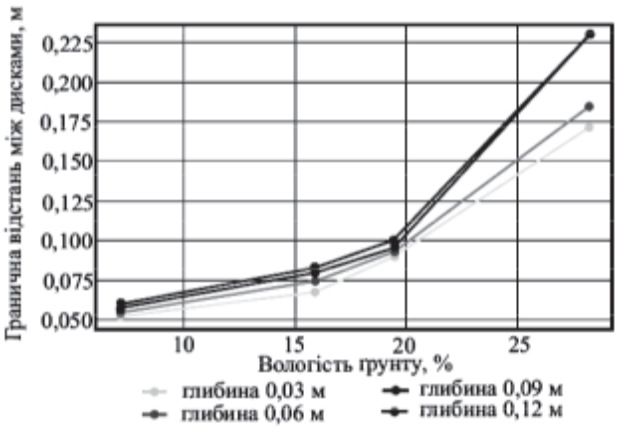


Рис. 1. **Залежність граничної відстані між дисками від вологості ґрунту за різної глибини ходу**

Визначено (*рис. 1*), що максимальна відстань між дисками змінюється в залежності від вологості ґрунту (від 7,1% до 28,3%) та глибини ходу дисків (0,03 м, 0, 06 м, 0,09 м, 0,12 м). Зі збільшенням вологості ґрунту та глибини ходу дисків гранична відстань між ними збільшувався. Більш вологий ґрунт потребує більшої відстані між дисками для ефективного піднімання та переміщення ґрунту. Зі збільшенням глибини ходу зазначена відстань також збільшувалася. Наприклад, за глибини 0,12 м і максимальної вологості гранична відстань досягала 0,23 м, тоді як за 0,03 м – 0,172 м. Збільшення глибини ходу дисків призводило до збільшення цієї відстані на 53-60% в залежності від рівня вологості.

Дисперсійним аналізом двофакторного експерименту підтверджено, що найбільший вплив на величину граничної відстані між дисками має вологість ґрунту 72,1%. Вплив глибини ходу дисків становить 19,9%. Найменший вплив, який впливає на величину відгуку взаємодії двох факторів складає – 7,7%. Середньоквадратична помилка дослідів становила 0,0014 м, а достовірність – 99%.

У період посіву овочевих культур вологість ґрунту знаходиться в межах 22... 24%. Тому, для глибини ходу дисків 0,06... 0,09 м, гранична відстань між ними становила 0,068... 0,090 м. У зв'язку з цим для гарантованого заклинювання ґрунту в даному випадку відстань між дисками повинна бути рівною або меншою 0,09 м. Для підйому ґрунту лемішем без заклинювання його між дисками повинна забезпечуватись відстань – 0,12 м.

Показники залежності граничної відстані між дисками від вологості ґрунту та глибини їх ходу можна представити на 3D-графіку, що представлений на *рис. 2*.

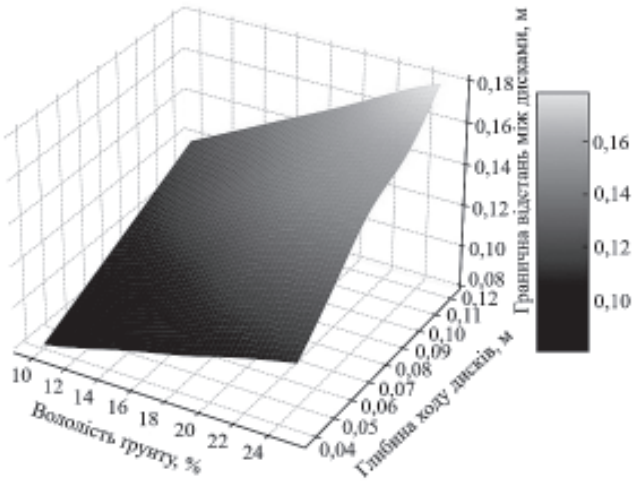


Рис. 2. **Залежність граничної відстані між дисками від вологості ґрунту та глибини їх ходу**

Побудований 3D-графік поверхні відгуку візуалізує залежність граничної відстані між дисками в залежності від вологості ґрунту та глибини їх ходу. Вісь X показує вологість ґрунту (7,1%-28,3%), вісь Y – глибину ходу дисків (0,03 м – 0,12 м), а вісь Z – граничну відстань між дисками в метрах.

З графіку видно, що зі збільшенням вологості та глибини ходу дисків гранична відстань між ними збільшується. Більш вологий і пластичний ґрунт потребує більшої відстані між дисками, щоб уникнути їхнього заклинювання. Глибокий хід дисків також збільшує цю відстань, оскільки потребує більшого простору для ефективної взаємодії з ґрунтом. Максимальні значення граничної відстані досягаються при показниках найбільшої вологості ґрунту та глибині ходу дисків.

В результаті виконаних досліджень встановлено, що оптимальна відстань між направляючими дисками становить 0,12 м і більше, що унеможливлює заклинювання ґрунту між дисками під час його піднімання лемішем.

Список використаних джерел

1. Сиромятников Ю. М., Храмов М. С. Процес підйому ґрунту робочими органами ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої установки. Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics. 2021. №. 33. С. 86-96.

2. Храмов М. С., Сиромятников Ю. М. Визначення тягового опору установки для підйому ґрунту в залежності від кута постановки направляючих дисків. Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" з нагоди 113-ї річниці від дня народження Крамарова В. С. Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2020. С. 223-225.

70. Г. І. Дашивець, к. т. н., доцент,

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

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОЧИХ МІСЦЬ СЕРВІСНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Початковим елементом будь-якого підприємства є робоче місце, в рамках якого відбувається цілеспрямована діяльність конкретного робітника. Робоче місце – частина виробничого простору, оснащена засобами праці, для виконання окремих технологічних операцій виробничого процесу.

Процес оптимізації – це покращення будь-якого процесу шляхом досягнення найкращого співвідношення між його позитивними і негативними сторонами. Оптимізація робочого місця – це комплекс процедур, направлених на збільшення продуктивності праці, зниження витрат і підвищення прибутку підприємства в підсумку, однак у неї є також ряд інших непрямих позитивних впливів. Процес оптимізації робочого міста впливає на різноманітні аспекти трудової діяльності та означає різні механізми реалізації: безпека, ефективне використання часу, рівень психологічного задоволення, забезпечення належних умов праці для робітника, ін.

Розміщення робочих місць є важливим аспектом в організації робочого простору. Раціональне розміщення робочих місць призводить до створення ергономічної робочої зони, яка мінімізує фізичне навантаження на робітника. Це досягається правильною організацією робочого простору, де всі необхідні інструменти і обладнання зменшують ймовірність виникнення втоми, захворювань, пов'язаних з неправильним положенням тіла під час праці.

Правильна послідовність розташування робочих місць призводить до збільшення продуктивності та дозволяє робітникам ефективно виконувати свої завдання та уникати непотрібних простоїв. При розробці планувальних рішень робочих місць дільниць сервісного підприємства робочі місця повинні розміщуватись відповідно до прийнятої організаційної форми технологічних процесів. Розрізняють такі основні типи планувальних рішень: розміщення обладнання по видами обробки – групами; по технологічній ознаці, коли роботи виконують на спеціалізованих робочих місцях, а об'єкт ремонту переміщається з одного робочого місця на інше; потокове планування (обладнання розташовують у послідовності виконання технологічних операцій на потокових лініях із примусовим переміщенням об'єктів ремонту) [1, с. 72-73]. Розташування робочих місць повинне гарантувати зручність і безпеку роботи, забезпечувати найкоротші шляхи переміщення об'єкта ремонту по всім стадіям і операціям технологічного процесу.

Організація робочого місця – це процес створення певного комплексу умов для високопродуктивного і безпечного здійснення робочих обов'язків. До будь-якого робочого місця на практиці висуваються відповідні вимоги, які можуть бути частково виражені кількісними показниками – нормами і нормативами, а деякі піддаються лише якісному опису (*таблиця 1*).

За результатами експертної оцінки встановлена вагомість показників організації робочих місць.

Результати розрахування коефіцієнтів вагомості показані на діаграмі (рис. 1). В показнику організації робочих місць найбільше вагомий рівень організаційно-технічного планування з позицій наукової організації праці (робоча зона, конструкція та розміщення стелажів, верстаків та інше) [2, с. 88-91]. Важливим фактором є забезпеченість робочого місця нормативно-технологічною документацією та засобами механізації ручної праці (знімачі, підйомно-транспортні пристрої, установчі пристосування та ін.). Позитивно позначаються на якості ремонту також естетичність робочого місця, стан охорони праці та техніки безпеки.

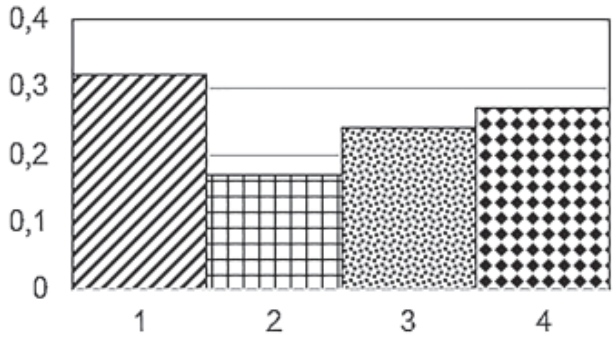


Рис. 1. **Діаграма коефіцієнтів вагомості показників організації робочих місць виконавців:**
1 – організаційно-технічний рівень планування робочого місця, 2 – умови охорони праці, 3 – механізація праці, 4 – забезпеченість нормативно-технічною документацією

Для оптимізації робочих місць сервісного підприємства може бути використана система 5S. Цілі системи – підвищення рівня якості продукції, виконуваних робіт та зниження кількості дефектів, створення комфортного психологічного клімату, уніфікація та стандартизація робочих місць, підвищення продуктивності праці. Система базується на п'яти основних принципах [3].

1. Сортування. Всі наявні предмети праці повинні бути розсортовані за принципом їх необхідності на три категорії: предмети, які не потрібні для робочого процесу; предмети, які можуть знадобитися в робочому процесі періодично та необхідні для безпосереднього ведення робочої діяльності предмети і пристрої.

2. Самоорганізація. Необхідно визначити оптимальні місця і порядок для необхідних для роботи предметів. Всі предмети слід промаркувати і певний порядок повинен постійно підтримуватися.

3. Дотримання чистоти. Кожен робітник повинен підтримувати своє робоче місце в чистоті і мінімізувати витрати часу на проведення прибирання, підготовки робочого місця до роботи і прибирання його після її закінчення.

4. Стандартизація. Стандартизації підлягають робочі місця і основні робочі процеси.

5. Удосконалення. Кожен співробітник повинен не тільки дотримуватися вищезазначених принципів системи, але і докладати зусиль до ведення раціоналізаторської діяльності.

Процедура оптимізації робочого місця є складовою процесу організації робочих місць, їх оснащення та обслуговування. Значення же організації робочих місць для підприємства полягає в тому, що правильно організовані робочі місця зменшують час, необхідний для виконання роботи, усувають непотрібні переміщення робітників, забезпечують безпечні умови праці і зменшують стомлюваність

Таблиця 1

Вимоги до організації робочих місць

Найменування вимог	**Зміст**
Інформаційні	Визначення обсягів і структури інформації, що надходить, обробляється на робочому місці і передається на інші робочі місця
Економічні	Мінімальні витрати на утримання робочого місця, але які є достатніми для його нормального функціонування; ефект від діяльності робітника на робочому місці не повинен перевищувати витрати на утримання цього робочого місця
Ергонометричні	Створення для робітника оптимальних умов праці, які роблять її високопродуктивною, надійною і одночасно забезпечують людині необхідні зручності, зберігаючи сили, здоров'я і працездатність
Гігієнічні	Забезпечення таких норм освітлення робочих місць, повітрообміну, температурного режиму, вологості, шуму та інших факторів робочого середовища, що впливають на здоров'я і працездатність робітника
Естетичні	Вид приміщення і засобів праці, їх колірна гамма
Технічні	Дотримання норм необхідного простору для виконання певної роботи. Площа, на якій встановлюють необхідне обладнання, місце самого робітника, а також площа проходів до обладнання
Організаційні	Сфера компетенції кожного робітника на конкретному робочому місці, його права, обов'язки, підпорядкованість, вертикальні і горизонтальні зв'язки з іншими робочими місцями, форми і методи стимулювання робітника

робітників, а також максимально підвищують продуктивність праці.

Список використаних джерел

1. Дашивець Г. І., Дідур В. А., Бондар А. М. Проектування сервісних підприємств: посібник-практикум. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 144 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: електронне наукове фахове видання. Запоріжжя. ТДАТУ, 2022. Вип. 12, том 1. С. 84-93. DOI: 10. 31388/2220-8674-2022-1-8.

3. Система 5S на виробництві – що це таке. URL: https:// pyrogiv. kiev. ua/sistema-5s-na-virobnictvi-shho-ce-take/ (дата звернення: 06. 04. 2025).

O. Alferov Doctor of Engineering,

Professor Ukrainian State University of Railway Transport

DISTRIBUTION OF THE NUMBER OF LOADINGS TO FAILURE OF MACHINE ELEMENTS

At a deterministic constant limit level of bearing capacity of the element, an integer number of random in magnitude loadings before sudden failure has a discrete one-parameter geometric distribution with a probability function of the following form

(1)

where R_m – probability of failure-free operation; m – number of extreme loadings.

However, if the load carrying capacity of each element is a random variable fixed in time, the distribution of the number of loadings to failure is not geometric under repeated random loading. This is evidenced by the expression for the probability of failure-free operation (2), obtained under the assumption that the load and load-carrying capacity are random and have a Weibull distribution or obey the Fr?chet law [1, 2].

$$R_m = \prod_{i=1}^{m} \frac{i\overline{K}^b}{i\overline{K}^b + 1}. \qquad (2)$$

where:

$\overline{K}$ – safety factor calculated from the average values of bearing capacity and load;

b – distribution scale parameter.

It is also assumed that bearing capacity and load are independent but similar random variables, i. e. they have the same distribution law and the same coefficients of variation.

It makes sense to consider the distinguishing features of the geometric distribution from discrete distributions of the number of loadings to failure, which correspond to the cases of distributions of similar values of load and bearing capacity according to the Weibull and Fr?chet laws.

If there is a Weibull distribution, the probability of failure at the first loading is as follows

$$Q_1 = 1 - R_1 = \frac{1}{\overline{K}^b + 1}, \qquad (3)$$

from where

Substituting this value into (2) gives an expression for the probability of failure-free operation under t-fold loading in the form of

$$R_m = \frac{(1-Q_1)^m\, m!}{\prod_{i=1}^{m}[(1-Q_1)i + Q_1]}; \qquad m = 1,\ 2,\ldots \qquad (4)$$

Using (4) we can obtain the probability function of the considered discrete distribution depending on only one parameter Q_1:

$$Q_m = R_{m-1} - R_m = \frac{Q_1(1-Q_1)^{m-1}(m-1)!}{\prod_{i=1}^{m}[(1-Q_1)i + Q_1]}; \qquad m = 1,\ 2,\ldots \qquad (5)$$

This function determines the probability of failure specifically at a given extreme loading and is a discrete analogue of the distribution density of the number of loadings to failure.

The discrete distribution (5) is not found in known references [4] and in [3] this distribution is called hypogeometric.

The probability function of the hypogeometric distribution (5) differs from the corresponding characteristic of the geometric distribution [1, 2, 4] by the presence of a multiplier $\frac{(m-1)!}{\prod_{i=1}^{m}[(1-Q_1)i + Q_1]}$, which at small $m > 1$ has a value less than unity, but with increasing m begins to exceed one and increase the probability values Q_m compared to the geometric distribution.

An important characteristic of the hypogeometric distribution is the conditional distribution function (risk function), which is defined as a ratio of

$$\lambda_m = \frac{Q_m}{R_{m-1}} = \frac{Q_1}{(1-Q_1)m + Q_1}; \qquad m = 1,\ 2,\ldots \qquad (6)$$

This function allows for each successive t-th loading to determine the conditional probability of failure of the object that, having withstood the preliminary *m-1* loading, did not fail. As follows from (6), the risk function of the hypogeometric distribution is a monotonically decreasing function of the number of loadings *m* and thus fundamentally differs from the geometric distribution, which has λ_m constant Q_1. Reduction of the risk of failures due to preloading in a number of cases justifies the expediency of using such a method of ensuring the reliability of elements having random dispersion of bearing capacity.

Consequently, contrary to the previously accepted approach [4, 5], the use of geometric distribution cannot be considered reasonable when predicting mechanical reliability by sudden failures under conditions of random dispersion of the bearing capacity of elements.

Reference:

1. Alferov, A. I. Fundamentals of forecasting and reliability management in conditions of extreme loads: a monograph / A. I. Alferov, A. S. Grinchenko. – Kharkiv: Planeta-Print, 2017.– 135 p.

2. O. Grynchenko, O. Alfyorov. Mechanical Reliability. Prediction and Management Under Ex-treme Load Conditions. Springer Nature Switzerland AG 2020.

3. Grinchenko A. S. Some applied models of strength reliability at sudden failures. Bulletin of the National Technical University "KHPI". Thematic issue: Dynamics and Strength of Machines, Kharkov, 2003. № 12. T. 1. C. 51-58.

4. Johnson N. L., Kotz S., Kemp A. У. One-Dimensional Discrete Distributions.: Binom. 2012. 559 c.

5. Upton G., Cook I. Oxford dictionary of Statistics. 2008. 453 p.

Шаповал В. О., Калнагуз О. М., Горовий М. В. Сумський
національний аграрний університет

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

У 2023 році площі під соєю ще збільшились, а культуру було названо однією з наймаржинальніших в умовах обмеження експортних можливостей та цін на зерно. Як стверджують аналітики, передусім спрацював той фактор, що ця зернобобова потребує менше азотних добрив (і навіть її взагалі можна вирощувати без внесення азоту). В цілому ж культура стала постійним учасником сівозмін українських агропідприємств. Тому технологія вирощування сої на основі наукових рекомендацій, досвіду практиків та порад зарубіжних і вітчизняних фахівців стане в нагоді [1].

Основний обробіток ґрунту під сою виконує кілька важливих функцій: знищення бур'янів, покращення структури ґрунту, збереження вологи та створення сприятливих умов для росту рослин. Його проведення залежить від кліматичних умов, попередника, рівня забур'яненості поля та інших факторів. Першим етапом є лущення стерні – поверхневий обробіток, який допомагає зберегти вологу, знищити бур'яни та пришвидшити розкладання рослинних решток. Його виконують одразу після збирання врожаю на глибину 6-12 см. Запізнення з лущенням призводить до збільшення кількості бур'янів у наступному посіві. Для цієї операції використовують дискові та лемішні лущильники, які агрегатують із тракторами. Наступним етапом є зяблева оранка, яка забезпечує глибоке розпушування ґрунту. Її виконують на глибину 25-27 см після зернових культур і 25-30 см після кукурудзи. Глибина оранки залежить від типу ґрунту та попередника. Використовують плуги різних типів, які забезпечують якісне переорювання ґрунту та заробку пожнивних решток.

Завдяки правильному основному обробітку ґрунту підвищується врожайність сої, поліпшується водно-повітряний режим ґрунту, знищуються бур'яни й шкідники, а також зменшуються затрати на подальший догляд за посівами. Вирощування сої в Україні залежить від правильної сівби, що включає дотримання норми висіву, глибини загортання та рівномірності розміщення насіння. Культуру можна успішно вирощувати в Лісостепу, Поліссі та Степу, зокрема на зрошуваних землях.

Для підвищення урожайності сої важливо правильно підбирати мінеральні добрива (N30-40P60-90K60-90), застосовувати інокуляцію, мікроелементи та стимулятори росту. На кислих ґрунтах необхідне вапнування. Інокуляція сприяє фіксації азоту, що підвищує урожайність на 2,0-4,5 ц/га. Для внесення добрив використовують різні машини: начіпні (МВД-900, МВД-0,5) для малих доз (до 200 кг/га) та кузовні (МВУ-12, МВД-9, РМГ-4) для великих доз. Органічні добрива розподіляють агрегати серії МТО. Використання цих технологій сприяє кращому росту та високій урожайності сої. Для успішного вирощування сої важливо контролювати бур'яни. Це можна робити агротехнічними методами (боронуванням та міжрядним рихленням) або застосуванням гербіцидів.

Гербіциди вносять до сівби, після сівби чи по сходах сої за допомогою обприскувачів.

На вибір глибини висіву впливають такі фактори [1]:

Структура ґрунту. Чим важчий, щільніший, вологіший ґрунт, тим важче через нього протиснутися долям насінини сої, щоб утворити сім'ядолі. Тобто на важких ґрунтах глибину посіву сої зменшують до 3-4 см.

Волога та капіляри. Для проростання насіння сої поглинає 150-180% вологи від своєї маси.

Ґрунтовий гербіцид. Дощі можуть промивати ґрунтовий гербіцид на глибину 3-4 см. Не можна допустити контакту гербіциду з посівним матеріалом сої, тому, за умови використання ґрунтового гербіциду, висів має бути не мілкіше 4 см.

Наявність доступної вологи. За умови наявності доступної вологи неглибокі посіви показують себе у всьому краще. У верхніх 5 см ґрунт прогрівається раніше. Соя проростає швидше.

Обприскувачі агрегатують із тракторами та працюють по технологічних коліях. Норма витрати робочого розчину – 200-250 л/га, швидкість вітру не більше 5 м/с, а рух агрегату має бути рівномірним (8-10 км/год) для точного внесення препарату. Збирання врожаю сої – один із найскладніших і найбільш трудомістких процесів у її вирощуванні. Це пов'язано з тим, що соя дозріває нерівномірно, її боби розташовані низько на стеблі, а при повній стиглості мають високу вологість і легко висипаються під час збору. Щоб пришвидшити збирання, особливо за несприятливих погодних умов (дощ, туман), застосовують десикацію – підсушування рослин спеціальними препаратами. Це дозволяє зменшити вологість, прискорити процес і підвищити продуктивність комбайнів на 30-50%.

Основний метод збирання – пряме комбайнування. В Україні використовують переважно вітчизняні комбайни ("Славутич", "Дон-Лан-1500", "Єнісей", "Вектор", "Нива", "Колос"), а також імпортні моделі ("Джон Дір", "Клаас", "Массей Фергюсон", "Сампо", "Нью Холанд"). Проте іноземні комбайни не збирають солому, яка є цінним кормом для тварин. Головні втрати врожаю (до 75%) виникають через недосконалу конструкцію жниварок, тому важливо правильно налаштувати комбайни. Наприклад, зменшення висоти зрізу рослин до 4-6 см допомагає зменшити втрати. Якщо висота зрізу складає 9 см, втрачається до 10% врожаю. Для мінімізації втрат в Україні розроблено спеціальні пристосування для вітчизняних комбайнів. Такі модифікації підвищують продуктивність на 15-18% та знижують втрати насіння на 40-50%. Завдяки збільшенню швидкості руху комбайна до 5-6 км/год. збирання завершується на 3-5 днів швидше.

Список використаних джерел

1. Басанець О. Технологія вирощування сої: основні аспекти, поради науковців та досвід практиків. Частина 1. Головний сайт агрономів. SuperAgronom. com (Farmer. pl.). Головна / Статті /. 26. 10. 2023. URL: https://superagronom. com/articles/686-tehnologiya-viroschuvannya-soyi-osnovni-aspekti-poradi-naukovtsiv-ta-dosvid-praktikiv (дата звернення: 01. 04. 2025).

2. Кирпа М. Соя: особливості збирання, обробки та збереження врожаю насіння. Головний журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". Сайт https://propozitsiya. com/ua. Головна / Новини / Технології / Зберігання та переробка /. 12. 08. 2017. URL: https://propozitsiya. com/ua/soya-osoblyvosti-zbyrannya-obrobky-ta-zberezhennya-vrozhayu-nasinnya (дата звернення: 07. 04. 2025).

3. Вирощування сої. Технологія посіву та догляду [Електронний ресурс] // AgroPortal. Рослинництво. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://agroportal. ua/agrocheck/special-projects/viroshchuvannya-soji-tehnologiya-posivu-ta-doglyadu.

4. Головашич О., Білоткач М., Півень А. Технологічний регламент і комплекс машин для виробництва сої з використанням нових технічних засобів. Посібник українського хлібороба. 2009. С. 251-256. URL: http://www. irbis-nbuv. gov. ua/cgibinirbis_nbuvcgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=juu_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=I=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D 0%9673705 (дата звернення: 30. 03. 2025).

Калнагуз О. М., Сіренко Ю. В.

Сумський національний аграрний університет

ОГЛЯД СИСТЕМ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

На сьогоднішній день неможливе використання сільськогосподарської техніки без високих технологій – точного землеробства. На даний час на ринку багато електронних пристроїв та різних датчиків при допомозі яких можливе керування сільськогосподарськими машинами та обробляти отриману інформацію.

Дана інформація, як правило, контролює рух трактора, а на сьогодні є проблема автоматичного керування сільськогосподарською машиною. Дані машини, особливо посівна та просапна техніка на поворотах (та поворотних смугах) слідує іншим шляхом, ніж тяговий енергетичний засіб, шо в свою чергу призводить до перекриттів та розривів в рядках. В багатьох роботах науковців описані схеми та методи, які дозволяють керувати як транспортним засобом, так і навісним обладнаннями.

Маючи власний контролер відбувається керування керованими колесами трактора та обладнанням, щоб воно рухалось по необхідному шляху. В світі іде тенденція до розробки безпілотних тракторів (UAT), які працюють в сільському господарстві. Дане впровадження дозволить зменшити навантаження та трактористів (операторів чи механізаторів), підвищити точність виконання сільськогосподарської операції та в кінцевому етапі її ефективність.

Так, науковцями [1] розглянуто в своїй праці три фактори які впливають на навігацію (автоматизацію): сприйняття технологією, відстеження та планування шляху такою машиною та відповідно керування нею. Використання комплексних факторів дозволяють ефективно використовувати систему точного землеробства. На сьогодні використання

супутникової навігації (GPS) та навігаційних супутникових систем BeiDou (BDS) дозволяють планувати шлях, відстежувати його та керувати енергетичним засобом. Дані системи показують розташування на полі машинно-тракторного агрегату, його робочу зону обробітку, швидкість та навіть відхилення від даних показників. Для кращої роботи техніки по технології точного землеробства необхідно велика точність в сигналі позиціювання до сантиметра. На практиці це відбувається завдяки навігаційній системі GNSS, завдяки якій сигнал передається на опорні мобільні станції (*рис. 1*).

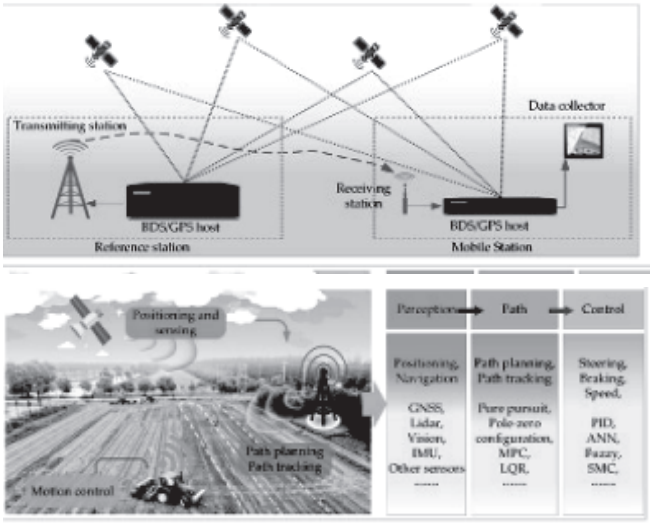


Рис. 1. **Принцип дії позиціювання та технології автонавігації [1]**

На практиці для автоматичного керування використовуються як механічні так і гідравлічні системи, але мають низьку точність та великий потенціал помилок. Тому їх використання під час виконання точних сільськогосподарських операцій небажане, для таких операцій краще використовувати електронні підрулюючи пристрої. Дані пристрої мають електродвигун, який при допомозі контролера аналізує який крутний момент необхідно та подає відповідний струм. Все це дає можливість повертатись рулю на бажане нам положення.

В роботі Wang, Y.; Jing, H. [2] авторами запропоновано для кращого регулювання глибини обробітку глибокорозпушувача встановити електрогідравлічну систему. Також ними було запропоновано новий метод для визначення глибини обробітку, все це дало їм можливість покращити якість роботи глибокорозпушувача на якому встановлені гнучкі лапи (*рис. 2*).

В роботі [3] науковцями Yang Yang, Gang Zhang, Zhizhen Chen та іншими запропоноване, для зменшення радіуса повороту трактора на поворотній смузі, встановлення в передній частині трактора (Huanghai Jinma 554) додаткове колесо (*рис. 3*). Дане колесо має можливість обертатись на 3600 при допомозі електрогідравлічного гірвоконтролера, який підключений до гідравлічної системи трактора. Проведені науковцями дослідження показали що ефективність повороту збільшилась на 80% (на поворотній смузі) та якщо порівнювати в часі виконання такої операції то на 50% швидше виконаний розворот в порівняні з звичайним методом.

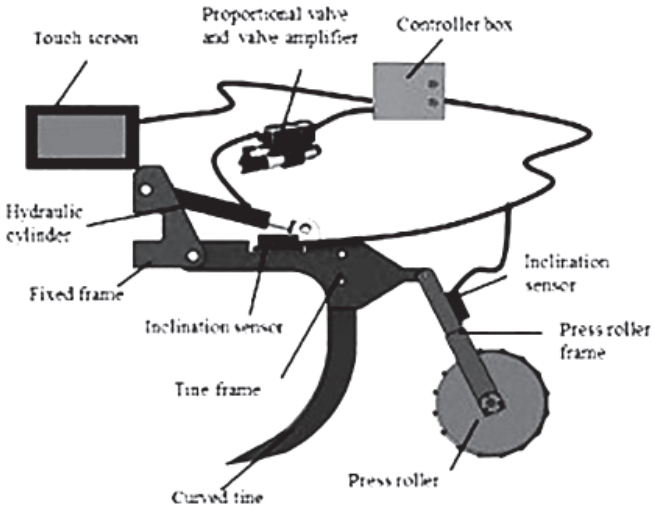


Рис. 2. **Електрогідравлічна система керування глибокорихлителем із гнучкими лапами [2]**

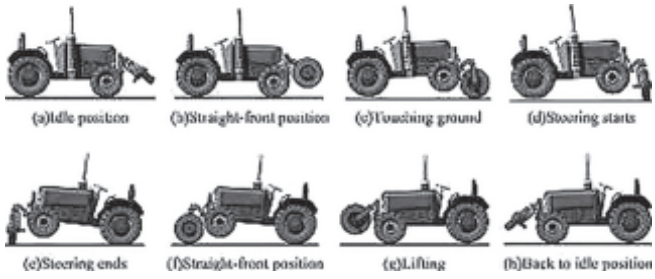


Рис. 3. **Електрогідравлічна система автоматичного трактора**

В роботі [4] проведений теоретичний аналіз маневреності асиметричного тракторного агрегату, трактор (МТЗ-80) з причіпною жаткою (ЖВП-6), з урахуванням його конструктивних параметрів та швидкості руху (*рис. 4*). Авторами наведені в роботі аналітичні рівняння які дозволяють провести моделювання (числове) для проведення повороту на поворотній смузі. Поворот проводився як правосторонній так і лівосторонній, причому найменший був другий і становив 4,90 метрів. Однак на фактичний поворот цього асиметричного агрегату збирально-тракторного агрегату впливають умови роботи передніх ведучих і задніх ведучих коліс, які зазнають буксування та знесення в різних напрямках, мають контакт з неоднорідною поверхнею ґрунту та на них діють різні вертикальні навантаження. Тому ці фактори можуть мати істотний вплив не тільки на положення радіуса повороту агрегату, але і на його величину [4]. Для кращого повороту, встановлених значень обертів руля, необхідно обладнувати трактора відповідними пристроями. Дані пристрої повинні забезпечувати не-

обхідну швидкість руху трактора на повороті (поворотній смузі) та відповідну швидкість повороту ведучих коліс.

Максимальні значення кутів повороту становили 31^0, для правостороннього та 54^0 – відповідно для лівостороннього поворотів.

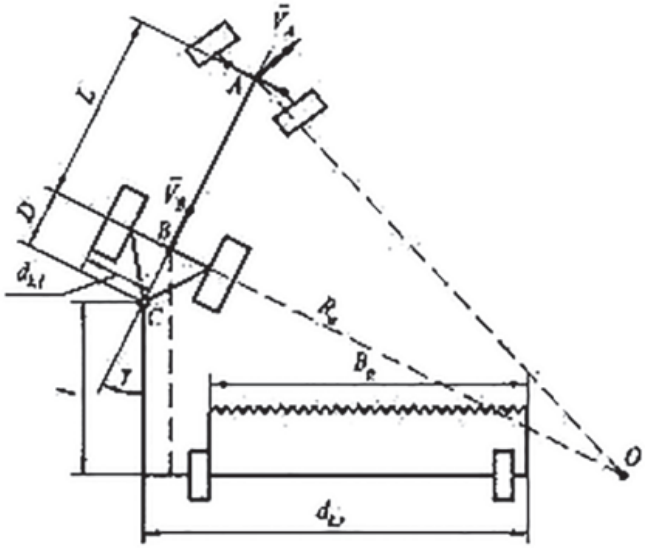


Рис. 4. **Схема повороту запропонованого МТА [4]**

Отже для високоточної роботи сільськогосподарських МТА необхідно в майбутньому впроваджувати високоточні карти угіль господарства, також немало вадливим фактором є встановлення комбінації датчиків, їх можливе об'єднання, створення так званих хмарних платформ для збору та обробки даних.

Список використаних джерел

1. Qu, Jiwei & Zhang, Zhe & Qin, Zheyu & Guo, Kangquan & Li, Dan. (2024). Applications of Autonomous Navigation Technologies for Unmanned Agricultural Tractors: A Review. Machines. 12. 218. 10. 3390/machines12040218.

2. Wang, Y.; Jing, H.; Zhang, D.; Cui, T.; Zhong, X.; Li, Y. Development and performance evaluation of an electric-hydraulic control system for a subsoiler with flexible tines. Comput. Electron. Agric. 2018, 151, 249-257.

3. Yang, Y.; Zhang, G.; Chen, Z.; Wen, X.; Cheng, S.; Ma, Q.; Qi, J.; Zhou, Y.; Chen, L. An independent steering driving system to realize headland turning of unmanned tractors. Comput. Electron. Agric. 2022, 201, 107278. https://doi. org/10. 1016/j. compag. 2022. 107278

4. Bulgakov, V., Pascuzzi, S. & Beloev, H. (2019). Theoretical Investigations of the Headland Turning Agility of a Trailed Asymmetric Implement-and-Tractor Aggregate. Agriculture, MDPI, Open Access Journal, 9(10), 1-11. doi: https://doi. org/ 10. 3390/agriculture9100224.

Водолазький Д. І, Калнагуз О. М., Горовий М. В.
Сумський національний аграрний університет

ОГЛЯД СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

Для виконання технологічної операції по мілкому обробітку грунту найкраще виконувати культиватором. Ця технологія допомагає запобігти руйнуванню ґрунтового шару вітром і зберегти вологу в ґрунті. На полях сільськогосподарських угідь області присутні як вітчизняні сільськогосподарські знаряддя так і закордонні. Відомим вітчизняними виробниками культиваторів для обробітку ґрунту в Україні є: ТОВ "Завод Проммаш"; ТОВ "Красилівагромаш" (ПАТ "Красилівський машинобудівний завод"); Корпорація "Агро-Союз; ТОВ НВП "БілоцерківМАЗ"; ТОВ "Агромаш-Калина" (рис. 1) [4]; ВАТ "Уманьферммаш"; ПФ "ХАРТЕХПРОМ-97"; ВАТ "Хмельниксільмаш"; ТОВ "Лозівський ковальсько-механічний завод"; АТ "Елворті" (ВАТ "Червона зірка") (рис. 1); та багато інших.

Виробник ТОВ "Завод Проммаш" презентує нам культиватори серії КПС-КПЕ. Виробник випускає культиватори серії КПС-КПЕ з різною шириною захвату та деякими конструкційними відмінностями, але в основному вони за будовою не відрізняються. Найкраще підходить для передпосівного обробітку ґрунту спільно з боронуванням. Основними елементами культиватора є середня рама до якої прикріплено з обох боків крила. На них знаходяться ходова частина та механізм регулювання глибини обробітку. Завдяки гідроциліндрам які сполучають середню раму та бокові крила є можливість складання агрегату в транспортне положення. Невід'ємною складовою виступає високозубчаста борона, яка розпушує та вирівнює поверхню ґрунту під час культивації. Також присутні опорні колеса та зчіпний пристрій, це типові елементи даної машини.

ВАТ "Хмільниксільмаш" зарекомендувало таку техніку, як універсальні культиватори КУН-3 та КУН-6,3, а також комбіновані швидкісні агрегати серії АКШ (АКШ-2,5, АКШ-3,6, АКШ-5,6). Наступним кроком у технології обробітку є використання агрегатів типу АКШ, які ефективно доповнюють роботу універсальних агрегатів КУН, розширюючи можливості обробки ґрунту та підвищуючи результат. Машина типу АКШ проводить обробіток грунту за допомогою плоскорізних ножів, які підрізають і перевертають шар ґрунту, далі це підхоплюють диски, котрі роздвигають і розкришують землю. Якісно завершує операцію з ґрунтом само-

очисна борона. Робить поверхню поля пухкою та рівною.

ВАТ "Галещинамашзавод" є виробником культиваторів, серед яких комбінований напівпричіпний ККП-6 "Кардинал" та широкозахватний напівпричіпний КШН-5. 6 "Резидент"; КПН – 3 (5,6 та 12) "Вакула" (рис. 1). Особливості робочого процесу: тринадцять лап, закріплених у два ряди на рамі, під час роботи культиватора підривають і розрізають нижній шар ґрунту; ряд дисків, які встановлені за лапами культиватора, подрібнюють і розпушують підірваний шар; котки додатково подрібнюють, прикочують і остаточно вирівнюють верхній шар ґрунту. Культиватор рекомендується застосовувати на важких ґрунтах після оранки для культивації та передпосівного обробітку ґрунту, а також для передпосівного обробітку ґрунту без оранки, після збирання зернових та просапних культур для підготовки посіву проміжних та озимих культур. Заслуговує на увагу також культиватор КПП-6 "Кардинал", який за один прохід виконує декілька технологічних операцій: розпушує колії трактора; розпушує та вирівнює ґрунт за допомогою котка; повне підрізання бур'янів, завдяки встановленню трьохрядних робочих органів; оптимальне ущільнення грунту для формування якісного насіннєвого ложе. Унікальною особливістю в конструкції агрегату є можливість комплектування з навісним пристроєм під зернову сівалку, що дозволяє за один прохід проводити не тільки передпосівну підготовку ґрунту, а й сам посів.

Сільгосптехніка бренду Elvorti (рис. 1) представлена на ринку машин для суцільного обробітку ґрунту культиваторами серії Polaris Premium. Даний модельний ряд має ширину захвату від 4 до 12 метрів, відповідно і назва машин має таке позначення: Polaris 4 Premium; Polaris 6 Premium; Polaris 8 Premium; Polaris 10 Premium та Polaris 12 Premium. Дані агрегати напівпричіпні, робоча швидкість яких становить 12 км/год. Агрегати мають, в залежності від модифікації, від 23 лап до 56; ширина яких становить 235 мм (290 мм для культиватора Polaris 12 Premium). Глибина обробітку становить від 6 см до 12 см.

Культиватори – це одні з основних агрегатів, які відіграють важливу роль у сучасному землеробстві. Вони допомагають підготувати ґрунт до посіву, таким чином, щоб створити найкращі умови для росту рослин. Вітчизняні виробники прийшли на допомогу і продемонстрували вражаючі результати в розробці даних агрегатів. Створивши сучасні моделі, врахувавши навіть найменші деталі. Отже, підсумовуючи, можна сказати, що розвиток нових культиваторів із стрілчастими лапами – це не просто еволюція сільськогосподарської техніки, а справжній прорив. Ці агрегати демонструють, що сучасне обладнання може бути не лише ефективним, але й економічно вигідним, технологічно до-

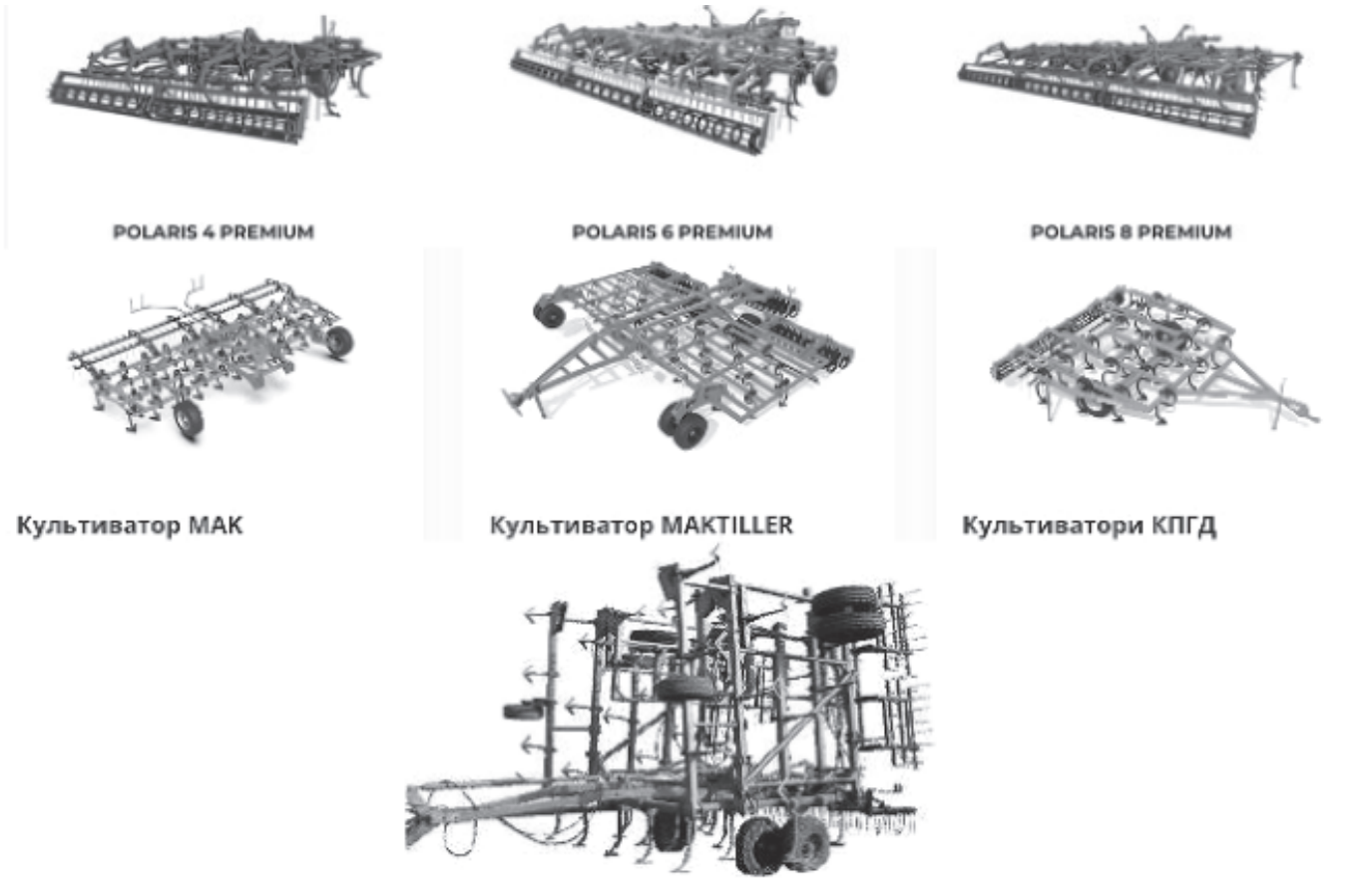


Рис. 1. Машини для суцільного обробітку ґрунту

сконалим та зручним у використанні. Я вважаю, що поєднання цих інновацій з уже досягнутими перевагами нових культиваторів дозволить створити агрегати, які не лише замінять застарілі моделі, але й відкриють нові можливості для сільського господарства.

Список використаних джерел

1. Шустік Л., Ясенецький В., Іваненко Л. Вітчизняні культиватори для суцільного обробітку грунту. Головний журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". Https://propozitsiya. com/ua. Головна / Статті / Техніка та обладнання /. 15. 07. 2008. URL: https://propozitsiya. com/ua/vitchiznyani-kultivatori-dlya-sucilnogo-obrobitku-gruntu (дата звернення: 20. 03. 2025).

2. Сокирко П., Удовиченко Г. Результати випробування комбінованих ґрунтообробних аґреґатів у сучасному сільськогосподарському виробництві. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2009. Т. 3: Сільське господарство. Рослинництво. С. 57-61. URL: https://www. pdau. edu. ua/sites/default/files/visnyk/2009/03/11_rosl_3_2009. pdf (дата звернення: 30. 03. 2025).

3. Вітчизняні культиватори для суцільного обробітку грунту / Л. Шустік, В. Ясенецький, Л. Іваненко // Пропозиція №3 С. 118-124(2007).

4. Культиватори. Сайт https://agrokalina. com/. Agrokalina / Ґрунтообробна техніка / Культиватори. URL: https://agrokalina. com/hruntoobrobna-tekhnika/kultyvatory-6-y-riadni (дата звернення: 06. 04. 2025).

5. Техніка – культиватори для суцільного обробітку. Сайт https://elvorti. com/. Головка / Каталог /. URL: https://elvorti. com/catalog/kultivator/?lang=ua (дата звернення: 06. 04. 2025).

Макоєдов Д. С, Калнагуз О. М., Горовий М. В.
Сумський національний аграрний університет

ОГЛЯД ПОСІВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ГОСПОДАРСТВ

Ринок висівних агрегатів в Україні є доволі об'ємним – як вітчизняні, так і закордонні виробники машинобудування пропонують широкий асортимент продукції, здатний задовольнити будь-які потреби. Звісно, ключовою характеристикою сівалки є якість висіву зернових культур, але виготовлячам цього спеціалізованого обладнання також варто звертати увагу на такі аспекти, як зручність у використанні та довговічність агрегату. Зазвичай покращення якості висіву та спрощення використання сівалок пов'язане із застосуванням додаткових механізмів і електронних систем. З одного боку, це значно полегшує роботу з агрегатом, а з іншого – може її ускладнювати. Думаю, я не помилюся, якщо скажу, що кожен аграрій хоча б раз у житті мав справу із зерновою сівалкою СЗ-3,6. Протягом довгого часу ці сівалки були чи не єдиним варіантом (і, відверто кажучи, у деяких господарствах такими залишаються й досі) для висіву практично всіх відомих нині сільськогосподарських культур. Серед головних переваг цієї моделі варто виділити простоту конструкції й експлуатації, а також легку доступність запасних частин. У сучасних умовах господарювання базових характеристик сівалок уже недостатньо, щоб задовольнити потреби вимогливого фермера, який мав нагоду попрацювати із закордонними моделями, навіть найпростішими. Як відомо, до якісних речей швидко звикаєш. Після такого досвіду аграрій відкриває для себе додаткові переваги: надійність, стабільність роботи, можливість отримувати рівномірні та дружні сходи тощо.

Сучасні механічні сівалки від Amazone представлені чотирма моделями: Cataya, D9, AD та D9 6000 TC Combi (рис. 1). Вони здатні висівати широкий спектр сільськогосподарських культур із міжряддям 12,5 або 16,6 см. Cataya – це механічна комбінація, що включає вертикальну ґрунтофрезу та сівалку. Вона підходить як для традиційної сівби (після оранки), так і для мінімальної технології чи мульчування (після дискування). Ширина захвату – 3 м, об'єм бункера – 830 л, який за бажанням можна збільшити на 400 л за допомогою насадок. D9 – навісна сівалка для підготовленого ґрунту за традиційною технологією або в комбінації з ґрунтообробними знаряддями для мінімального обробітку. Оснащується анкерними сошниками WS або дисковими RoTeC Control. Останні формують борозну, куди висівний диск укладає насіння, а борозноущільнювач і еластичні полімерні диски забезпечують точну глибину загортання та запобігають налипанню ґрунту. D9 6000 TC Combi – бюджетна серія для малих і середніх господарств із шириною захвату 2,5 або 3 м. Точність дозування та загортання насіння на високому рівні. Бункер сівалки з шириною 3 м має об'єм 450 л, який можна розширити до 850 л. Для більших господарств є модель D9 Super із шириною захвату 3, 3,5, 4 або 6 м, а за допомогою зчіпки – до 9 чи 12 м. У таких сівалках застосована посилена конструкція, а бункер (для 3 м) може вміщати від 600 до 1000 л. Керування нормою висіву здійснюється через редуктор Vario з безступінчастим регулюванням, що працює плавно і не потребує обслуговування. Діапазон висіву – від 1,5 до 400 кг/га, що робить його зручним і практичним. AD – навісні сівалки для роботи з ґрунтофрезою, ротаційним культиватором або гумово-клиновим котком. Ширина захвату варіюється від 2,5 до 4 м. Система дозування вдосконалена завдяки спеціальному корпусу, котушці діаметром 80 мм і заслінці, що дозволяє висівати від 1,5 до 400 кг/га без заміни де-

талей. Налаштування норми висіву забезпечує безступінчастий редуктор, а велике металеве привідне колесо гарантує стабільне дозування навіть у складних умовах. D9 6000 TC Combi – причіпна сівалка для одночасного висіву зернових, бобових, трав і внесення добрив на зораних або задискованих полях. Завдяки низькій потребі в тязі, її можна використовувати з тракторами малої потужності. Об'єм бункера – 2800 л, ширина захвату – 6 м, а якість сівби зберігається на швидкості до 15 км/год. У транспортному положенні ширина сівалки – 2,75 м, що зручно для пересування дорогами. Додатково сівалки Amazone можуть оснащуватися модулем Green Drill 200 для підсіву проміжних культур і трав. Ці моделі доводять, що простота конструкції може поєднуватися з високою точністю та ефективністю, відповідаючи потребам сучасних аграріїв.

Маючи понад 40 років досвіду в цій сфері, компанія KUHN розробила тридисковий посівний комплекс AUROCK 6000 RC із шириною захвату 6 м (рис. 1). Ця машина створена для оптимізації висіву за технологіями no-till і min-till, дозволяючи одночасно вносити мінеральні добрива або сіяти різні культури. Універсальність AUROCK 6000 RC вражає. Його можна оснастити спеціальними вузлами та механізмами, що забезпечують ефективний посів у будь-яких умовах, включно з одночасним внесенням добрив. Опційно доступний передній ріжучий коток із гідравлічним регулюванням, який вирівнює рослинний покрив, подрібнює великі післяжнивні рештки та прискорює їх розкладання, збагачуючи ґрунт поживними речовинами. За один прохід комплекс здатен виконувати посів і вносити добрива в рядок на задану глибину без перешкод. При замовленні AUROCK 6000 RC можна обрати комплектацію, максимально адаптовану до потреб господарства, включно з міжряддям 15 см або 18,7 см. Цей посівний комплекс оснащений двома системами дозування та розподілу. Бункер об'ємом 5000 л поділений навпіл (50/50 %), що розширює можливості його використання. Формування борозни забезпечують два ряди прорізних дисків із механічним навантаженням від 250 до 300 кг, встановлених на необслуговуваних підшипниках. Потрійна дискова система – комбінація відкриваючого диска та дводискового сошника з навантаженням 80 кг на паралелограмі – гарантує точне розміщення насіння на посівному ложі та надійне закриття борозни. Центральний шарнір між рамою та сівалкою забезпечує ідеальне проходження сошника слідом за прорізним диском, що дозволяє рівномірно закладати насіння навіть на поворотах, схилах чи нерівних ділянках. AUROCK 6000 RC сумісний із ISOBUS і підтримує термінали CCI 50/100/200, CCI 800 та CCI 1200 (сертифікація AEF). Технологія VISTAFLOW – інтелектуальний клапан – контролює рух насіння у висівних трубках. Завдяки встановленню VISTAFLOW на розподільній голівці для кожного ряду, комплекс адаптується до будь-яких ритмів технологічної колії, незалежно від ширини шин техніки для підживлення чи обробки ЗЗР, забезпечуючи точний контроль проходження насіння.

Компанія Avers-Agro, спираючись на власні інноваційні розробки та використовуючи високоякісні матеріали, представляє аграріям сівалку Green Plains 1500. Ця стерньова сівалка з дисковими сошниками має ширину захвату 4,6 м і призначена для висіву зернових та бобових культур за технологією No-Till із можливістю внесення стартової дози сухих мінеральних добрив. Вона ефективна в різних ґрунтових умовах і не вимагає попередньої підготовки ґрунту, що дозволяє суттєво знизити витрати на пальне, час роботи техніки та персоналу. Сівалка оснащена 26 сошниками та 26 дисками, що забезпечують міжряддя 17,8 см. За потреби її можна адаптувати для традиційної технології сівби, від'єднавши зчіпний пристрій. Об'єм бункера для насіння становить 1300 л, для добрив – 420 л. Притискне зусилля сошника на ґрунт досягає 82 кг, а на ріжучий диск – 204 кг, при цьому глибина роботи диска регулюється від 0 до 10 см, що робить його універсальним. Гідравлічна

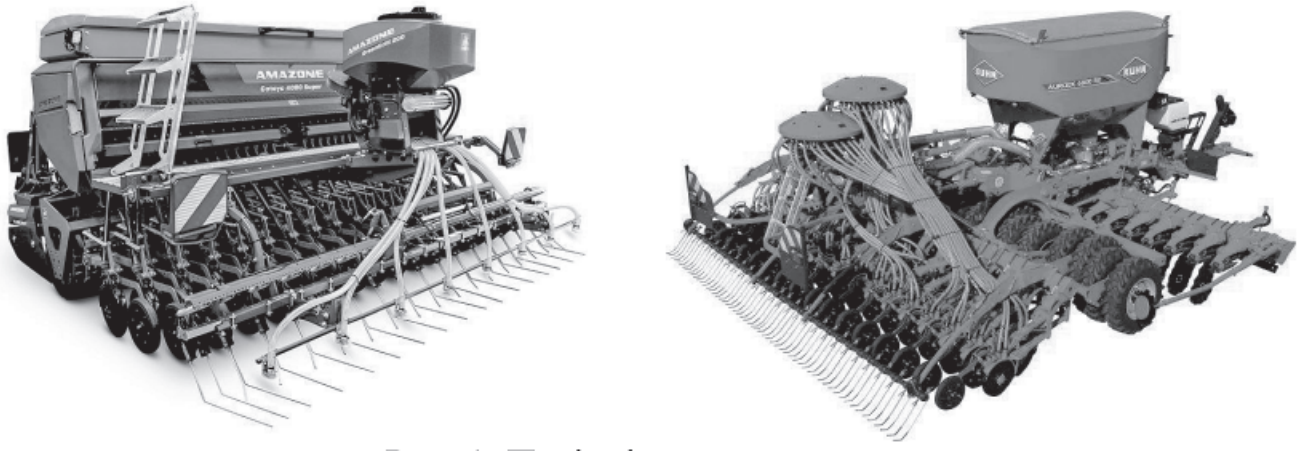


Рис. 1. **Посівні машини**

система підйому на розворотах підвищує продуктивність і економить час, забезпечуючи рівномірний висів по всій площі поля. Green Plains 1500 агрегатується з тракторами потужністю від 120 к. с. Завдяки сучасним технологіям, розробленим фахівцями Avers-Agro, сівалка вирізняється високою надійністю та довговічністю вузлів.

Список використаних джерел

1. Сухина А. Зернові сівалки: проблеми вибору. Головний журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". Сайт https:// propozitsiya. com/ua. Головна / Статті / Техніка та обладнання / Посівна техніка /. 04. 02. 2019. URL: https://propozitsiya. com/ua/zernovi-sivalky-problemy-vyboru (дата звернення: 06. 04. 2025).

2. Сухина А. Підходи до сівби слід змінювати. Головний журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". Сайт https:// propozitsiya. com/ua. Головна / Статті / Техніка та обладнання / Посівна техніка /. 05.03.2024. URL: https://propozitsiya. com/ua/pidhody-do-sivby-slid-zminyuvaty (дата звернення: 06.04.2025).

3. Васильковська К. Перш за все – точність та швидкість сівби. Головний журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". Сайт https://propozitsiya. com/ua. Головна / Статті / Техніка та обладнання / Посівна техніка /. 22. 04. 2024. URL: https:// propozitsiya. com/ua/persh-za-vse-tochnist-ta-shvydkist-sivby (дата звернення: 06. 04. 2025).

4. Бойко І. Посівні комплекси. Огляд сучасних моделей. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт https:// agroelita. info/. Головна / Новини, Техніка /. 17. 09. 2024. URL: https://agroelita. info/posivni-kompleksy-ohliad-suchasnykh-modeley/ (дата звернення: 06. 04. 2025).

6. AMAZONE Cataya. Сайт https://ats. in. ua/. Головна / Сільгосптехніка / AMAZONE / Механічні сівалки / AMAZONE Cataya. URL: https://ats. in. ua/storage/tb-products_tree. files/ 2020/12/03/1607006094_mi7741-cataya-ru-ru-id-56659. pdf (дата звернення: 06. 04. 2025).

7. Причіпна сівалка AUROCK. Сайт https://www. kuhn. ua/. KUHN / Рослинництво / Сівалки / Причіпні сівалки / Причіпні пневматичні сівалки нульового обробітку. URL: https://dealer. extranet. kuhn. com/e-com. API/api/publicleaflet/920160/UA/ download (дата звернення: 06. 04. 2025).

Голіков Р. А., Калнагуз О. М., Сіренко Ю. В.
Сумський національний аграрний університет

РОЗКИДАЧІ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ: ПРОДУКТИВНІСТЬ, РІЗНОВИДИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ

Органічні добрива відіграють важливу роль у підвищенні родючості ґрунту. Завдяки вмісту гумусу вони покращують його структуру, утримують вологу та забезпечують рослини необхідними поживними речовинами протягом тривалого часу. Проте для досягнення найкращих результатів важливо правильно та рівномірно розподілити їх по всій площі поля.

У сільському господарстві важливо правильно вносити органічні добрива, такі як гній, компост, пташиний послід та рослинні залишки. Для ефективного розподілу цих речовин застосовують спеціальну техніку – розкидачі органічних добрив. Вони забезпечують рівномірне внесення по полю, що дозволяє зберегти поживні властивості добрив і підвищити їхню користь для ґрунту та рослин.

Органічні добрива є не відмінним джерелом корисних речовин таких як калій, фосфор, азот. Та інша купа мікроелементів, так необхідних для розвитку рослин. Також ці мікроелементи покращують структуру ґрунту, допомагають накопичувати і утримуват гумус, активують діяльність ґрунтових маленьких організмів тим самим знижують ризик ерозії. Проте щоб досягнути максимального ефекту важливо правильно вкласти данні добрива, і саме тут на поміч приєднуються розкидані органічних добрив.

Розкидачі органічних добрив – це сільськогосподарська техніка, призначена для механічного розкидання твердих органічних добрив по поверхні полів. Сучасні моделі забезпечують рівномірне розкидання добрив і можуть працювати з широким спектром типів добрив, від традиційних добрив до компосту та посліду [1].

Розкидачі для внесення твердих органічних добрив в Україні виробляють АТ "Ковельсільмаш", ВАТ "Білоцерківсільмаш", ВАТ "Уманьферммаш". АТ "Ковельсільмаш" продукує розкидачі МТО-3, МТО-6 і МТО-12, ВАТ "Уманьферммаш" – РУН-15, ВАТ "Білоцерківсільмаш" – РОУ-6. За кордоном розкидачі твердих органічних добрив виробляють фірми "Бергманн", "Кемпер". "Штраутманн", "Вельгер", "Теббе", "Аннабургер", "Хаве", "Кухманн" "Еберхардт-Менгеле", "Фріке", "Кеенан" (Німеччина); "Міро", "Ролланд", "Лебоулх", "Джантіль", "Брімонт" (Франція); СР, "Аг-Хем" (Нідерланди); ЗДТ, "Агрострой-Пельгрімов" (Чехія), "Джі-Еф", "Самсон" (Данія), "Фармтех" (Словаччина), "Агрік-Бемвіч" (Іспанія), "Поттінгер" (Австрія), "Пол-Мот-Варфама" (Польща). Раніше традиційно на розкидачах органічних добрив використовували горизонтальні одно– або двовальні вали з лопатями. Такі робочі органи й нині використовують понад 20 фірм світу, в тому числі фірми "Хаве" (Німеччина), СР (Нідерланди), "Аннабургер", "Вельгер", "Кухманн", "Еберхардт-Менгеле", "Теззе", "Сапфір", "Штраутманн" (Німеччина), "Джантіль" (Франція), "Агрік" (Іспанія), "Пол-Мот Верфама" (Польща), "Фармтех" (Словаччина) [2].

Розкидачі органічних добрив класифікуються залежно від типу конструкції, кількості, способу розподілу та тягової потужності.

Основні типи це причіпні розкидачі – найпоширеніший тип, що агрегатується з трактором. Вони оснащені бункером для подачі добрив і механізмом для їхнього дроблення та розподілу. Причіпні розкидачі бувають різних розмірів, від компактних (1-3 тонни) до великих вагою до 20 тонн.

Наступний тип це самохідні розкидачі – це автономні машини з двигуном і шасі. Вони забезпечують високу продуктивність і мобільність, але більш дорогі в обслуговуванні. Здебільшого вони використовуються у великих фермерських господарствах. Розкидачі з бічним завантаженням У цих моделях добрива подаються через спеціальні бічні транспортери або вали, що дає змогу розкидати добрива між рядами або на певних ділянках поля.

Мульчувальні розкидачі Ці моделі подрібнюють тверді органічні рештки (наприклад, компост або подрібнену солому) перед внесенням, що дає змогу швидше розкладатися в ґрунті.

Особливостями розкидачів є: бункер: об'єм від 1 тонни до 20 тонн, в залежності від габариту машини; механізм розкидання: диск або шнек, що дуже часто обертається, який рівно розкидує добрива на певну ширину та система дроблення: роздроблює великі комочки добрив і рівно розподіляє їх. дана система: вона дає нам можливість регулювати певну швидкість внесення добрив в залежності від наявних потреб данного участку поля. певні переваги при використання розкидачів органічних добрив [1].

Механічне внесення добрив економить значний робочий час порівняно з ручним способом. Рівномірний розподіл добрив по всій ділянці поля. новітні розкидачі дають змогу більш точно та рівно розподіляти внесення органічних добрив, тим самим підвищують ефективне використання машин. Мінімальна втрата поживних речовин. Удобрювачі вносять добрива більш рівномірно, скорочуючи втрати азоту та інших поживних речовин. Скорочення фізичної праці.

Розкидачі автоматизують процес внесення добрив, що значно знижує навантаження на фермера. Багато моделей розкидачів можна використовувати не тільки для добрив, а й для інших матеріалів, таких як компост і пташиний послід Розкидач органічних добрив Bergmann TSW – це лінійка високопродуктивних агрегатів від німецької компанії Bergmann, призначених для внесення органічних матеріалів, зокрема гною, компосту, піску, вапна. з високою точністю та однорідністю.

Bergmann TSW ідеально підходить для великих фермерських господарств, яким потрібна надійна і потужна машина для бурхливого використання.

Основні переваги серії Bergmann TSW: абсолютно нова система дроблення та поділу, яка забезпечує високу ефективність і рівномірне розкидання матеріалів.: забезпечена вертикальними роторами, які ефективно подрібнюють органічні матеріали для рівномірного внесення. та розкидальними дисками, які забезпечують рівномірне розкидання на великій робочій площі. Надійна конструкція бункера: Бункер виготовлений з високоякісної сталі, щоб витримувати високі навантаження і міцні добрива.

Точне внесення добрив: регульована система розподілу добрив дозволяє точно налаштувати швидкість внесення.

Універсальність: TSW може працювати з широким спектром матеріалів, від легкого компосту до щільних, важких добрив і вапна. Надійна ходова частина: Серія TSW оснащена міцною ходовою частиною для стійкості на нерівній або м'якій поверхні.

Технічні параметри: ємність бункера становить від 10 до 25 м? (залежно від модифікації); максимальна ширина розкидання сягає 24 метрів.

Список використаних джерел

1. Бойко І. Розкидачі органічних добрив: ефективність, види та особливості використання. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт https://agroelita. info/. Головна / Новини / Техніка /. 22. 12. 2024. URL: https://agroelita. info/rozkydachi-orhanichnykh-dobryv-efektyvnist-vydy-ta-osoblyvosti-vykorystannia/ (дата звернення: 06. 04. 2025).

2. Ясенецький В. Розкидачі твердих органічних добрив. Головний журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". Сайт https://propozitsiya. com/ua. Головна / Статті / Техніка та обладнання /. 05. 06. 2008. URL: https://propozitsiya. com/ua/rozkidachi-tverdih-organichnih-dobriv (дата звернення: 06. 04. 2025).

3. Думич В. Машини для внесення органічних добрив. Журнал "Агробізнес Сьогодні". Https://agro-business. com. ua/. Статті/ Механізація АПК. 22. 08. 2024. URL: https://agro-business. com. ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/30441-mashyny-dlia-vnesennia-orhanichnykh-dobryv. html (дата звернення: 06. 04. 2025).

О. В. Семерня
Сумський національний аграрний університет

ЄВРОПЕЙСЬКІ ПІДХОДИ ЩОДО УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Пожежна безпека на підприємствах і в організаціях автомобільного транспорту України є критично важливим аспектом їхньої діяльності. Щороку реєструються десятки тисяч пожеж, значна частина з яких пов'язана з порушенням правил пожежної безпеки.

Згідно з інформацією з наукових джерел, в Україні, як і в світі, наявна тенденція до зростання кількості пожеж на транспорті. За даними ДСНС, в Україні спостерігається високий рівень пожежної небезпеки. За останні п'ятнадцять років в Україні сталося близько 50 тис. пожеж на автотранспорті, внаслідок яких загинуло 546 та постраждало 1582 людини.

Підприємства автомобільного транспорту стикаються з низкою факторів, які можуть спричинити пожежі. Транспортні засоби, об'єкти транспортної інфраструктури, велика кількість горючих матеріалів, таких як паливо, мастила та шини, а також наявність електрообладнання та потенційних джерел займання, створюють високий ризик виникнення пожеж.

Зростання кількості транспортних засобів, особливо електромобілів, створює нові виклики для пожежної безпеки. Літій-іонні акумулятори, які використовуються в електромобілях, можуть спричинити складні пожежі, які важко гасити. Недостатнє дотримання правил пожежної безпеки на підприємствах автотранспортної галузі, таких як автопарки, гаражі та станції технічного обслуговування, є однією з основних причин виникнення пожеж.

Ефективні управлінські рішення є ключовими для запобігання пожежам і мінімізації їхніх наслідків. Розглянемо основні управлінські рішення для підвищення пожежної безпеки.

1. Нормативно-правове регулювання пожежної безпеки в автопідприємствах.

2. Організаційні заходи: призначення відповідального за пожежну безпеку, розробка інструкцій та регламентів.

3. Організація навчання та підготовка персоналу.

4. Управлінські заходи: розробка планів евакуації, застосування системи мотивації, взаємодія з державними органами та пожежними службами.

5. Розробка та впровадження системи пожежної безпеки: системи пожежної сигналізації та автоматичного гасіння, забезпечення засобами первинного пожежогасіння.

6. Контроль і аудит пожежної безпеки: контроль електрообладнання, організація безпечного зберігання паливно-мастильних матеріалів.

7. Інвестиції в модернізацію та інновації

Європейські підходи до управління пожежною безпекою на підприємствах автомобільного транспорту базуються на ризик-орієнтовному підході, стандартизації вимог та інтеграції сучасних технологій, що враховує всі аспекти пожежної безпеки.

Основні аспекти таких підходів включають:

Ризик-орієнтовне управління

– аналіз та оцінку пожежних ризиків на підприємстві для виявлення потенційних небезпек та вразливих місць відповідно до міжнародних стандартів (наприклад, ISO 31000);

– розробку стратегії управління ризиками на основі ідентифікації потенційних загроз; використання принципів превентивного підходу для мінімізації можливості виникнення пожеж та їх потенційних наслідків.

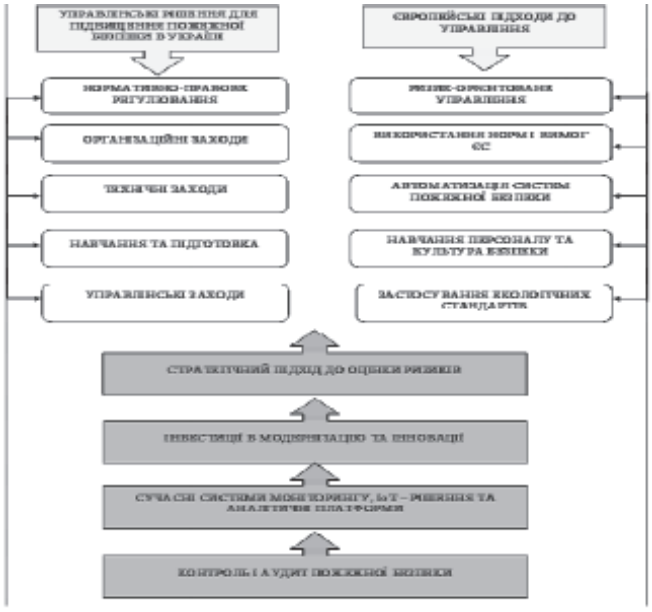


Рис. 1. **Управлінські рішення для підвищення пожежної безпеки в автопідприємствах**

Застосування міжнародних стандартів

– Використання норм та вимог ЄС, таких як Директива 89/391/ЄЕС щодо безпеки та охорони здоров'я працівників;

– Впровадження стандартів: ISO 45001 – система управління охороною праці та безпекою, ISO

22320 – управління надзвичайними ситуаціями, ISO 13943 – термінологія у сфері пожежної безпеки.

Автоматизація систем пожежної безпеки

– Використання сучасних систем моніторингу та виявлення загроз: сенсори, IoT– рішення;

– Автоматизація засобів оповіщення та реагування: інтелектуальні системи пожежогасіння;

– Впровадження цифрових платформ для управління пожежною безпекою.

Навчання персоналу та культура безпеки

– Регулярні тренінги з пожежної безпеки відповідно до європейських стандартів;

– Розвиток культури безпеки на підприємстві через постійний контроль і вдосконалення;

– Симуляція пожежних ситуацій для перевірки готовності співробітників.

Застосування екологічних стандартів

– Використання екологічно безпечних матеріалів та засобів пожежогасіння;

– Мінімізація впливу на довкілля відповідно до принципів Green Deal.

Забезпечення пожежної безпеки в автопідприємствах потребує комплексного підходу, який включає як організаційні, так і технічні заходи. Дотримання нормативних вимог, систематичне навчання персоналу, використання сучасних технологій пожежо– гасіння та ефективне управління ризиками дозволяють мінімізувати ймовірність виникнення пожеж і забезпечити безперебійну роботу підприємств. Європейські підходи спрямовані на інтеграцію пожежної безпеки в загальну систему управління підприємством, застосування сучасних технологій та дотримання міжнародних стандартів і підвищення ефективності реагування на надзвичайні ситуації.

Список використаних джерел

1. Ніжник В. В., Сізіков О. О., Довгошеєва Н. М., Голікова С. Ю. Аналітичні дослідження щодо удосконалення системи запобігання пожежної безпеки об'єктів //Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – К.: № 1 (5), 2018. – С. 50-55.

2. Сізіков О. О., Ніжник В. В., Балло Я. В., Голікова С. Ю., Савченко О. В. Систематизація процесу управління пожежною безпекою об'єкта захисту //Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – К.: № 2 (8), 2019. – С. 41-49.

3. Звіт про науково-дослідну роботу Провести дослідження та обґрунтувати загальні вимоги пожежної безпеки до об'єктів різного призначення. – К.: УкрНДІЦЗ, 2017. – 565 с. – № РК 0117U001199.

4. ДСТУ 8828-2019 Пожежна безпека. Загальні положення. – К.: УкрНДНЦ, 2019. – 151 с.

5. ДСТУ ISO 9000:2015 (ISO 9000:2015, IDT). Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів. К.: УкрНДНЦ, 2016. – 51 с.

6. ДСТУ ISO/IEC 27001:2015 Інформаційні технології. Методи захисту. Системи управління інформаційною безпекою. Вимоги (ISO/IEC 27001:2013; Cor 1:2014, IDT). – К.: УкрНДНЦ, 2016. – 22 с.

7. ДСТУ ISO 39001:2015 Системи управління безпекою дорожнього руху (БДР). Вимоги та настанова щодо застосування (ISO 39001:2012, IDT). – К.: УкрНДНЦ, 2016. – 36 с.

8. НАПБ В. 01. 054-98/5110 Правила пожежної безпеки для підприємств і організацій автомобільного транспорту України.

9. НАПБ А. 01. 001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні.

10. ДБН В. 2. 5-56:2014 Системи протипожежного захисту. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 133 с.

11. Цивільний Кодекс України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon. rada. gov. ua 16. Кодекс цивільного захисту України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon. rada. gov. u

О. В. Семерня

Сумський національний аграрний університет

СТРАТЕГІЯ УПРАВЛІННЯ КРИЗОВИМИ СИТУАЦІЯМИ ТА ВИРОБНИЧИМИ РИЗИКАМИ НА ПРИКЛАДІ НІЗІВСЬКОГО ЕЛЕВАТОРА ТОВ "ЗЕРНОВА ІНДУСТРІЯ"

У сучасному аграрному секторі, де конкуренція постійно зростає, а ринкові умови стають все більш нестабільними, ефективне управління кризовими ситуаціями та виробничими ризиками є важливим фактором успіху для будь-якого підприємства. Елеватори відіграють ключову роль у зберіганні та обробці зерна, забезпечуючи стабільність агропромислового сектору.

Проте виробничі процеси на таких підприємствах супроводжуються численними ризиками, які можуть вплинути на їх ефективність, безпеку та економічні показники. Управління виробничими ризиками є критично важливим завданням для забезпечення стабільної роботи елеваторів.

Низівський елеватор ТОВ "Зернова Індустрія" – це новий потужний елеватор, побудований у 2014 році, який надає повний спектр послуг з прийому, доробки та відвантаження зернових та олійних культур.

Для аналізу та вирішення проблем безпеки праці на Низівському елеваторі ТОВ "Зернова індустрія" доцільно розглянути основні аспекти, які впливають на безпеку працівників, зокрема технічні, організаційні та кадрові. Також важливо врахувати специфіку діяльності підприємства, що передбачає роботу з великими обсягами зерна, використання обладнання для зберігання, транспортування, сушіння та очищення.

Проаналізуємо поточний стан безпеки праці на елеваторі. Технічний стан обладнання при постійній експлуатації, через зношення, може підвищувати ризик аварій. Санітарно-гігієнічні умови, а

саме недостатнє освітлення, не ефективність системи вентиляції в виробничих приміщеннях при їх неправильній експлуатації, створюють підвищений ризик пожеж чи вибухів. Недотримання стандартів організації робочого процесу, порушення правил поводження з обладнанням через людський фактор, можуть призводити до нещасних випадків. Відсутність або недостатність системи моніторингу та управління ризиками, недостатній рівень автоматизації процесів, знижує швидкість реагування на небезпечні ситуації.

Першим кроком у розробці ефективної стратегії управління ризиками є їхнє визначення та класифікація. Для Низівського елеватора можна виділити такі основні групи ризиків:

Виробничі ризики:
– пошкодження обладнання та інфраструктури;
– пожежі та вибухи;
– втрата якості зерна через неправильне зберігання;
– збої в електропостачанні.

Фінансові ризики:
– коливання цін на зерно;
– неплатоспроможність контрагентів;
– зміни валютних курсів.

Природні ризики:
– погодні катаклізми (повені, урагани, посухи);
– шкідники та хвороби зерна.

Операційні ризики: – помилки персоналу;
– проблеми з логістикою;
– кіберзагрози.

Геополітичні ризики:
– військові дії;
– зміна законодавства;
– обмеження на експорт.

Для ефективного управління ризиками Низівський елеватор використовує такі стратегії:

Ідентифікація та оцінка ризиків:
– регулярний моніторинг потенційних ризиків;
– аналіз історичних даних та прогнозів;
– використання матриці ризиків для оцінки ймовірності та впливу.

Запобігання ризикам:
– регулярне технічне обслуговування обладнання;
– впровадження систем пожежної безпеки;
– оптимізація умов зберігання зерна;
– диверсифікація постачальників та клієнтів.

Мінімізація наслідків:
– страхування майна і вантажів;
– створення резервних фондів;
– розробка планів дій у надзвичайних ситуаціях;
– навчання персоналу діям у кризових ситуаціях.

Моніторинг і контроль:
– регулярний аудит системи управління ризиками;
– аналіз ефективності вжитих заходів;
– коригування стратегії відповідно до змін умов.

Робота з персоналом:
– навчання персоналу діям в надзвичайних ситуаціях;
– проведення тренінгів з техніки безпеки;
– підвищення кваліфікації працівників.

Використання сучасних технологій:
– впровадження автоматизованих систем моніторингу;
– використання програмного забезпечення для аналізу ризиків;
– використання систем відеоспостереження.

Стратегія управління кризовими ситуаціями, які можуть виникати в роботі елеватора, повинні бути ретельно розроблені і впроваджені для мінімізації

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНО КРИЗОВИХ СИТУАЦІЙ	→	Ідентифікація можливих технічних загроз і людського фактору
ПЛАНУВАННЯ ТА ПІДГОТОВКА ДЛЯ КОЖНОГО МОЖЛИВОГО СЦЕНАРІЮ КРИЗОВОЇ СТУАЦІЇ	→	Докладний план сценарію кризової ситуації: процедура евакуації, комунікації з персоналом, організація допомоги
ТРЕНУВАННЯ ТА НАВЧАННЯ ПЕРСНАЛУ	→	Навчання та тренування персоналу
ВСТАНОВЛЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ	→	Розгорнути системи моніторингу: сенсори або відеоспостереження
ЗАПАСИ ТА РЕЗЕРВНІ ПЛАНИ	→	Забезпечити запаси матеріалів та обладнення. Розробити резервні плани в разі непередбачених ситуацій
ЗВ'ЯЗОК ТА КООРДИНАЦІЯ	→	Встановити систему зв'язку та кординації між персоналом, керівництвом, мед.службою, місцевою владою
АНАЛІЗ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ	→	Аналіз подій. Виявити покращення в трагедії управління кризовими ситуаціями
ЗАЛУЧЕННЯ ПРАЦІВНИКІВ ДО УПРАЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ	→	Поширення культури безпеки. Залечення до управління безпокою. Стимулювання дтримання правил і процедур безпеки

Рис. 1. Стратегія управління кризовими ситуаціями

наслідків та забезпечення безпеки персоналу. Розглянемо стратегію управління кризовими ситуаціями на *рис. 1.*

У разі виникнення кризової ситуації, Низівський елеватор застосовує такі принципи кризового менеджменту:

• Оперативність – швидке реагування на кризову ситуацію.

• Комунікація – відкрита та прозора комунікація з усіма зацікавленими сторонами. Координація – чітка координація між усіма підрозділами.

• Відповідальність – визначення чіткої відповідальності за кожну дію.

• Навчання – аналіз кризової ситуації для запобігання подібним випадкам у майбутньому.

Ефективне управління кризовими ситуаціями та виробничими ризиками є критично важливим для успішної діяльності Низівського елеватора ТОВ "Зернова Індустрія". Завдяки комплексному підходу, який включає ідентифікацію, оцінку, запобігання, мінімізацію наслідків, моніторинг і контроль, елеватор може мінімізувати потенційні збитки та забезпечити стабільність своєї діяльності.

Важливо зазначити, що в умовах війни, ризики для аграрного сектору, в тому числі і для елеваторів, значно зростають. Тому, необхідно постійно аналізувати ситуацію та вносити корективи в стратегію управління ризиками.

Список використаних джерел

1. ДСТУ IEC/ISO 31010:2013 (IEC/ISO 31010:2009, ITD. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику).

Семерня О. В.
Сумський національний аграрний університет

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ РИЗИКІВ ПРИ ЗБИРАННІ ОЗИМОГО РІПАКУ

Ріпак – це важлива сільськогосподарська культура в Україні, яка має широке застосування в різних сферах життя людини.

З нього отримують ріпакову олію, яка використовується в харчовій промисловості для приготування маргарину, майонезу та інших продуктів. Виготовляється також ріпаковий мед. Ріпаковий шрот і макуху використовують як корм для тварин, оскільки в ньому міститься багато жирів, білків і клітковини. Крім того, ріпак як сидерат, відіграє важливу роль у сівозміні для поліпшення структури ґрунту, забезпечення його органічними речовинами, очищення ґрунту від радіоактивного забруднення та допомагає боротися з бур'янами та шкідниками. Ріпакова олія використовується для виробництва біодизеля, мастильних матеріалів, оліф, лаків, фарб, а також в миловарній, шкіряній, текстильній, металургійній промисловості.

Збирання врожаю.

Збирання ріпаку має свої особливості, оскільки його насіння дуже дрібне, має високу сипучість, а дозрілі стручки легко розтріскуються. Ріпак можна збирати як роздільним способом, так і прямим комбайнуванням. За роздільного способу збирання скошування проводять у фазі жовто-зеленої стиглості – потемніння насіння у стручку близько 50% за його вологості 30-35%. Висота зрізу рослин при цьому має бути не меншою 20-25 см [1].

Із-поміж усіх культур ріпак залишається економічно вигідним і забезпечує навіть за відносно невеликого врожаю високий рівень чистого прибутку. Але для того, щоб досягти бажаного результату, необхідно витримувати всі елементи його вирощування. Особливої уваги потребує збирання та післяз-биральна обробка врожаю у зв'язку з індивідуальними біологічними і фізико-механічними властивостя-ми цієї культури та хімічним складом насіння. Для ріпаку характерне надто нерівномірне дозрівання насіння як окремих рослин, так і в межах однієї рослини. У разі перестоювання перестиглі насінини (за вологості 9% і нижче) легко осипаються і травмуються. Є дані про те, що осипання ріпакового насіння може знижувати врожай на 20-40% і більше залежно від режиму роботи комбайна [2], [9].

Робота з комбайнами може призвести до травм внаслідок защемлення рухомими частинами. Робота в умовах запиленості може призвести до захворювання дихальних шляхів.

Заходи безпеки: ретельна перевірка комбайна перед роботою; навчання працівників безпечної експлуатації комбайнів; використання респіраторів в умовах запиленості.

Післязбиральна обробка ріпаку передбачає можливі ризики травмування при роботі на зерноочисних машинах та захворювання при підвищених рівнях запиленості повітря у виробничих приміщеннях.

Необхідно проводити наступні заходи безпеки:
– технічне обслуговування обладнання;
– застосовування системи вентиляції;
– забезпечення та використання ЗІЗ.

Організація охорони праці при вирощування озимого ріпаку є важливим аспектом сільськогосподарських робіт, спрямованим на забезпечення безпеки працівників та запобігання нещасним випадкам.

Аналіз потенційних ризиків та дотримання правил охорони праці дозволяє тримати ризики в контрольованій зоні: забезпечити безпечні умови

праці для всіх працівників, задіяних у технологічному процесі виробництва озимого ріпаку, знижувати ризики травматизму та аварій, підвищувати ефективність роботи.

Список використаних джерел

1. Курцев В., Гайденко О. Збирання врожаю озимого ріпаку. Журнал "Агробізнес Сьогодні". Https://agro-business. com. ua/ . Статті / Агрономія Сьогодні /. 06. 09. 2016. URL: https://agro-business. com. ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/694-zbyrannia-vrozhaiu-ozymoho-ripaku. html (дата звернення: 03.04.2025).

2. Кирпа М. Збирання та збереження ріпаку. Головний журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". Сайт https://propozitsiya. com/ua. Головна / Статті / Технології / Зберігання та переробка /. 19.07.2017. URL: https://propozitsiya. com/ua/zbirannya-ta-zberezhennya-ripaku (дата звернення: 03.04.2025).

3. Климчик М. М., Рижук С. Європейська олійна культура. Тепер і в Україні. // Пропозиція. – 1999. – №2. – с. 20-21

4. Бертрам Р. Шляхи та тенденції переробки ріпаку в Німеччині. //Пропозиція. -2004. -№1. -с. 12-13

5. Бардин Я. Б. Ріпак: від сівби – до переробки. – К.: Світ, 2000. – 108 с.

6. Мельник І. І. Комплексна механізація вирощування озимого ріпаку в умовах сьогодення / І. І. Мельник, В. М. Зубко // Науковий вісник НАУ. – К., 2007. – Вип. 117. – С. 314-324.

7. ДСТУ IEC/ISO 31010:2013 (IEC/ISO 31010:2009, ITD. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику).

8. Павлівський В. М., Гайдаш В. Д., Макар М. М. та інші. Вирощування і переробка ріпаку. – Бережани, 2007. – 7с.

9. Збирання та збереження ріпаку/ М. Кирпа// Спецвипуск ж. Пропозиція. Озимий ріпак від А до Я/ – 201. – С. – 16-48.

С. В. Ляшенко, М. В. Перепелиця

Полтавський державний аграрний університет Інженерно-технологічний факультет

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗРОБЛЕНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Проблемним питанням залишається переробка органічної складової твердих побутових відходів, оскільки потрапляючи в навколишнє природнє середовище, вони швидко піддаються природним процесам біодеградації та шкідливо впливають на довкілля (забруднення ґрунту і поверхневих вод, неприємний запах, поширення збудників, захворювань інше.) Успішне вирішення вище зазначеної проблеми, можливе лише виключно на науковій основі із застосуванням конструкції подрібнювача органічної складової твердих побутових відходів. Найважливішим для вирішення поставленого завдання є – розробка машини та дослідження відповідного фракційного складу подрібнення органічної складової твердих побутових відходів.

Машина для подрібнення органічної складової твердих побутових відходів призначена для переробки органічної фракції твердих побутових відходів (харчові відходи, відходи садівництва, відходи залишків сільськогосподарського виробництва, рослинні рештки) в матеріал заданої фракції підготовлений до компостування.

Основне призначення машини для подрібнення органічної складової твердих побутових відходів: для первинного подрібнення органічної складової твердих побутових відходів в умовах особистого селянського господарства; для подрібнення органічної складової твердих побутових з подальшим використанням у якості паливного матеріалу;

За своєю конструкцією машина для подрібнення органічної складової твердих побутових відходів – всього лише нескладний верстат, що працює від електромережі або ДВЗ рисунок 1. [1].

Технічні параметри розробленої машини для подрібнення органічної складової твердих побутових відходів:

– Тип сировини: органічна складова твердих побутових відходів;

– Можливість роботи від електродвигуна 2,2 кВт;

– Частота обертання різального диска 1480 об/хв;

– Діаметр різального диска 340 мм;

– Кількість ножів 3 шт;

– Вага (без двигуна): не більше 55 кг.

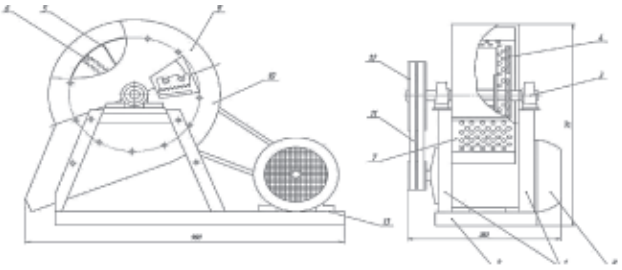


Рис. 1. **Конструкція машини для подрібнення органічної складової твердих побутових відходів.**
1-стійки; 2-основа; 3-опора підшипникова; 4-диск; 5-лопатки; 6-молотки; 7-решето; 8-електродвигун; 9-кожух верхній; 10-кожух нижній; 11-пасова передача; 12-шків; 13-кріплення двигуна.

У комплект входять див. *рис. 1*: рама, яка складається з основи 2 та стійок 1; до рами за допомогою болтового з'єднання прикріплені опорні підшипники 3, що утримують вал на якому приварений диск 4 з трьома різальними ножами виготовленими з інструментальної сталі які кріпляться за до-

помогою болтового з'єднань до диска; паралельно диску на вал закріплюються молотки 6 з лопатками 5, (молотки прикріплені за допомогою болтового з'єднання, а лопатки приварені до валу); до рами за допомогою болтового з'єднання прикріплені стаціонарний 9 і відкидний кожухи 8; до кожухів за допомогою болтового з'єднання приєднані решета; на основу рами встановлено електродвигун 7 який за допомогою клино-пасової передачі 10 з'єднується з робочим валом подрібнювача.

Необхідну сировину, призначену для подрібнення, подають в завантажувальний бункер камери подрібнення. Вихідна сировина, потрапляючи в камеру, подрібнюється ножами та додатково розбивається молотками і відкидається на стінки решета через отвори яких сепарується, поки гранулометричний склад часток не виявиться меншим, ніж діаметр отворів решета, і їх не викине під дією повітряного потоку ротора через випускний отвір.

Подача сировини здійснюється вручну, тобто закидається по черзі в приймальний бункер, а потім матеріал вже сам затягуються завдяки особливій конфігурації ножів [2].

Особливості і переваги конструкції машини для подрібнення органічної складової твердих побутових відходів:

– Ножі виготовлені із ресорної сталі 65Г, які мають відмінні різальні властивості;

– Регулювання вихідної фракції подрібненого матеріалу за допомогою решіт;

– Підсилена рама для стійкої роботи машини;

– Безпечний бункер для подачі матеріалу;

– Якісний підшипниковий вузол для надійної і довговічної роботи;

– Спеціальне кріплення для збирання подрібненого матеріалу відразу в мішок;

– Клинопасова передача запобігає заклинюванню диска при попаданні сторонніх предметів;

– Швидко знімний кожух для зручності очищення.

Висновки.

На основі аналізу існуючих технологій та технічних засобів для переробки органічної складової твердих побутових відходів, встановлено, що машини повинні забезпечувати відповідний гранулометричний склад подрібненого матеріалу [3]. Одним із перспективних напрямків рішення поставленої задачі є поєднання конструкції робочих органів, тобто встановлення на машину до подрібнювальних молотків та встановлення решета з відповідними діаметрами отворів.

Обґрунтовано конструкцію розташування робочих органів малогабаритного подрібнювача, в якій на відміну від існуючих, для отримання оптимального гранулометричного складу в межах від 0,01 до 0,05 м при наступних параметрах: діаметр решета в межах від 0,01 до 0,03м, частота обертання від 1410 до 1810 об/хв..

Список використаних джерел

1. Ляшенко С. В. Пат. 135923 України, МПК B27L 11/00 (2019. 01) Малогабаритний мобільний подрібнювач біомаси / заявники та власники Полтавська державна аграрна академія, Інститут наук технічних Університету Опольскєго. – № u 201901468; заявл. 14. 02. 2019; опубл. 25. 07. 2019, Бюл. № 14. Від 25. 07. 2019 р.

2. Lyashenko S.; Gorbenko O.; Kelemesh A.; Kalinichenko A.; Stebila J.; Patyka V. Non-Waste Technology for Utilization of Tree Branches. Appl. Sci. 2022, 12, 8871. (Scopus) https://doi. org/ 10. 3390/app12178871. file:///D:/Users/User/Downloads/applsci-12-08871. pdf.

3. Мальований М. С. Колективна монографія "Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування" Опублікована за результатами 6-го Міжнародного конгресу "Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування" Львів. ТзОВ "ЗУКЦ" 2020. – 674с.

С. В. Ляшенко, С. С. Ляшенко

Полтавський державний аграрний університет Інженерно-технологічний факультет

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ДЕРЕВНОЇ ЗЕЛЕНІ ДЛЯ КОРМУ ТВАРИН

Інтенсивний розвиток тваринництва як однієї з пріоритетних галузей сільського господарства України на найближчу перспективу вимагатиме збільшення виробничих потужностей для виготовлення кормів. Зооветеринарна служба підприємств, ґрунтуючись на власних спостереженнях, вказує на великий дефіцит протеїнів у кормах, що виробляються, а також легкозасвоюваних вуглеводів. Виходом із ситуації, що склалася є використання в раціонах годівлі рослинних відновлюваних лісових ресурсів, зокрема хвойної і листяної деревної зеленої біомаси. Дослідники вказують, зелена біомаса є перспективною сировиною для виробництва компонентів кормових продуктів. Однак, є досить мало відомостей про комплексну переробку деревної зелені, що включає в себе як листяну так і деревну частину, в кормові продукти. Метою такої переробки має бути одночасне збереження протеїнів зелені, звільнення її від шкідливих екстрактивних речовин і збільшення вуглеводів, що

легко засвоюються в деревній частині, що істотно підвищить кормову цінність деревної зелені в цілому і стане комерційно реалізованою ідеєю.

Розглянемо докладніше деревну зелень як сировину для виробництва кормових продуктів, яка складається з самої зелені (листя або хвоя) і гілок, що здерев'яніли. Склад поживних речовин листя або хвої деревних порід з вологістю до 80% обумовлений вмістом сирого протеїну (до 8% або 6%), сирої клітковини (до 9% або 14%), сирого жиру (до 3% або 6%), без азотних екстрактивних речовин (до 22% або 24%), сирої золи (до 3% або 30%).

За загальним вмістом поживних речовин листя та хвоя відрізняються. Так, у хвої міститься підвищена кількість сирого жиру та клітковини, а в листі – протеїну. Залежно від сезону збору та віку рослин хімічний склад зелені також відрізняється. У весняний сезон спостерігається підвищений вміст протеїну, близький до максимального, який поступово знижується до осені разом із кількісним вмістом жиру.

У *табл. 1.* представлений хімічний склад та кормова цінність деревної зелені.

Перетравлюваність органічної речовини також залежить від часу збирання зелені: навесні – до 65%, ближче до осені – до 54%. Порівняно з хвойною зеленню, листя перетравлюється краще, практично в 1,5…21,7 рази, що обумовлено підвищеним вмістом протеїну в 1 кг свіжого листя: навесні це значення досягає 30…40 г, влітку – до 30, восени до 25 г/кг. Весняний вміст протеїну в листі можна порівняти з вмістом протеїну в свіжоскошеній траві на пасовищі.

Енергетична поживність весняного листя (обмінна енергія) оцінюється в

10500 кДж/кг сухої речовини та відповідає таким породам, як осика, вільха, береза. Протягом періоду росту листя його енергетична поживність знижується до 15%. Разом з поживною цінністю листя, воно також становить значну біологічну цінність, обумовлену вмістом вітамінів.

Тому подальше вдосконалення режимів роботи машини для подрібнення деревної зелені у кормові продукти, є актуальною проблемою сьогодення, якій присвячена дослідницька робота.

Лабораторні дослідження проводилися на експериментальній малогабаритній машині для подрібнення деревної зелені для корму тварин (*див. рис. 1*). Дослідження проводяться на модернізованому та запатентованому малогабаритному подрібнювачі (*див. рис. 1*) [1]. Під час проведення досліджень використовували методику планування багатофакторного експерименту. Досліджувалась вплив діаметру отворів решета та частоти обертання робочого валу на середній розмір гранулометричний склад виготовленої деревної зелені. Загальний вигляд малогабаритного подрібнювача деревної зелені для корму тварин представлена на рисунку 1. [2,3].

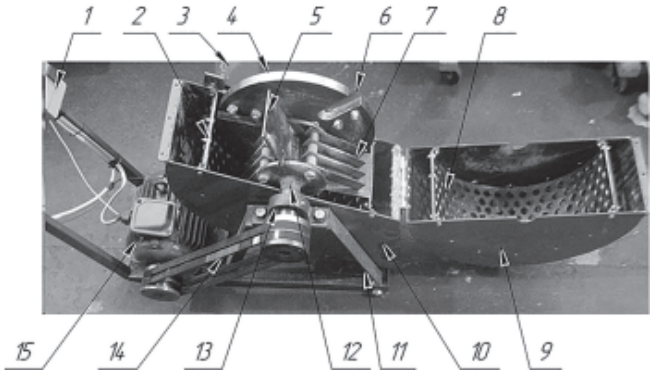


Рис. 1. **Загальний вигляд малогабаритного подрібнювача деревної зелені для корму тварин:**
1 – пульт керування; 2 – планка кріплення решета; 3 – завантажувальний бункер; 4 – диск кріплення ножів; 5 – лопаті вентилятора; 6 – різальний ніж; 7 – доподрібнювальні молотки; 8 – решето; 9 – верхній кожух; 10 – нижній кожух; 11 – рама; 12 – робочий вал; 13 – опорний підшипник; 14 – клинопасова передача; 15 – електродвигун.

В результаті досліджень пошуку значень оптимальних розмірів частинок подрібнення деревної зелені для корму тварин (гранулометричний склад подрібненого матеріалу) при роботі малогабаритного подрібнювача (*див. рис. 2*), та опрацювавши експериментальні дані було отримано рівняння регресії.

Таблиця 1.

Хімічний склад та кормова цінність листя та хвої весняного сезону

Порода деревини	Вологість, %	Протеїн, %	Жир, %	Клітковини, %	БВД, %	Зола, %	Засвоювання, %	Обмінна енергія на 1 од. органічної речовини, кг сух. р-ни, кДж
Береза	69,1	6,0	1,6	5,7	15,5	2,0	63,6	9956
Осика	68,1	6,7	2,4	6,0	13,6	3,2	64,3	10136
Вільха	68,0	7,2	2,6	6,1	13,4	2,3	60,3	10006
Горобина	65,9	5,2	2,5	6,9	13,6	2,9	57,0	887,8
Верба	69,0	5,8	0,9	6,8	15,5	3,0	63,5	9296



Рис. 2. **Фото дослідження технологічних параметрів роботи подрібнювача деревної зелені для корму тварин**

Після переходу від кодованих значень параметрів до натуральних, рівняння регресії набуло вигляду:

$$R=0{,}3333+9{,}4202d-0{,}0006n+496{,}8833d^2-0{,}0172dn+2{,}9145E\text{-}n^2, \quad (1)$$

де:

R – середній гранулометричний склад подрібненої деревної зелені, м;

d – діаметр отворів просіювального решета, м;

n – частота обертання робочого валу малогабаритного подрібнювача, об/хв.

Отримані рівняння досліджувались за допомогою програмного пакету Mathcad 13.

Отримані рівняння досліджувалися за допомогою програмного пакету Statistika. Рівні регресії залежностей представлені на *рисунку 3*.

Як видно із рисунка 3 діаметр отворів просіювального решета (параметр d) має значний вплив на гранулометричний склад подрібненої деревної зелені для корму тварин.

В результаті опрацювання графіків отримали, що при значеннях діаметра отворів просіювального решета в межах d=0,014…0,019 м., та значеннях частоти обертання робочого валу малогабаритного подрібнювача в межах n=1400…1600 об/хв, середній гранулометричний склад подрібненої деревної зелені для корму тварин буде оптимальним та становитиме R=0,015…0,0,022 м.

Висновки. Оптимальними параметрами для налаштування машини для подрібненої деревної зелені на корм тваринам слід вважати: значення діаметра отворів просіювального решета d=0,0165 м., а значення частоти обертання робочого валу малогабаритного подрібнювача n=1500 об/хв. Дотримуючись вище згаданих параметрів отримаємо фракцію подрібненої деревної зелені для корму тваринам середнім розміром частинок R=0,0185 м.

Список використаних джерел

1. Ляшенко С. В. Пат. 135923 України, МПК B27L 11/00 (2019. 01) Малогабаритний мобільний подрібнювач біомаси / заявники та власники Полтавська державна аграрна академія, Інститут наук технічних Університету Опольскєго. – № u 201901468; заявл. 14. 02. 2019; опубл. 25. 07. 2019, Бюл. № 14. Від 25. 07. 2019 р.

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

3. Lyashenko S.; Gorbenko O.; Kelemesh A.; Kalinichenko A.; Stebila J.; Patyka V. Non-Waste Technology for Utilization of Tree Branches. Appl. Sci. 2022, 12, 8871. (Scopus) https://doi.org/10. 3390/app12178871. file:///D:/Users/User/Downloads/applsci-12-08871. pdf.

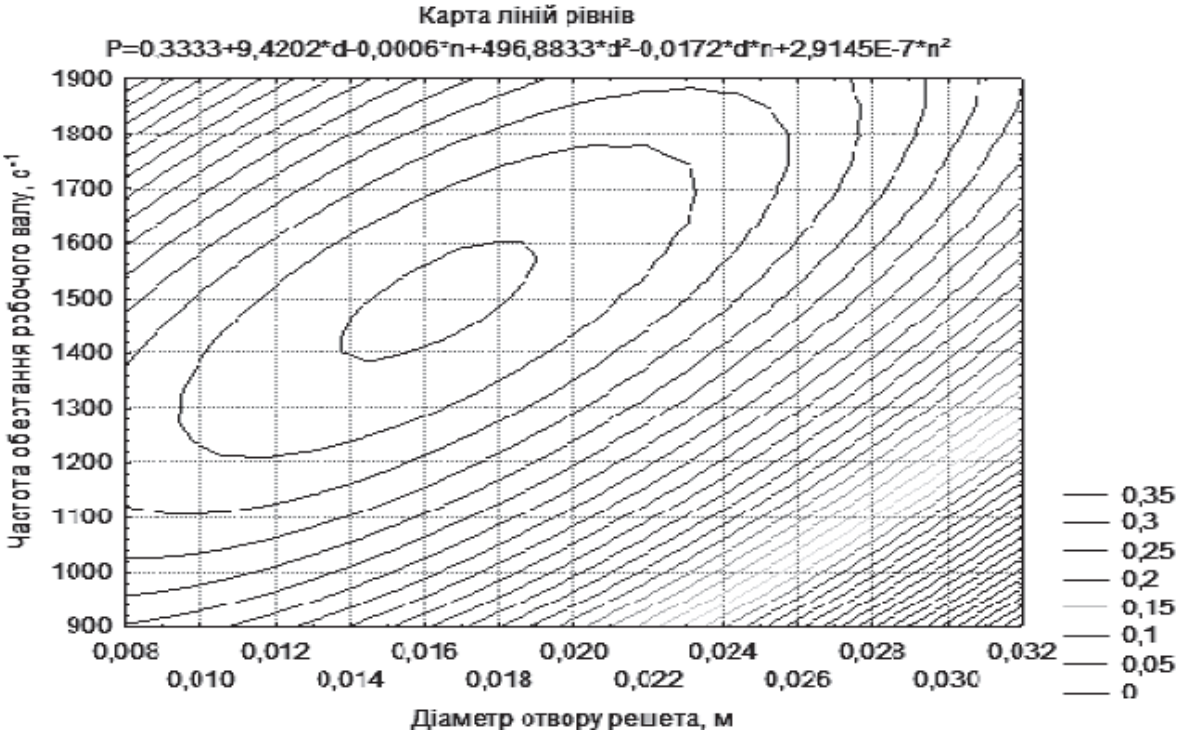


Рис. 3. **Рівні регресії середнього гранулометричного складу подрібненої деревної зелені для корму тварин**

С. М. Герук, канд., техн., наук, доц., ст. наук. співр.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ВПЛИВ ПЕРЕДСАДИВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ НА УРОЖАЙНІСТЬ КАРТОПЛІ

Картопля давно посідає одне з перших місць серед сільськогосподарських культур за універсальністю використання в народному господарстві. Важливе значення для збільшення виробництва продукції цієї культури має система обробітку ґрунту, завданням якої є поліпшення водно-повітряного, теплового і поживного режимів, а також боротьба з бур'янами, шкідниками та хворобами.

Метою наших досліджень було встановлення впливу способів передсадивного обробітку на формування водно-фізичних властивостей ґрунту, забур'яненість посіву, її динаміку та структуру біологічних видів бур'янів, якість врожаю, урожайність і економічну й енергетичну ефективність.

Як показала світова практика, існуючі способи обробітку ґрунту та застосовувана кількість мінеральних та органічних добрив вже не дозволяють значно підвищити зростання врожайності сільськогосподарських культур. Тому протягом останніх 20 років ведуться інтенсивні пошуки технологій і знарядь, застосування яких в певних умовах дозволять підвищити врожайність і продуктивність праці, поліпшити структуру ґрунту і накопичення поживних речовин.

Безвідвальний обробіток ґрунту у певних випадках і є одним із напрямків у вирішенні поставлених проблем. Розпушування без відвалу пласта здійснюють чизельні плуги. Агротехнічна оцінка чизельних плугів у різних зонах країни показала, що ці знаряддя забезпечують накопичення вологи, сприяють розущільненню орного горизонту, позитивно впливають на агрофізичні властивості ґрунтів. На зрошуваних землях чизелювання підвищує фільтрацію поливної води та знижує засоленість ґрунтів. Все це позитивно впливає на урожайність, підвищення продуктивності машин та зниження витрат пального.

Полицеві ж плуги відрізняються високою металоємністю, відносною складністю конструкції, значною довжиною, що ускладнює установку пристосувань для додаткового обробітку ґрунту.

Безвідвальний обробіток грунту з залишенням на поверхні пожнивних і рослинних залишків і виносом на верхній (0... 5 см) шар більших за грунтові фракції добре захищає грунт як від вітрової, так і від водної ерозії, що дозволяє призупинити ерозійні процеси.

Аналіз досліджень, випробувань та господарського досвіду застосування комбінованих агрегатів для передсадивної підготовки ґрунту та посіву, показав, що вони дозволяють зменшити трудові та грошові витрати, раціонально завантажувати енергонасичені трактори, зменшити ущільнення ґрунту перед посівом і підвищити врожайність сільськогосподарських культур в результаті скорочення кількості проходів машинно-тракторних агрегатів. Такі агрегати найбільш перспективні при обробітку ґрунту під просапні та зернові культури.

Авторами [1] розроблено комбінований ґрунтообробний агрегат (*рис. 1*), що складається з чизельного плуга ПЧ-4,5 (I) та пристосування для поверхневого обробітку ґрунту (II). Чизельний плуг складається з рами 1, опорних коліс 2 і стійок-розпушувачів 3 зі стрілчастими або долотоподібними лапами. Розпушувач (I) являє собою барабани 4 і 9 із зубовими елементами 5, закріпленими шарнірно на підвісках 6, 10, 11 і 12 до рами чизельного плуга. Для приводу барабанів використані гідромотори 7, а для створення необхідного питомого тиску на ґрунт – натискні штанги 8 і 13. Робочими органами пристосування є зуби різної довжини, розміщені в площини еліпса під кутами в поздовжньому і поперечному напрямі в певній послідовності.

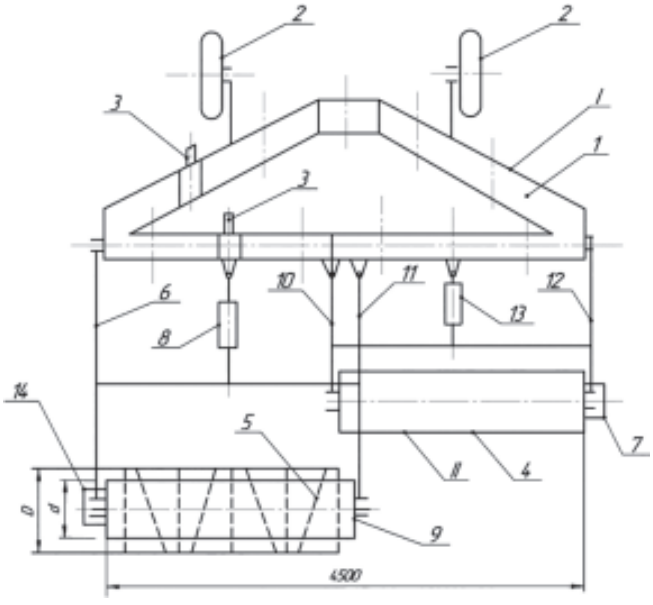


Рис. 1. **Комбінований ґрунтообробний агрегат**

Чизельні лапи (розставлені на відстані 350... 450 мм) обробляють грунт на глибину до 0,45 м, зрушують його, крошать, створюючи аерацію грунту і сприятливі умови для розвитку корневої системи рослин. Попередньо деформований шар грунту, маючи меншу твердість, добре піддається подальшому крошінню ротаційним зубовим розпушувачем, який в процесі взаємодії з грунтом

забезпечує його якісне кришіння, вичісує бур'яни, розпушує і вирівнює поверхню перед посівом. В порівнянні з фрезою зуби не відрізують стружки грунту, а тільки інтенсивно змізерніють верхній посівний шар. Розташування зубів під кутом ? підвищує закладення рослинних залишків, виключає забивання, веде до часткового обороту площини еліпса під кутами в подовжньому і поперечному напрямі у визначеній послідовності.

Діаметр барабану вибираємо із співвідношення $l_б \leq 2\pi r$, де $l_б$ – довжина стебла бур'яну, r – радіус барабана. Щоб розпушування ґрунту по глибині відбувалося рівномірно і в нижній частині оброблюваного шару зуби розпушувача утворювали гребені висотою не більше $h \leq a/2$, необхідно, щоб зуби розташовувалися на відстані S.

$$S = 2h\,\mathrm{tg}\frac{\Theta}{2} = a\,\mathrm{tg}\frac{\Theta}{2}$$

де:

a – глибина обробітку;

Θ – кут сколювання грунту

Раціональні параметри зубового поля вибираємо за класом важких борін, для яких S = 0,05... 0,075 м, а глибина розпушування відповідно до агротехнічних вимог $h_{рих}$ = 0,05... 0,08 м.. Кут установки зубів за напрямом руху β з умови ковзання ґрунту по поверхні зубів, щоб уникнути забивання ґрунтом і бур'янами, з урахуванням зон розпушування знаходиться в межах β = 30... 40°.

Для забезпечення активного розпушування грунту за рахунок поперемінного зсуву в різні сторони і вирівнювання поверхні великі осі еліпсів розташовані відносно один одного під кутом 45°. З метою кращого копіювання рельєфу розпушувач виготовлений з двох секцій по 2,3 м кожна. Привід секцій розпушувача здійснюється за допомогою гідромоторів, що дозволяє йому вільно копіювати поверхню грунту і оперативно регулювати процес розпушування, змінюючи швидкість в процесі розпушування.

Залежно від співвідношення окружної швидкості розпушувача та поступальної швидкості агрегату (тобто показника кінематичного режиму λ) розпушувач взаємодіє з ґрунтом різноманітно. Якщо λ =1 (пасивний режим), то зубці перекочуються в шарі ґрунту з деяким ковзанням, руйнуючи брили, якщо λ≤1 (активне розпушування), відбувається поперемінне зміщення ґрунту, розпушування його, вирівнювання та часткове прикатування. Порівняльні дослідження якості розпушування, твердості грунту до і після обробки полицевим і чизельным плугом (*рис. 2*) показують зменшення її величини за зонами 5, 10, 15, 20 см відповідно на 37, 12, 23 і 32 % для полицевого плуга та 44, 17, 34, 50 % – для чизельного. Твердість ґрунту після обробітку чизельним плугом менше, ніж полиневим.

Різниця ця збільшується зі зростанням глибини розташування аналізованої зони, що пояснюється ступенем розпушування грунту стрілчастими лапами.

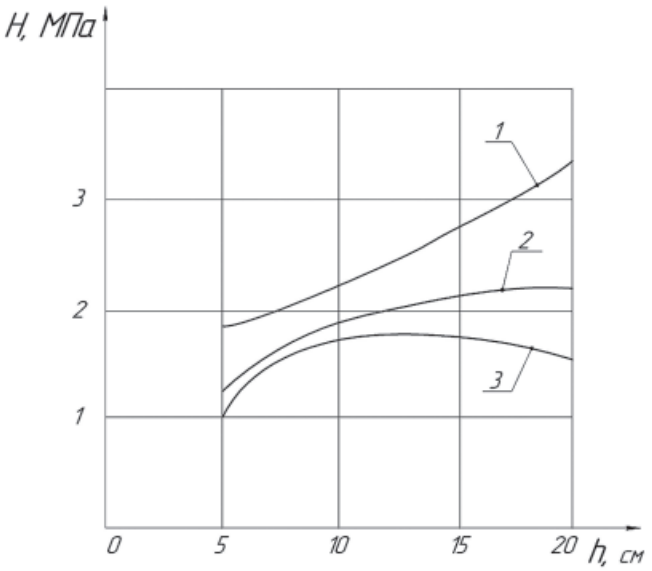


Рис. 2 **Твердість грунту в залежності від параметрів роботи комбінованого грунтообробного агрегату:**
1 – Твердість грунту до обробітку; 2 – після обробітку лемешно-відвальним плугом; 3– після обробітку комбінованим грунтообробним агрегатом.

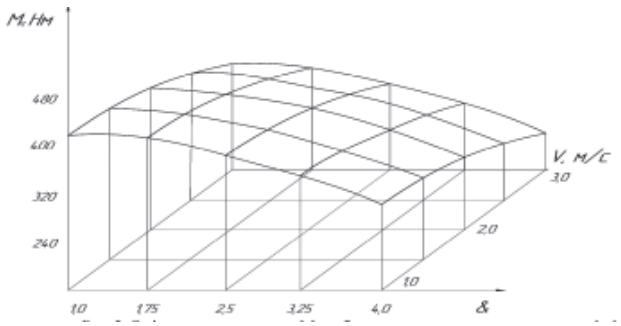


Рис. 3. **Зміна моменту опору Мо зубового розпушувача в залежності від поступальної швидкості V і показника кінематичного режиму роботи & зубового розпушувача**

Для визначення енергетичних показників агрегату проведено тензометрування параметрів у реальних польових умовах. Тип ґрунту середній суглинок, вологість – 19... 21%.

На *рис. 4* представлено графік зміни сумарної сили тягового опору R для різної глибини ходу чизелів.

При чизелювання на глибину 0,3 м при $X < 1$ (пасивний режим роботи розпушувача) і V = 1 м/с тяговий опір досягає 30,5 кН. Зі збільшенням показника кінематичного режиму X до 4,0 тяговий опір становить 16,4 кН, тобто знижується на 46%. Це можна пояснити впливом рушійної сили зубового розпушувача і вібрацій чизелів від динамічних ударів. Збільшення поступальної швидкості від V=1 м/с до 3 м/с при X=4,0 призвело до зниження тягового опору на 37 %. Зі збільшенням поступальної швидкості агрегату тяговий опір знижується, проте при більш високих швидкостях, коли спостерігається завантаження грунту, відбувається збільшення тягового опору.

При обробітку на глибину h = 0,2 м тяговий опір агрегату зменшується на 40... 50 % внаслідок зменшення тягового опору чизелів при постійній рушійній силі зубового розпушувача. Збільшення глибини обробітку чизелями до h = 0,4 м підвищує тяговий опір на 9 % при X = 1,0 і V = 2 м / с, а при X = 4,0 і V = 3 м / с – на 32 %.

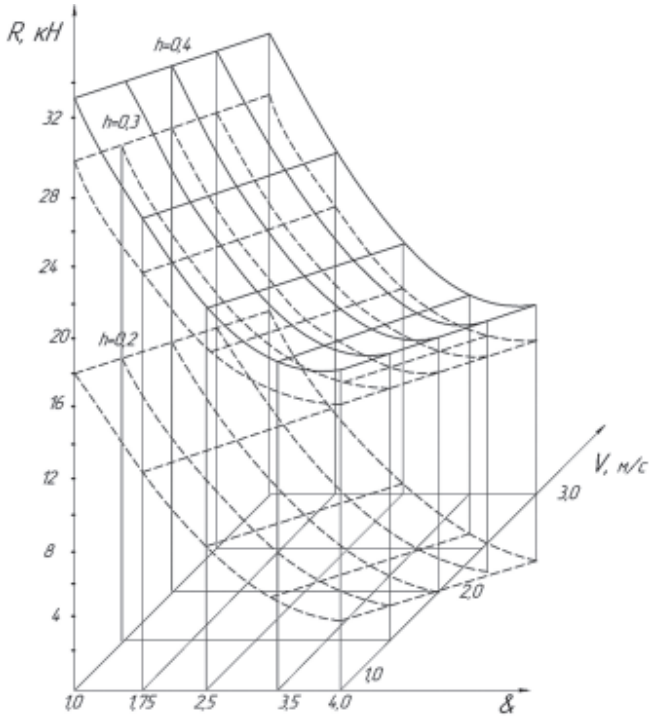


Рис. 4. **Залежність тягового опору *R* комбінованого агрегату для різної глибини обробітку в залежності від поступальної швидкості *V* і показника кінематичного режиму роботи *&* зубового розпушувача.**

На *рис. 4* показана залежність тягового опору R комбінованого агрегату для різної глибини обробітку в залежності від поступальної швидкості V і показника кінематичного режиму роботи *&* зубового розпушувача. Це відбувається у зв'язку із зменшення подачі на один зуб розпушувача та динаміки самого розпушування ґрунту.

Зі збільшенням поступальної швидкості (*рис. 3*) з 1 до 3 м/с при *&* = 4,0 момент опору Мо знижується на 28 %. Зі збільшенням показника кінематичного режиму *&* від 1,0 до 4,0 момент опору знижується на 26 % при поступальній швидкості агрегату V = 3 м/с. Це відбувається за рахунок зменшення подачі на один зуб розпушувача та динаміки самого розпушування ґрунту.

Як видно з вищевикладеного аналізу, на сумарні витрати потужності мають вплив кінематичні параметри *&* і V. Застосування зубового розпушувача знижує енергетичні витрати при обробітку ґрунту, не погіршуючи при цьому агротехнічних вимог.

Спостереження за розвитком картоплі після обробітку ґрунту різними знаряддями свідчать, що коренева система та стебла сорту Огонек розвинені значно краще на полі, обробленому комбінованим агрегатом (ПЧ+Р), порівняно із звичайною ораною (ПЛН), а урожайність на дослідних ділянках була вищою на 30%

Висновок

Таким чином очевидною альтернативою основного обробітку у вигляді оранки є чизельний обробіток, який дозволяє не тільки збільшити продуктивність операції та знизити витрати пального на 50% але й зруйнувати ущільнену плужну підошву.

Такий спосіб обробітку руйнує ущільнену підорну "підошву", сприяє покращенню водного і повітряного режимів ґрунту, знижує ерозію ґрунтів, забезпечує проникнення коріння рослин у нижні горизонти, суттєво покращує інфільтраційні властивості.

Запропоноване пристосування для поверхневого обробітку грунту дозволяє якісно розпушувати середні та верхні шари ґрунту та забезпечити в розпушеному горизонті оптимальні умови щільності, волого– та повітропроникності.

Список використаних джерел

1. Орудие для обработки почв // Герук С. Н., Ловкис З. В. и до. / А. с. 1424746. Опубл. в Б. И. – 1988. – №35.

2. Алексеєв І. В. Індустріальна технологія виробництва картоплі / І. В. Алексеєв, А. С. Мороз, Р. М. Романів, І. Б. Хома. – Львів: "Бескид Біт", 2003. – 152 с.

3. 22. Коленда О. Продуктивність картоплі залежно від способів основного обробітку ґрунту / О. Коленда // Актуальні проблеми аграрного виробництва: теорія, дослідження, практика: Матеріали Міжнародної студентської наукової конференції: Наук. видан. Львів: ЛДАУ, 2002. С. 52-54.

4. 25. Лищук С. С. Довідник картопляра/ С. С. Лищук, С. С. Моспан. – Ужгород: Карпати. – 1987. – 202 с.

5. 25. Лищук С. С. Довідник картопляра/ С. С. Лищук, С. С. Моспан. – Ужгород: Карпати. – 1987. – 202 с.

С. М. Герук, канд., техн., наук, доц., ст. наук. співр.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ І КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

Україна займає п'яте місце в світі з виробництва картоплі, а її унікальний природній потенціал дозволяє бути лідером з виробництва картоплі у Європі. Картопля в основному вирощується на присадибних ділянках, а забезпечення вітчизняною картоплезбиральною технікою її вирощування складає лише 27%. Споживання картоплі в країні сягає високого рівня і становить 140 кг на душу населення у рік. Це відкриває можливість при розумній бізнес-політиці та державній підтримці створити повний технологічний цикл виробництва картоплі.

Виконано аналіз розвитку технологій та конструкцій картоплезбиральної техніки. Викладено результати дослідження впливу технології вирощування на врожайність і якість збирання бульб картоплі. Проаналізовано основні способи і технології механізованого збирання бульб. Запропоновано перспективні шляхи удосконалення конструкцій картоплезбиральної техніки. Використання комбайнів при збиранні картоплі є більш економічно доцільним, але для збиранні насіннєвого матеріалу потрібно застосовувати картоплекопалки, що забезпечують мінімальний рівень пошкодження клубнів.

Ключові слова: аналіз, картопля, картоплезбиральна техніка комбайн, копач, технологія, технологічний процес, вирощування картоплі, способи збирання.

Постановка проблеми. Картопля – одна з основних сільськогосподарських культур, що вирощується в Україні. Вона використовується як продукт харчування, цінний корм для тварин і сировина для промисловості. В Україні посівні площі картоплі в 2023 році склали 1204,3 тис. га, з них 98,5% припадали на присадибні ділянки населення та дрібні фермерські господарства, площа яких не перебільшує 10 га. Зібрано клубнів всього 20899,2 тн, в т. ч. на присадибних ділянках населення та дрібні фермерські господарства – 20465,7 тн, що складає 97,9 % від загального валу господарств. Середня урожайність картоплі досягає 166,4 ц/га [1].

Необхідно констатувати, що як свідчать вітчизняні статистичні дані та ФАО Україна займає п'яте місце в світі з виробництва картоплі, поступаючись таким країнам як Китай, Індія, Росія і США, а забезпечення вітчизняною картоплезбиральною технікою складає тільки 27%. Споживання картоплі в країні сягає високого рівня і становить становить 140 кг на душу населення у рік. Це відкриває можливість при розумній бізнес-політиці та державній підтримці запустити весь технологічний цикл виробництва картоплі.

Картоплярство має велику історію та географію, також високою є харчова та промислова цінність картоплі. Тому теоретичні та експериментальні дослідження технологій і машин (пристроїв) для збирання картоплі, їх виробничі випробування ведуться у світі давно – з часів розробки перших механізмів та машин. У першу чергу, це пов'язано з вагомою часткою ресурсозатрат у механізованих процесах збирання картоплі, які складають близько 60-70 %. Активна систематизація та механізація усіх процесів при виробництві картоплі, враховуючи збирання, пройшла у XX ст. Нині відбувається вдосконалення сучасних технологій та машин для забезпечення оптимальних техніко-економічних показників, а також темпів розвитку та фінансування актуальних розробок.

Якість бульб і собівартість виробництва картоплі значною мірою визначається технологічним процесом збирання, на який припадає майже 45 – 70% усіх затрат. З них 50% – це затрати енергії, що йдуть на сепаруючі робочі органи. Такий розподіл енерговитрат пояснюється тим, що в бульбомістскому шарі ґрунту міститься всього 1,5 – 3% картоплі. Отже, відділення картоплі від ґрунту призводить до зниження енергозатрат у технологічному процесі, що представляє собою актуальне наукове завдання.

Метою публікації є систематизація й узагальнення досліджень щодо сучасних технологій вирощування і збирання картоплі та визначення техніко-економічних показників удосконалених технологій її збирання.

Методологія. В процесі досліджень використовувались загальні методи дослідження, спостереження, порівняння, аналізу, метод експертних оцінок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі вирощування та збирання картоплі присвячено чимало друкованих праць. Проблемами картопляної галузі займаються такі вчені як Ходаківський Є. І., Положенець В. М., Приймачук Т. Ю., Вождай Н. В., Буняк Н. М., Лавров Р. В., Мех Л. М., Бондарчук А. А., Кононунченко В. В., та ін.

Проведений аналіз теоретичних і експериментальних досліджень, технологій та машин для збирання картоплі [2-3; 9-10] показав, що перевага надається створенню конструкцій, що активно діють на підкопаний бульбомісткий шар ґрунту тим самим сприяють його рихленню та інтенсивному просіюванню на сепаруючих пристроях, основни-

ми з яких є: видалення бадилля; викопування та сепарація картоплі; транспортування та її сортування. Основною причиною розповсюдження таких конструкцій є їх простота та надійність виконання робочих процесів при задовільному забезпеченні агротехнічних вимог до ступеня втрат, пошкоджень та забрудненості зібраної картоплі.

Виклад основного матеріалу. Технології та машини для збирання картоплі впроваджуються у сільське господарство рядом світових фірм-виробників техніки для збирання коренебульбоплодів, серед яких відомі "Grimme", "WM-Kartoffeltechnik" (Німеччина), "DeWulf" (Бельгія), "IMAC" (Італія), "Juko" (Фінляндія), "Agrifac", "Ploeger" (Нідерланди), "Lockwood" (США), "Unia" (Польща), "SANEI" (Японія) та ін.

Комбайни бувають одно-, дво-, три– і чотирирядного виконання, тракторного (причіпного або напівначіпного) і самохідного типів. Крім того, більшість картоплезбиральних комбайнів мають власні бункеринакопичувачі для бульб, хоча існує можливість прямого завантаження зібраних бульб у транспортні засоби без потреби у бункері. Комбайни можуть також обладнуватися сортувальними і перебиральними пристроями.

На ринку України представлена картоплезбиральна техніка виробництва Білорусії ("Гомельсільмаш", "Лідсільмаш"), Росії ("Рязаньсільмаш"), Німеччини ("Grimme", "WM Kartoffeltechnik"), Бельгії ("AVR"). Найбільш поширеними в сучасних картоплярських господарствах на сьогоднішній день є картоплезбиральні машини марки Grimme.

На пострадянському просторі провідними заводами, що проектують і виробляють картоплезбиральну техніку є: ВАТ "Рязсельмаш", ВАТ "Рязанский комбайновий завод" – Росія; концерн "Белагромаш", НН "Гомельсельмаш", ТОВ "Запагропром" – Білорусія. В Україні це: ВАТ "Борекс", ВАТ "Львівсільмаш", ПКБ "Прогрес" (Миколаїв), ВАТ "Ковельсільмаш".

Однак на сьогодні у вітчизняному серійному виробництві картоплезбиральної техніки абсолютна перевага надається простим конструкціям копачів.

Найдосконалішою машиною для збирання картоплі варто вважати картоплезбиральний комбайн, який виконує практично всі технологічні операції, що пов'язані з процесом збирання. Комбайни – технічно складні машини, що мають у своєму складі, як правило, декілька сепаруючих пристроїв, перебиральні столи для здійснення сортування картоплі та гичковидаляючі органи, що конструктивно можуть бути розміщені, як на початку машини, так і в системі сепарування.

Найкращу репутацію на ринку сільськогосподарської техніки заробив картоплезбиральний комбайн "Grimme". Виробник виготовляє:

– комбайни бункерного типу;

– комбайни елеваторного типу;

– самохідні картоплезбиральні комбайни.

На ринку України також представлена картоплезбиральна техніка виробництва Білорусії ("Гомельсільмашем", "Лідсельмаш"), Росії ("Рязаньсельмаш"), Німеччини "Grimme", "WM-Kartoffeltechnik", Бельгії "DeWulf" (*табл. 2*).

Із пострадянської техніки основні машини для збирання картоплі – дворядний уніфікований комбайн ККУ-2А (ККУ-2 "Дружба"), КПК-3 (КПК-2, КПК-2-01), Е-684, Е-686, КСК-4-1.

Комбайнове збирання розрізняють однофазне (пряме комбайнування); двофазне (роздільне) і комбіноване. Однофазний спосіб збирання застосовують в умовах задовільної сепарації ґрунту на робочих органах комбайна. При цьому за одне проходження збирального агрегату, враховуючи те, що бадилля вже скошене, виконують усі технологічні операції:

• підкопування бульб (глибина підкопування більша на 2... 3 см, ніж глибина залягання бульб);

• відокремлення бульб від столонів;

• очищення бульб від ґрунтових і рослинних домішок;

• вивантаження бульб у технологічний транспорт і їх відвезення до картоплесортувальних пунктів;

• остаточне очищення бульб від домішок з одночасним їх сортуванням. Для реалізації однофазного способу збирання.

Двофазний спосіб збирання застосовують за високої вологості ґрунту, коли однофазне збирання неефективне. Він може бути роздільним або комбінованим. Цей спосіб має дві фази (стадії) збирання картоплі. Перша стадія реалізується комплексами машин з використанням копачів-валкоутворювачів. У разі роздільного збирання картоплі, яке застосовують на ґрунтах з підвищеною вологістю, на першій стадії виконують такі технологічні операції:

• викопування бульб, попереднє часткове їх очищення від домішок;

• формування валка викопаних бульб з двох, чотирьох або шести рядків. Валок формується так: викопуючи перші два рядки, копач укладає валок ззаду на вирівняну спеціальним пристроєм поверхню, а бадилля відкидає вбік на зібране поле. Під час другого (або другого і третього) проходження агрегату викопані бульби двох крайніх суміжних рядків укладають на вже утворений валок, а бадилля залишають за копачем. Комбінованим способом збирають картоплю на відсепарованих ґрунтах: картоплекопач-валкоукладач збирає бульби з кількох рядків і вкладає їх у міжряддя двох незібраних рядків, а далі комбайн збирає бульби з рядків та цього міжряддя, що підвищує його продуктивність і знижує засміченість бульб ґрунтом.

За двофазного способу збирання картоплі скошувати бадилля не рекомендується, оскільки у

валок потрапляє багато післяжнивних решток, відокремлення яких пов'язане з великими труднощами.

За комбінованого збирання картоплі, яке застосовують на легких ґрунтах з якісною сепарацією, на першій стадії виконують такі технологічні операції:

• викопування бульб, попереднє часткове їх очищення від домішок;

• формування валка викопаних бульб укладанням викопаних бульб у міжряддя невикопаних рядків.

Комбіноване збирання картоплі відрізняється від роздільного тим, що на першій стадії копачем валкоутворювачем викопують бульби з двох рядків за врожайності 200... 300 ц/га або з чотирьох (за меншої урожайності) суміжних рядків і укладають їх у міжряддя двох незібраних рядків, а бадилля скидають за копачем.

Загальною операцією, незалежно від способу збирання, є передбиральне знищення бадилля, технологія виконання якого залежить від ступеня розвитку бадилля, погодних умов та сорту.

Бадилля збирають косарками-подрібнювачами КИР-1,5, КИР-1,5Б, які агрегатують з тракторами класу тяги 1,4. Застосовують також косарки бадилля картоплі білоруського виробництва компанії Техмаш: МБУ-3,0 або МБУ-2,8 (4-рядні) та бадилеподрібнювач RSK 2000 ЗАО "Колнаг". Кращих результатів досягають завдяки механічному скошуванню в поєднанні з десиктацією, тобто хімічною обробкою бадилля. Зелене, сильно розвинене бадилля, за 10-14 днів до збирання обприскують розчином десиканта, а потім, після її в'ялення, скошують гичкоподрібнювачем. Для цього використовують хлорат магнію (25... 30 кг/га). За сухої погоди бадилля спочатку обробляють десиктантом, а після засихання його скошують косаркою КИР-1,5Б.

Застосовують та іншу технологічну послідовність. За сприятливих погодних умовах залишки скошеного гичкоподрібнювачем зеленого бадилля знову відростають, що перешкоджає дозрівання бульб та підвищує їх механічні пошкодження3. У цьому випадку з появою нового листя проводять їх десикацію Реглоном Супер (2 л/га) не пізніше ніж за 7-8 днів до початку збиральних робіт. Слабо розвинене, в'яне бадилля скошують.

Західноєвропейські технології виробництва картоплі підкріплені широким рядом картоплезбиральної техніки, яка виготовляється у цих країнах. Слід відмітити певні особливості даних технологій:

– на відміну від вітчизняної ширини міжрядь до 70 см переважають міжряддя 75, 90 см (гребеневі посадки) і 110 + 30, 140 см (грядові посадки);

– ґрунтово-кліматичні умови в період збирання переважно легші від вітчизняних (забур'яненість поля, підвищена вологість ґрунту, важкі суглинисті ґрунти та ін.);

Таблиця 1.

Основні показники високопродуктивних картоплезбиральних машин

Назва показника	**Копач-погрузчик причепний**	**Самохідні картоплезбиральні машини**		
	Amac-Ax1-4 з вигрузним конвеєром	**Tectron-415 з бункером і вигрузним конвеєром**	**PUMA з бункером і вигрузним конвеєром**	**Dewulf Potato-4ce з вигрузним конвеєром**
Виробник	Amac b. v. (Нідерланди)	Grimme (Германия)	AVR b. v. (Нідерланди)	Dewulf NV (Бельгія)
Кількість рядків (шт.) міжрядь	4	4	4	4
Кількість сепаруючих елеваторів	3	3	7	4
Сепаруюча система	Аксиальний роликовий сепаратор	Аксиальні ролики	Сепаруючі елеватори з коливальним грохотом, аксіальними роликами і системою пальчатих гірок	
Максимальна висота підйому ви грузного бункера, м	3,5	4,25	4,2	4,0
Об'єм бункера, м^3	-	20,0	10,0	4,2
Маса, кг	12500,0	26000,0	18000,0	30000,0
Габарити довжина	10,82	12,0	11,0	16,5
ширина				
висота	3,15	4,0	4,0	4,0
Потужність двигуна, к. с.	190,0 (трактор)	460	425	450

– врожайність досягає 40-45 т/га, тоді як середньостатистична вітчизняна врожайність близько 16 т/га, в період збирання є певні відмінності розмірно-масових показників бульб (а отже, частки бульб у складі вороху) та їх фізико-механічних показників.

– господарства заможніші і мають переважно більші, ніж в Україні площі під картоплю.

У ряді країн Західної Європи розроблено високопродуктивні причіпні та самохідні картоплезбиральні комбайни та копачі-навантажувачі. Основні дані деяких моделей машин цих машин представлені у *таблиці 1*.

В результаті аналізу показників технічної характеристики встановлено наступне: а) для тракторних комбайнів: потужність двигуна трактора становить: для однорядних комбайнів – 40…60 кВт, дворядних – 65…149 кВт, трирядних – 115…168 кВт, чотирирядних – близько186 кВт; маса машини складає: для однорядних – 3,8…5,1 т (навіть до 6,5 т), дворядних – 5,96…13,5 т; місткість бункера: для 202 однорядних – 2,0…6,0 т, дворядних – 6,0…9,0 т, трирядних – близько 9,5 т;

б) для самохідних комбайнів: потужність двигуна: для дворядних – 168…260 кВт, трирядних – близько 186 кВт, чотирирядних – 186…469 кВт; маса машини: для дворядних – 14,9…19,3 т; трирядних – близько 18 т, чотирирядних -18…29,5 т; місткість бункера: для дворядних – близько 7,0 т, чотирирядних – 7…15 т.

Найпростішим знаряддям для викопування бульб є копач швиряльного типу, леміш якого під час руху копача підрізає бульбоносний шар, який в момент сходу з лемеша руйнується і розкидається по поверхні поля гребінками ротора. Недоліком копачів такого типу є великі втрати бульб (до 25%), високий ступінь пошкоджень, а також високу трудомісткість підбирання бульб (на 20-25% вища, ніж після картоплекопачів просіюючого типу) [7].

Значно більшого поширення набули картоплезбиральні машини з сепараторами просіюючого типу. Роль основних робочих органів картоплекопачів відіграють пруткові елеватори або коливальні грохоти, а також різноманітні їх поєднання.. Для роботи у важких умовах в картоплекопачах використовують два-три послідовно встановлених елеватори, обладнують їх додатковими бітерами, грудкоподрібнювальними барабанами тощо.

У картоплекопачах закордонного виробництва, таких як "Шмотцер", "Воккер" (Німеччина), "Колдрон" (Англія) в якості сепаруючого пристрою використовують відцентрове сито. На такому сепараторі ворох, який поступає в центр сита, де під дією відцентрових сил розподіляється по його поверхні, при цьому бульбоносний шар руйнується грудки [7].

Картоплекопачі з причіпними перебиральними столами використовують в тих випадках, коли необхідно забезпечити низький ступінь пошкоджень бульб, наприклад при збиранні ранньої і насіннєвої картоплі.

Картоплекопачі-валкоукладчики, як правило, мають додаткові пристрої для видалення бадилля і поперечні транспортери, які дозволяють укладати бульби у вузький бурт з двох, чотирьох або шести рядків.

Висновки. Актуальною сьогодні та у найближчій перспективі є потреба українських виробників картоплі у дешевому та одночасно надійному у роботі картоплезбиральному комбайні. Враховуючи розвиток машинобудування в Україні, такі вимоги можна забезпечити простою та компактною конструкцією однорядного чи дворядного комбайна вітчизняного виробництва. Для підвищення продуктивності та якості роботи комбайнів, при проектуванні їх конструкцій потрібно враховувати перспективні вимоги до механізації та автоматизації робочих процесів.

Список використаних джерел

1. Статистичний збірник "Сільське господарство України" за 2023 рік

2. Петров, Г. Д. Картофелеуборочные машины/ Г. Д. Петров// 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1984. – 320 с.

3. Богатырев Д. В. Современные сельскохозяйственные орудия для измельчения растительных остатков / Д. В. Богатырев, В. М. Сало // [Текст] Simpozionului Stiintifico-Practic Internalional "Realizari si perspective in inginerie agrara si transport auto" dedicat aniversarii a 65 ani de la fondarea Facultatii de Inginerie Agrara si Transport Auto. – 2015 – vol. 45 – Chisinau:Universitatea agrara de stat din Moldova. – С. 33-36. 7. Подрібнювач рослинних решток КП-4. 5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www. savitskiy. com. ua/.

4. Борычев, С. Н. Машинные технологи уборки картофеля с использованием совершенствованных копателей, копателей-погрузчиков, и комбайнов: автореф. дисс. на соискание научн. степени д-ра техн. наук: спец. 05. 20. 01 – "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" / С. Н. Борычев. – Рязань, 2008.

5. Войтюк, Д. Г. Сільськогосподарські машини: підручник / Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. – К.: Каравела, 2004. – 552 с.

6. Герук С. М. Тенденції розвитку конструкцій картоплезбиральної техніки / С. М. Герук, Д. В. Герасимчук// Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарських машин, вип. 46. – Кіровоград: КНТУ, 2016. – С. 15-19

7. Герук С. М. Аналіз робочих органів машин для викопування кормо бульбоплодів / С. М. Герук, Д. В. Герасимчук// Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Харків: ХНТУСГ, 2016. - Вип. 170: "Технічні системи і технології тваринництва". "Технічний сервіс машин для рослинництва" – С. 124-133

8. Грушецький С. М. Інноваційна картопляна техніка – комплексне рішення задач. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодержавний міжвід. наук. -техн. зб. Під заг. ред. І. М. Черновола. Кіровоград: КНТУ, 2009. Вип. 39. С. 68-81.

9. Исследование конструктивных и регулирующих параметров рабочих органов агрегата картофелеуборочных машин (Web of Science) [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://repository. vsau. org/card. php?lang=en&id=23148.

10. Картофелеуборочные комбайны Grimme – обзор модельного ряда [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://allspectech. com/selhoztehnika/dlya-zemledeliya/uborochnaya/kombajny/dlya-korneplodov/grimme. html.

11. Картофелеуборочные комбайны [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://stroy-technics. ru/article/kartofeleuborochnye-kombainy

12. Картофелеуборочные комбайны. Сельскохозяйственная техника [Електронний ресурс] / Джоголик Александра – Ре-

жим доступу: http://fb. ru/article/179764/kartofeleuborochnyie-kombaynyi-selskohozyaystvennaya-tehnika.

13. Комбайны для уборки турниров: выбираем самый продуктивный [Електронний ресурс] – Режим доступа: http:// fermerznaet. com/selhoztehnika/kombajny/dlya-uborki-kartofelya. html.

14. Марченко В. В. / Техніка для механізованого вирощування картоплі / В. В. Марченко, І. П. Садовський // Новини агротехніки. – 2009. – №2. С. 40-43; 2. Мороз І., Олексій. / Технічні проблеми другого хліба / І. Мороз, О. Кравченко // Агро перспектива. – 2009. – №10. С. 67 – 69;

15. Картоплезбиральні комбайни [Електронний ресурс]. -. http://www. uaseed. com/mehanizacia/385. htm Механизация овощеводства\ Техника для возделывания картофеля;

16. Картофелеуборочные комбайны [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://stroy-technics. ru/article/kartofeleubo rochnye-kombainy

17. Подрібнювач рослинних решток КП-4. 5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www. savitskiy. com. ua/.

18. Смолінський С. В. Аналіз основних показників технічної характеристики сучасних картоплезбиральних машин / С. В. Смолінський // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – К.: ВЦ НУБіП України, 2018. – Вип. 282. – С. 200-207

С. В. Ляшенко, А. В. Демченко
Полтавський державний аграрний університет Інженерно-технологічний факультет

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ БАГАТОРІЧНИХ ТРАВ

Найбільш недосяжна та бажана з перерахованих агротехнічних вимог – це вимога зменшення витрати енергії на технологічну операцію прикореневого підживлення багаторічних трав. Задача значно ускладнюється тим, що здійснення цієї операції проводиться після збирання урожаю, тобто після проходу збиральних агрегатів, коли ущільнення ґрунту досягає максимуму.

Переважна витрата енергії при здійсненні технологічної операції прикореневого підживлення припадає на прорізання ножем щілини в задернілому та ущільненому ґрунті. Результати досліджень описані в роботі показують, що при швидкості переміщення консольного ножа з цисоїдальним профілем леза 5 км/год, питомий опір його переміщенню становив 1,3…1,4 кН.

У відповідності до сучасних вимог, усі технології та технічні засоби, які розробляються для виробництва, зберігання та використання комплексних добрив, повинні відповідати таким технічним умовам:

1) бути енерго– та ресурсозберігаючими. Для відповідності вітчизняних технологій, машинам та обладнанню по використанню органічних добрив кращим закордонним аналогам необхідно питому трудомісткість процесів знизити в 5 разів, матеріаломісткість – в 3, енерговитрати – в 2, втрати поживних речовин, органічної речовини – в 2 рази;

2) забезпечити високу ефективність, надійність в експлуатації та довговічність комплексів машин та обладнання, поточність виконання технологічних операцій, повне виключення ручної праці, високу продуктивність, гарантований захист навколишнього середовища;

3) забезпечити виробництво якісних гомогенних, знезаражених, з високим вмістом органічної речовини елементів живлення органічних добрив;

4) уніфікованість технічних засобів, побудованих на принципах блочно-модульності з набором швидкозмінних робочих органів. Техніка нового покоління повинна вирізнятися високою енергонасиченістю, багатофункціональністю, обладнана мікропроцесорами, моніторами, які б забезпечували автоматизацію та оптимізацію технологічних операцій, зменшення зносу вузлів, агрегатів, питомого тиску на ґрунт;

5) орієнтованість на якісне розподілення добрив на полі, яке забезпечує високу продуктивність і якість продукції рослинництва, гарантований захист навколишнього середовища. Розвиток повинні отримати технології вермикомпостування, диференціювання, внутрішньоґрунтового, локального внесення добрив.

Отримання оптимальних результатів від процесу підживлення багаторічних культур відбувається через досягнення найбільшої відповідності між технічними можливостями машинно-тракторних агрегатів [1], грунтово-кліматичними умовами й агротехнічними вимогами до них (див. *рис. 1*).

Як правило, наближення до агротехнічних вимог здійснюється послідовним застосуванням раціональних машин та технологій для обробки ґрунту, збирання врожаїв та оптимального підживлення багаторічних трав.

Внутрішньо ґрунтове стрічкове підживлення виконується впоперек посівних рядів культур. Добрива вносяться на глибину 10 – 18 см, в залежності від оброблюваної культури, з інтервалами між стрічками 22,8 см. Розриви між суміжними проходами агрегатів та необроблені ділянки поля не допускаються. Перекриття стикових проходів не повинно перевищувати 5% від ширини захвату агрегату. На поворотні смуги вносять ту ж дозу добрив, що і на основному полі.

Збереження та підвищення урожайності багаторічних трав можливе лише за умови якісного і своєчасного внесення рідких комплексних добрив

та дотримання усіх агротехнічних вимог та рекомендацій.

Висновки.

1. Щорічне прикореневе підживлення багаторічних трав дозволяє підтримати стабільною і підвищити їх урожайність.

2. В якості робочого органу для прорізання щілини в ґрунті і підведення добрив, доцільно застосовувати клиновидні ножові робочі органи.

3. Для зменшення енергоємності технологічної операції прикореневого підживлення, доцільно використовувати примусові коливання робочого органу.

4. З попередніх досліджень залишились невідомими або потребують уточнення такі питання: визначення та обґрунтування доцільного напрямку коливань робочого органу; оптимальне співвідношення між частотою та амплітудою коливань робочого органу.

Список використаних джерел

1. Ляшенко, С. В., & Григоренко, М. В. (2023). АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ПРИКОРЕНЕВОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ. In Новітні технології в агроінженерії: проблеми та перспективи впровадження: матеріали III Всеукр. наук. -практ. інтернет-конф., 23 червня 2023 р. Полтава: ПДАУ, 2023. 129 с. Викладено результати теоретичних та експериментальних досліджень в напрямках розвитку інноваційних та ресурсозберігаючих технологій (р. 40).

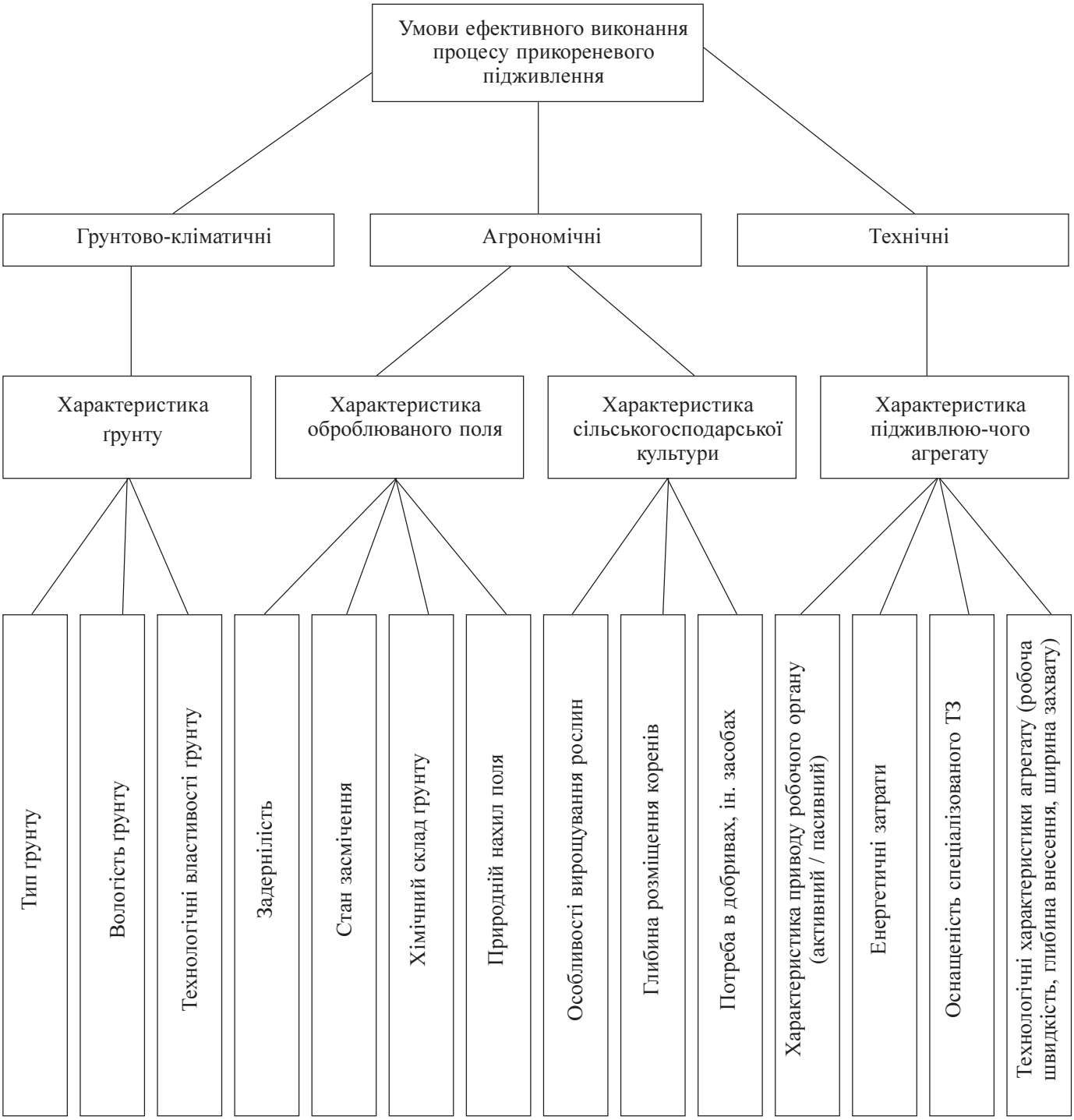


Рис. 1. **Структурна схема умов ефективного використання процесу прикореневого підживлення багаторічних трав (власна розробка)**

Ткаченко Г. О., Поляков А. М, Курлов В. І.
Відокремлений структурний підрозділ "Старобільський фаховий коледж Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля"

РОЗРОБКА ЗАПОБІЖНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВОДНЕВО-КИСНЕВОЇ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

У ремонтному виробництві АПК нашої країни широко використовується газове зварювання та наплавлення. Сутність процесу газового зварювання полягає в тому, що зварюваний і присадний метали розплавляють в полум'ї, що утворюється при згорянні будь-якого пального газу суміші з киснем. Традиційно для газового зварювання застосовують ацетилен, який отримують, як правило, з карбіду кальцію, що виробляється з дорогого коксівного вугілля.

Нині для газового зварювання, поряд з ацетиленом, застосовують й інші горючі гази або їхні суміші, наприклад, пропан-бутан, водень тощо. Один із перспективних горючих газів водень [1], одержуваний із невичерпного дешевого джерела – води, намагаються використовувати як паливо для двигунів внутрішнього згоряння (Японія), а також як пальне для зварювання (Україна, Китай, США та ін.). Для газового зварювання водень отримують електролізом води у спеціальних водневих генераторах (електролізерах) шляхом розкладання води на складові (H_2 та O_2), під впливом електричного струму.

Водень має нижчу температуру полум'я (2600 °С) порівняно з ацетиленом (3200 °С). Однак, попереднє осушення воднево-кисневої газової суміші та технологічні доробки стандартних пальників дозволяють досягти температури полум'я воднево-кисневої суміші до 3000 °С, що можна порівняти з температурою горіння ацетилену.

Водень у суміші з киснем утворює вибухову суміш – гримучий газ і тому, при використанні його при газовому зварюванні, потрібне суворе дотримання правил техніки безпеки. Це пов'язано з тим, що в процесі роботи воднево-кисневої зварювальної установки, можлива поява зворотного удару полум'я, тобто проникнення фронту горіння полум'я всередину каналів сопла пальника і поширення його назустріч потоку горючої суміші.

Можливість зворотного удару полум'я переважно визначається співвідношенням між швидкістю руху суміші *w* і так званою нормальною швидкістю займання суміші u. Довжина ядра полум'я *L* зростає із збільшенням відношення *w/u*. За якоїсь величини w/u настає відрив полум'я від сопла. При зменшенні відношення w/u довжина ядра *L* зменшується і за *w/u* =1 маємо *L*=0. У цьому випадку фронт полум'я перетворюється на площину і горіння може пройти всередину каналу сопла, що відповідає початковому моменту зворотного удару полум'я та ударної хвилі. Збільшення вмісту кисню в горючій суміші також підвищує нижню межу середньої швидкості закінчення суміші, при якому можливий зворотний удар полум'я.

У газозварювальних установках застосовують різні запобіжні пристрої [2] (так звані затвори), гідравлічні (водяні) та сухі (вогнеперегородники), які розміщують між пальником та джерелом надходження пального газу.

Для газів-замінників ацетилену використовують сухі затвори, де полум'я гаситься керамічними вставками. Проте, у зв'язку з тим, що водень має велику проникаючу здатність та швидкість горіння, використання керамічних вставок для воднево-кисневих зварювальних установок є неефективним.

Для мобільних воднево-кисневих зварювальних установок застосування водяних затворів обмежується тим, що зворотний удар полум'я відбувається з високою швидкістю та тиском. Щоб захистити генератор гримучого газу (електролізер) від проникнення полум'я та ударної хвилі, потрібний водяний затвор великого обсягу, що збільшить розміри установки для зварювання. Поряд з цим, проходячи через водяний затвор, газова воднево-киснева суміш додатково насичується вологою, що призводить до зниження температури воднево-кисневого полум'я, знижує якість зварного шва і вимагає додаткових зусиль для осушення газової суміші.

Таким чином, актуальним завданням для вдосконалення сучасного прогресивного способу газового зварювання є розробка конструкції запобіжного пристрою у вигляді сухого затвора для зварювальної установки (*рис. 1*).

Сухий затвор утворюється з роз'ємного корпусу, що складається з двох частин – верхньої 2 і нижньої 8, стягнутих чотирма болтами. У корпусі виконані радіальні та осьові отвори, призначені для переміщення по них горючої суміші. Принцип роботи сухого затвора полягає в наступному: горюча суміш від електролізера по шлангу надходить до вхідного штуцера 11, який одночасно є і корпусом клапана 6. Потім газова суміш переміщується через штуцер 5 по обвідному шлангу (довжина 1 метр) до штуцера 10, до центральної частини корпусу затвора, де розділяється на два потоки, один з яких переміщує незбагачену газову суміш через вихідний штуцер 1 до зварювального пальника, а другий потік через верхній вихідний штуцер 3 транспортує газову суміш до барботера збагачувача, а потім до зварювального пальника.

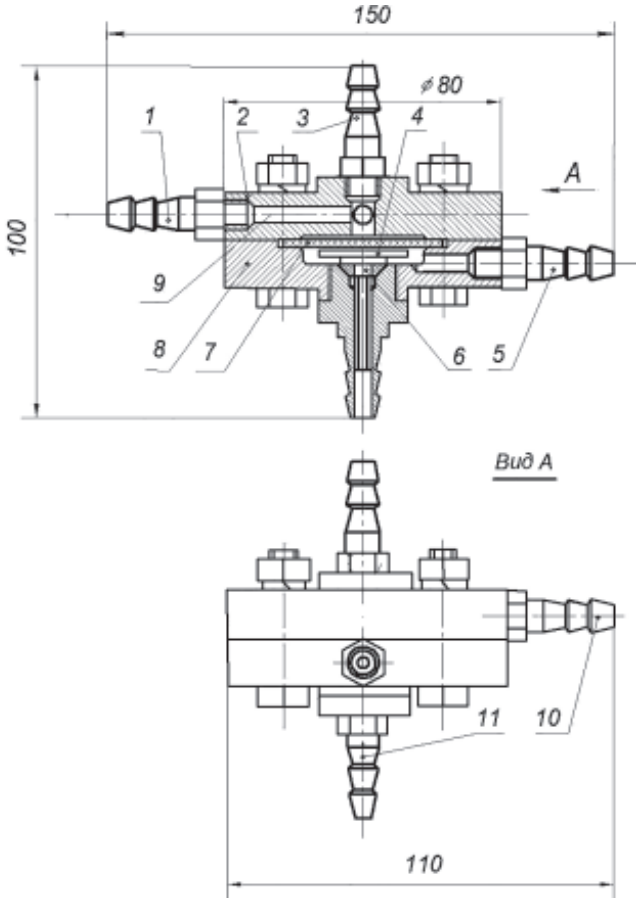


Рис. 1. **Сухий затвор для воднево-кисневої зварювальної установки:**

1 – вихідний штуцер (до пальника); 2– верхня частина корпусу; 3 – верхній вихідний штуцер (до збагачувача); 4 – тарілка клапана; 5 – вихідний проміжний штуцер; 6 – захисний клапан; 7 – мембрана; 8 – нижня частина корпусу; 9 – радіальний вхідний отвір; 10 – вхідний проміжний штуцер; 11 – вхідний первинний штуцер із корпусом клапана.

У технології газополум'яної обробки металів істотне значення має процес горіння горючих газів у кисні. Температура, форма і будова полум'я при спалюванні водню з киснем залежить від складу горючої суміші – співвідношення обсягу водню і кисню: $b_0 = VO_2 / VH_2$.

Залежно від цього співвідношення воднево-кисневе полум'я може бути нормальним, наводненим або окисним. Для практичних завдань зварювання низьковуглецевих сталей потрібне нормальне полум'я із співвідношенням $b_0 = 0{,}25…0{,}4$. Однак сучасні електролізно-водні апарати генерують суміш із співвідношенням $b_0 = 0{,}5$, і зварювальне полум'я носить окислювальний характер. Нейтралізацію дії кисню на зварювальну ванну та отримання нормального полум'я є можливим здійснити шляхом збагачення газової суміші парами вуглеводневих сполук (бензину, спирту, ацетону та ін.) у барботері збагачувача. Їх вибирають з урахуванням можливості максимального насичення воднево-кисневої суміші парами сполук з метою підвищення теплотворної здатності полум'я. Це досягається шляхом регулювання співвідношення VO_2/VH_2 кранами газового пальника.

У разі виникнення зворотного удару фронт полум'я і вибухова хвиля від газового пальника проходять через штуцер 1 радіальним отвором 9 сухого затвора і надходять до його центральної частини та деформують мембрану 7, яка впливає через тарілку 4 на клапан 6, котрий перекриває надходження горючої суміші від електролізера через штуцер 11. Фронт полум'я, продовжуючи свій рух від центральної частини корпуса затвора через штуцер 10 по обвідному шлангу до штуцера 5 загасає, досягнувши до попередньо перекритого клапаном 6 отвору вхідного штуцера 11.

Експериментальний зразок сухого затвора, виготовлений за пропонованою конструкцією, був встановлений на воднево-кисневій газозварювальній установці і випробуваний у виробничих умовах. Під час роботи зварювальної установки штучно багаторазово створювалися умови для реалізації зворотного удару і при цьому не спостерігалося жодного випадку збою в роботі сухого затвора. У зв'язку з викладеним пропоновану конструкцію сухого затвора можна рекомендувати до впровадження в установках газового зварювання з використанням будь-яких горючих газів.

Список використаних джерел

1. https://dpairgas. com. ua/?p=2181&srsltid=AfmBOopmEUDjC3pJsvIpqgPgm07lKAaJy1dzb-NZpLU5jX0bfvFcqOnm (дата звернення: 01. 04. 2025).

2. ДСТУ ISO 5175:2009 Устаткування для газового зварювання, різання та споріднених процесів. Запобіжні пристрої для пальних газів та кисню чи стисненого повітря. Загальні технічні умови, вимоги та методи випробування.

Грудовий Р. С., Тарнавський М. І.
Поліський національний університет, м. Житомир
Добранський С. С., Бучко І. О., Мельник О. П.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНА

Сушіння зерна є критично важливим етапом у післязбиральній обробці, що безпосередньо впливає на якість продукції та її збереження. Оптимізація цього процесу сприяє зниженню енергетичних витрат, підвищенню продуктивності та забезпеченню екологічної безпеки. У цій статті розглянуто сучасні підходи та технології, спрямовані на вдосконалення процесу сушіння зерна.

Традиційно для сушіння зерна використовують теплові методи, які базуються на видаленні вологи шляхом нагрівання зернової маси. Найпоширенішими є шахтні зерносушарки безперервної дії, що забезпечують рівномірне висушування зерна. Проте ці методи мають низку недоліків, зокрема високі енергетичні витрати та ризик перегріву зерна, що може призвести до зниження його якості.

Сучасні аграрні технології пропонують інноваційні підходи до сушіння зерна, які дозволяють зменшити витрати палива та підвищити ефективність процесу. Одним із таких рішень є використання зерносушарок Brice-Baker, які зарекомендували себе як енергоощадне обладнання для агропідприємств України. Ці сушарки забезпечують рівномірне висушування зерна за мінімальних енерговитрат, що робить їх оптимальним вибором для багатьох господарств.

Впровадження автоматизованих систем керування процесом сушіння зерна дозволяє значно підвищити ефективність та стабільність виробництва. Сучасні системи автоматизації забезпечують контроль технологічного процесу, регулювання параметрів (температура, подача, витрата), а також контроль та аналіз аварійних ситуацій. Наприклад, система автоматизації зерносушарок передбачає контроль і регулювання температури нагрівання зерна та кінцевої вологості, що сприяє покращенню якості продукції та підвищенню продуктивності технологічного процесу.

Зростання вартості традиційних енергоносіїв стимулює пошук альтернативних джерел енергії для процесу сушіння зерна. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні електричні енергосистеми, вітроенергетичні установки та теплові насоси, дозволяє знизити витрати на сушіння та підвищити енергоефективність процесу. Наприклад, перехід на екологічне поновлюване паливо може в рази знизити собівартість сушіння.

Застосування комбінованих методів сушіння, які поєднують різні способи видалення вологи, дозволяє досягти оптимальних результатів. Наприклад, двостадійне сушіння передбачає високотемпературне сушіння з подальшим активним вентилюванням, що забезпечує ефективне видалення вологи та збереження якості зерна.

Модернізація конструкцій зерносушарок спрямована на зменшення втрат теплоти та підвищення продуктивності. Використання систем рекуперації тепла, які перенаправляють відпрацьоване тепло для повторного використання, дозволяє знизити енергетичні витрати. Крім того, впровадження систем аспірації сприяє зменшенню пилових викидів та підвищенню екологічної безпеки процесу.

Сучасні віялки відіграють ключову роль в ефективному сушінні зернової маси, забезпечуючи рівномірне просушування та скорочення тривалості процесу. Циркуляція повітря в сушильних установках гарантує рівномірне просушування зерна та скорочує тривалість цього процесу.

Впровадження інтелектуальних систем керування сушінням зерна дозволяє відстежувати роботу сушарок дистанційно за допомогою мобільних пристроїв. Це забезпечує оперативне реагування на зміни в процесі та підвищує ефективність управління.

Проведений аналіз шляхів удосконалення технологічного процесу сушіння зерна дозволяє стверджувати, що сучасний стан розвитку цієї галузі характеризується активним впровадженням інноваційних рішень і передових технологій, спрямованих на підвищення ефективності та економічності процесу.

Застосування сучасних зерносушильних технологій, зокрема зерносушарок Brice-Baker та інших високотехнологічних рішень, демонструє значні переваги перед традиційними методами. Вони дозволяють суттєво скоротити витрати на паливо, зменшити тривалість процесу сушіння та забезпечити високу однорідність кінцевого продукту.

Автоматизація і цифровізація процесу сушіння, що включає в себе інтелектуальні системи контролю, створює умови для максимальної точності підтримки технологічних режимів. Завдяки автоматизованим системам регулювання процес стає менш залежним від людського фактору, що гарантує стабільну якість зерна та дозволяє оперативно реагувати на зміну умов роботи, уникати аварійних ситуацій і зменшити витрати на ремонтні роботи обладнання.

Особливої уваги заслуговує впровадження альтернативних джерел енергії для сушіння зерна, таких як тверде паливо, біопаливо, сонячна та вітрова енергія, що дозволяє суттєво зменшити собівартість сушіння. Використання відновлюваних джерел енергії не тільки економічно вигідне, а й має вагоме значення в контексті забезпечення екологічної безпеки аграрних виробництв.

Комбіновані методи сушіння, зокрема двостадійна технологія, забезпечують високий рівень якості зерна за рахунок оптимального поєднання різних температурних режимів і способів циркуляції повітря. Такі підходи дозволяють значно покращити фізико-хімічні характеристики зернової продукції, уникнути втрат поживних речовин та зберегти товарну цінність зерна.

Модернізація конструкцій зерносушарок шляхом інтеграції систем рекуперації тепла та аспірації дає змогу мінімізувати втрати теплової енергії, зменшити пилові викиди в атмосферу і таким чином підвищити не тільки ефективність процесу, але й його екологічну прийнятність.

Застосування сучасних віялок та вентиляційних установок забезпечує значне скорочення часу сушіння та підвищення продуктивності обладнання, що позитивно впливає на економічні показники роботи підприємств.

Впровадження інтелектуальних систем керування сушінням зерна дозволяє керівникам підприємств дистанційно контролювати роботу обладнання, оперативно отримувати аналітичні дані і швидко реагувати на зміну робочих параметрів. Це створює додаткові переваги для підвищення конкурентоспроможності підприємств на аграрному ринку.

Узагальнюючи вище зазначене, можна зробити висновок, що комплексний підхід до вдосконалення технології сушіння зерна, який передбачає використання сучасного обладнання, альтернативних джерел енергії, автоматизації та інтелектуальних систем керування, дозволяє суттєво підвищити ефективність, економічність та екологічну безпеку цього технологічного процесу. У перспективі подальші наукові дослідження та практичні розробки повинні бути спрямовані на поглиблення автоматизації, більш широке впровадження екологічно чистих джерел енергії та створення технологій, здатних максимально зберігати якісні показники зерна, що забезпечить стабільний розвиток аграрної галузі України.

Грудовий Р. С., Ткачук А. М.
Поліський національний університет, м. Житомир
Руденко В. Г., Шевчук О. А., Герасимчук Д. В.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

КОРМОВИРОБНИЦТВО В УКРАЇНІ: ТЕНДЕНЦІЇ, ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ

Кормовиробництво є критично важливою галуззю агропромислового комплексу України, оскільки воно забезпечує тваринництво необхідними ресурсами для виробництва м'яса, молока, яєць та інших продуктів. Однак, за роки незалежності, ця сфера зазнала значних змін, стикаючись з численними викликами та проблемами. У цій статті розглянуто основні тенденції, проблеми та перспективи розвитку кормовиробництва в Україні.

З моменту здобуття незалежності, площі під кормовими культурами в Україні суттєво скоротилися. На початку 1990-х років вони становили близько 12 млн га, тоді як у 2017 році – лише 1,8 млн га, що свідчить про зменшення майже на 85%. Це скорочення негативно вплинуло на забезпечення тваринництва якісними кормами.

Водночас, спостерігається тенденція до зростання виробництва комбікормів. З 2018 року ринок кормів в Україні демонструє позитивну динаміку, зокрема, у виробництві сіна, силосу та сінажу. Однак, регресійний аналіз використання комбікормів у молочному скотарстві показує залежність між обсягом виробництва молока та кількістю закуплених комбікормів, що підкреслює важливість якісного кормозабезпечення для підвищення продуктивності тваринництва.

Однією з головних проблем є низька продуктивність природних кормових угідь. Загальна площа природних кормових угідь в Україні складає 6,4 млн га, з яких отримують лише 10-11% валового збору кормів. Продуктивність 1 га луків залишається вкрай низькою – 1-1,2 т/га.

Крім того, військова агресія Російської Федерації на території України, економічна та геополітична нестабільність, а також глобальна продовольча криза загострили існуючі проблеми та спричинили нові загрози у кормовиробництві. Збитки у сільському господарстві України через війну перевищили $40 млрд, що суттєво вплинуло на всі галузі агропромислового комплексу.

Для відновлення та розвитку кормовиробництва в Україні необхідно впроваджувати інноваційні

технології та створювати науково-виробничі центри, які поєднують наукові дослідження з практичним виробництвом. Такі центри можуть сприяти підвищенню продуктивності, зниженню витрат та адаптації до змін клімату.

Крім того, важливо розширювати площі під високобілковими культурами, такими як соя, для забезпечення тваринництва якісними кормами та зменшення залежності від імпорту. Адаптація польового кормовиробництва до вимог сталого розвитку також є ключовим напрямом, що передбачає впровадження екологічно безпечних технологій та збереження біорізноманіття.

Кормовиробництво в Україні стикається з численними викликами, включаючи скорочення площ під кормовими культурами, низьку продуктивність природних угідь та наслідки військових дій. Однак, впровадження інноваційних технологій, створення науково-виробничих центрів та розширення площ під високобілковими культурами можуть сприяти відновленню та розвитку галузі, забезпечуючи стабільне забезпечення тваринництва якісними кормами та підвищуючи конкурентоспроможність українського агропромислового комплексу на міжнародному ринку.

Грудовий Р. С., Ткачук А. М.
Поліський національний університет, м. Житомир
Веремій Т. Б.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ВЕРТИКАЛЬНИЙ ОБРОБІТОК ҐРУНТУ

Сучасне сільське господарство зазнає суттєвих змін у процесах обробітку ґрунту, що пов'язано з потребою оптимізації агротехнічних заходів, збереженням природних ресурсів та поліпшенням родючості ґрунтів. Однією з інноваційних технологій є вертикальний обробіток ґрунту. Незважаючи на те, що традиційно застосовувався горизонтальний спосіб обробітку – плуг, борона та інші методи, вертикальний обробіток ґрунту спрямований на роботу по вертикальній осі, що дозволяє досягти певних переваг у структурі ґрунту, ефективному проникненні повітря та води до кореневої системи рослин.

Вертикальний обробіток ґрунту – це комплекс агротехнічних заходів, спрямованих на мікро– та макроструктурну обробку ґрунту із залученням спеціальних машин і пристроїв, здатних проникати в глибші шари ґрунтової маси для поліпшення аерації, збільшення проникності ґрунту, стимулювання біологічної активності та забезпечення рівномірного розподілу поживних речовин. Завдяки цьому підвищується ефективність зрошення, оптимізується розподіл кореневої системи рослин, що в свою чергу позитивно впливає на врожайність.

Вступ до теми вертикального обробітку ґрунту відкриває нову перспективу в аграрних технологіях, що дозволяє поєднувати традиційні методи з інноваціями, виходячи з потреб сучасного сільського господарства в умовах збереження агроекосистем та оптимізації ресурсів.

Історично обробіток ґрунту завжди займав центральне місце в аграрній діяльності людства. Ще з часів появи первісних землеробів застосовувалися прості знаряддя для розпушування ґрунту. Первинне використання м'ясорубних інструментів, списів та плугів дозволяло обробляти ґрунт для підготовки його до посіву, адже цей процес сприяв зменшенню щільності ґрунтової маси та підвищенню аерації.

Проте класичні методи обробітку ґрунту переважно орієнтувалися на горизонтальне розпушування, що обмежувало можливості впливу на підлеглі шари ґрунту. З появою новітніх технологій та потребою збереження мінеральних ресурсів, аграрії почали шукати нові методи оптимізації цього процесу.

Ідея вертикального обробітку ґрунту виникла з необхідності більш точного регулювання фізико-хімічних властивостей ґрунту в глибших шарах. Дослідники та практики виявили, що горизонтальне оброблення не завжди дозволяє досягнути бажаного рівня проникності води та повітря в ґрунтову масу. Так, концепція вертикального обробітку ґрунту була сформована на основі досліджень процесів біологічної активності ґрунту, її структури і взаємодії з кореневою системою рослин.

З розвитком технологій будівництва сільськогосподарських машин з'явилися спеціальні пристосування, які дозволяють виконувати вертикальне оброблення. Завдяки цьому метод дозволяє здійснювати більш цілеспрямовану роботу з ґрунтовими шарами, що впливає не лише на поверхневі, але і на середні та нижні шари ґрунту.

Вертикальний обробіток ґрунту базується на ряді принципів, що забезпечують зміну фізичних характеристик ґрунтової маси. До основних принципів відносяться:

– глибоке проникнення. Використання спеціальних інструментів, здатних проникати до глибших шарів ґрунту, дозволяє відновити структуру ґрунту, стимулюючи аерацію та проникність води.

– фізична реструктуризація. Вертикальний обробіток сприяє поломці ущільнених шарів, дозволяючи повітрю та воді краще циркулювати в ґрунті, що сприяє розвитку мікроорганізмів та кореневої системи рослин.

– збереження мінерального складу. Завдяки цілеспрямованому впливу на конкретні шари ґрунту відбувається мінімальне порушення природного складу та структури мінеральних речовин.

Ці принципи дозволяють застосовувати вертикальний обробіток для підвищення ефективності агрономічних практик та збільшення врожайності, знижуючи при цьому негативний вплив на екосистему.

Впровадження технології вертикального обробітку ґрунту зазвичай супроводжується необхідністю придбання спеціалізованого обладнання, яке може бути дорожчим у порівнянні з традиційними методами обробітку. Крім того, потребуються додаткові витрати на навчання персоналу та технічне обслуговування машин.

Не кожен тип ґрунту підходить для вертикальної обробки. Деякі агрокліматичні умови чи особливості ґрунтових мас можуть обмежувати застосування цієї технології. Так, на дуже легких або, навпаки, надзвичайно щільних ґрунтах результати можуть бути незначними, що вимагає попереднього аналізу та адаптації технології до місцевих особливостей.

Хоча вертикальний обробіток ґрунту має свої переваги, надмірне або недбалене його застосування може призвести до порушень природних процесів у ґрунті. Зокрема, занадто глибоке впливання може пошкодити житлове середовище мікроорганізмів, що впливають на формування гумусу, а також викликати небажані зміни в структурі ґрунтової маси.

Однією з найбільш перспективних тенденцій є інтеграція вертикального обробітку з концепцією точного землеробства. Сучасні датчики та супутникові технології дозволяють в режимі реального часу аналізувати стан ґрунту, визначати його вологість, температуру та щільність. Завдяки цьому агрономи можуть максимально точно регулювати параметри вертикального обробітку, що дозволяє досягати оптимальних результатів при мінімальних витратах ресурсів.

Сучасні технології моделювання ґрунтових процесів дозволяють прогнозувати зміну структури ґрунту після обробітку. Комп'ютерний аналіз даних, отриманих за допомогою спеціальних сенсорів, дозволяє створювати детальні карти ґрунтових властивостей, що допомагають фахівцям в оптимізації агротехнічних заходів. Такий підхід дозволяє не лише підвищувати врожайність, але й зменшувати негативний вплив агротехнічних заходів на екосистему.

В останні роки відбувається активна розробка нових типів сільськогосподарської техніки для вертикального обробітку ґрунту. До них належать гідравлічно та пневматично керовані системи, які забезпечують точний контроль глибини та інтенсивності впливу на ґрунт. Такі системи дозволяють адаптувати обробіток до різних типів ґрунтів та агрокліматичних умов, що сприяє більш раціональному використанню ресурсів.

У багатьох країнах Європи технологія вертикального обробітку ґрунту вже давно отримала широке застосування. Наприклад, в Італії, Німеччині та Франції аграрії впровадили спеціалізоване обладнання для глибокої обробки ґрунту, що дозволило значно покращити якість ґрунтової маси, підвищити водопроникність та зменшити ерозійні процеси. Практичні результати свідчать про зростання врожайності завдяки оптимізації структури ґрунту та збереженню біорізноманіття.

В Україні технологія вертикального обробітку ґрунту також привернула увагу аграріїв, зокрема в регіонах зі значними проблемами ущільнення ґрунту. Деякі фермерські господарства вже експериментують з використанням спеціальних роторних агрегатів та комбінованих систем, які дозволяють впливати на глибші шари ґрунтової маси, забезпечуючи кращу аерацію та водопроникність. Результатом є зростання врожайності основних культур та зниження витрат на додатковий догляд за ґрунтом.

Вертикальний обробіток ґрунту є перспективною технологією, що має великий потенціал для оптимізації агротехнічних заходів. Цей підхід дозволяє не лише покращувати фізичні властивості ґрунту, але й сприяє збереженню біорізноманіття, економії ресурсів та підвищенню врожайності. Враховуючи сучасні тенденції розвитку сільського господарства, впровадження вертикального обробітку може стати частиною загальної стратегії сталого землеробства.

Сучасні агротехнології, включаючи сенсорні системи та автоматизоване обладнання, дають змогу в режимі реального часу контролювати стан ґрунтових процесів. Завдяки цьому агрономи можуть оперативно реагувати на зміну умов, оптимізуючи режим роботи техніки та підвищуючи ефективність виробництва. При належному впровадженні технологія вертикального обробітку сприятиме підвищенню екологічної стійкості сільськогосподарських угідь, зменшенню ерозійних процесів та збереженню родючості земель.

У майбутньому технологія може бути адаптована та розширена завдяки інтеграції з іншими сучасними агроінноваціями. Це відкриє нові можливості для оптимізації агротехнічних процесів, забезпечення високої продуктивності сільськогосподарських культур та стійкого розвитку сільського господарства в умовах змін клімату та зростання населення.

Підсумовуючи, можна зазначити, що вертикальний обробіток ґрунту є важливим елементом

сучасної агротехнології. Завдяки своїм перевагам у структурній реструктуризації ґрунтової маси, збереженні біорізноманіття та ефективному використанні ресурсів, ця технологія має всі шанси стати стандартом у регіонах з інтенсивним використанням земельних ресурсів.

Інноваційні методи, що поєднують традиційні підходи з сучасними технологіями, дають можливість не тільки зберегти, але й примножити родючість ґрунтів, що є запорукою успішного розвитку сільськогосподарського виробництва у майбутньому.

Василенко П. А Студент 3 курсу, групи МН-221
Ніжинський ФК НУБіП України.

СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОРИСТАННЯ ПОТУЖНОСТІ JOHN DEERE 9RX

Анотація. Стаття присвячена дослідженню сучасних підходів до ефективного використання потужності тракторів серії John Deere 9RX в умовах інтенсивного сільського господарства. Розглядаються ключові технологічні особливості цих машин, їх вплив на продуктивність та економічність сільськогосподарських операцій, а також передові методи оптимізації використання їхнього потенціалу для досягнення максимальної рентабельності. Особлива увага приділяється інтеграції тракторів 9RX з системами точного землеробства та аналізу даних для прийняття обґрунтованих агрономічних рішень.

Ключові слова: John Deere 9RX, потужність, ефективність, точне землеробство, оптимізація, сільське господарство, продуктивність, технології.

Вступ. Сучасне сільське господарство характеризується зростаючими вимогами до продуктивності, ефективності та сталого використання ресурсів. В цьому контексті потужні трактори, такі як серія John Deere 9RX, відіграють ключову роль у виконанні найскладніших сільськогосподарських операцій. Їхня значна потужність, у поєднанні з передовими технологіями, відкриває нові можливості для підвищення продуктивності та зниження собівартості виробництва. Однак, для повної реалізації потенціалу цих машин необхідний сучасний підхід до їхнього використання, що враховує не лише технічні характеристики, але й інтеграцію з іншими агротехнологіями та управління даними.

Виклад основного матеріалу. Серія тракторів John Deere 9RX є втіленням інноваційних рішень у галузі сільськогосподарського машинобудування. Їхні ключові особливості, такі як потужні двигуни (до понад 600 к. с.), гусенична ходова система, інтелектуальні системи управління та високий рівень автоматизації, забезпечують значну тягову силу, оптимальний розподіл ваги та мінімальне ущільнення ґрунту. [1] Сучасний підхід до використання потужності John Deere 9RX передбачає не лише виконання традиційних операцій, таких як оранка, культивація та сівба на великих площах, але й їхню інтеграцію в комплексні технологічні процеси, що базуються на принципах точного землеробства.



Рис. 1. **Зовнішній вигляд трактора**
Джерело John Deere UA

Одним з ключових аспектів сучасного використання 9RX є його інтеграція з системами GPS та автопілотування. Це дозволяє виконувати роботи з високою точністю, мінімізуючи перекриття та пропуски, що призводить до економії палива, насіння, добрив та засобів захисту рослин. Автоматизоване водіння також знижує втому оператора та підвищує якість виконання робіт, особливо на великих площах. [2]



Рис. 2. **Навігаційна система G5Plus CommandCenter**
Джерело John Deere UA

Іншим важливим елементом є використання систем моніторингу та збору даних, якими оснащені сучасні трактори John Deere. Датчики та бортові комп'ютери збирають інформацію про витрату палива, навантаження на двигун, швидкість руху, глибину обробітку та інші важливі параметри. Аналіз цих даних дозволяє оптимізувати режими роботи трактора, виявляти потенційні проблеми на ранніх стадіях та приймати обґрунтовані рішення щодо налаштування машин та планування майбутніх робіт.

Сучасний підхід також передбачає використання систем керування парком машин, які дозволяють відстежувати місцезнаходження, стан та продуктивність кожного трактора 9RX в режимі реального часу. Це сприяє кращій координації робіт, оптимізації логістики та підвищенню загальної ефективності використання техніки.

Крім того, потужність John Deere 9RX може бути ефективно використана для роботи з широкозахватними агрегатами нового покоління, що дозволяє значно підвищити продуктивність виконання польових робіт за один прохід. [3] Це особливо важливо в умовах обмежених часових вікон для виконання агротехнічних заходів. Важливим аспектом є також навчання та кваліфікація операторів. Ефективне використання всіх можливостей трактора 9RX вимагає від оператора глибоких знань про його технічні характеристики, принципи роботи інтегрованих систем та методи оптимізації налаштувань під конкретні умови та завдання.

Висновки. Сучасний підхід до використання потужності тракторів John Deere 9RX виходить далеко за межі простого виконання тягових робіт. Він включає інтеграцію передових технологій точного землеробства, активне використання даних моніторингу та аналізу, оптимізацію роботи з широкозахватними агрегатами та підвищення кваліфікації операторів. Ефективне застосування цих підходів дозволяє максимально реалізувати потенціал тракторів серії 9RX, значно підвищити продуктивність сільськогосподарських операцій, знизити витрати та сприяти сталому розвитку аграрного виробництва. Впровадження сучасних методів використання потужності John Deere 9RX є важливим кроком на шляху до підвищення конкурентоздатності та рентабельності сільськогосподарських підприємств в умовах глобальних викликів.

Список використаних джерел

1. Технічна документація трактора https://www. deere. ua
2. Системи навігації та автоматизації https://www. deere. ua
3. Ствття "найпотужніший у світі серійний трактор" https:// traktorist. ua

С. М. Герук, канд., техн.,наук, доц., ст. наук. співр. Т. Б. Веремій, магістр
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ВОДНЕВОГО ДВИГУНА

Водень як паливо для двигунів розглядається в числі найбільш перспективних речовин. Запаси водню на Землі практично невичерпні, тому що його легко виділити зі звичайної води. Зберігання та транспортування цього газу хоч і пов'язані з певними складнощами, але здійсненні. І, що найважливіше, при рівних масах, при спалюванні водню виділяється в 3 рази більше енергії, ніж при спалюванні бензину. Головна перевага воднених двигунів – їх екологічність і відсутність викидів в атмосферу. Крім того, їх ККД навіть вище, ніж у двигуна внутрішнього згоряння. При цьому працює водневий двигун безшумно. З недоліків – висока вартість і брак інфраструктури на даному етапі розвитку технології.

Відповідно до фундаментальних фізичних законів, немає способу отримувати хімічну енергію з води. У води негативна ентальпія утворення отже, для поділу її на елементи потрібно витратити енергію. Немає сполук кисню і водню з більшою негативною ентальпією утворення, за рахунок якої міг би бути отриманий надлишок енергії.

Більшість з пропонованих конструкцій "водяних автомобілів" засновані на тій чи іншій формі електролітичного поділу води на водень та кисень та подальшої їхньої рекомбінації з виділенням енергії. Однак, оскільки необхідна для електролізу енергія, в кінцевому рахунку, завжди виявляється більшою, ніж може дати водень, що утворився, така схема не може бути використана для отримання надлишкової енергії. Подібний пристрій суперечить першому началу термодинаміки, отже відноситься до вічних двигунів першого роду.

Замість бензину паливний бак такого автомобіля заправляють стиснутим воднем. У паливному елементі є спеціальна мембрана, що розділяє анод і катод. В камеру з анодом надходить водень, а в камеру з катодом – кисень. В процесі водень виділяє негативно заряджені електрони, а кисень – позитивно заряджені протони. Всі вони притягуються до вкритої каталізатором мембрани, і в

процесі реакції утворюється пара та струм. В цілому, водневий автомобіль можна назвати електрокаром. Відрізняється лише принцип роботи акумулятора. Це дозволило істотно збільшити його місткість – в десятки разів порівняно з літій-іонним. І прискорити темпи зарядки – декількох хвилин досить для того, щоб подолати 500 км.

Водень вперше був досліджений в 1766 році Генрі Кавендішем. У 1787 році Антуан Лавуазьє включив цей газ в список хімічних елементів і назвав hydrog?ne – народжує воду. Ідею побудувати водневий двигун з'явилася ще в 1806 році. Її запропонував Франсуа Ісаак де Ріваз, який отримував водень із води методом електролізу. Водневі двигуни внутрішнього згоряння з'явилися в той же період, коли велися розробки і вдосконалювався принцип ДВЗ. Французький інженер і винахідник сконструював свій варіант двигуна внутрішнього згоряння. Паливо, яке він застосовував у своїй розробці – водень, який одержували в результаті електролізу H2O.

У вересні 1935 р. Чарльз Гаррет (Charles H. Garrett), як повідомляла Dallas Morning News, нібито продемонстрував "протягом кількох хвилин" роботу "водяного автомобіля". Як можна побачити з патенту Гаррета, оформленого того ж року, для генерації водню застосовувався електроліз. Патент включає креслення, що зображує карбюратор, схожий на звичайний поплавцевий, але у нижній частині розміщувалися електроди, а поплавець служив для підтримки рівня води. У патенті Гаррета немає визначення нового джерела енергії.

Деніел Дінгел, філіппінський винахідник, з 1969 р. заявляв, що розробив технологію, що дозволяє використовувати воду як паливо. 2000 р. Дінгел став бізнес-партнером компанії Formosa Plastics Group для подальшого розвитку технології. У 2008 році компанія подала на винахідника позов за шахрайство, і 80-річного Дінгела було засуджено до 20 років в'язниці.

У 2002 році фірма Hydrogen Technology Applications запатентувала конструкцію електролізера і зробила своєю торговою маркою термін "Аквіген" ("Aquygen"), що поставляє газову суміш водню та кисню, яку виробляє цей пристрій.

В даний час компанія більше не стверджує, що може забезпечити роботу автомобіля лише за рахунок води.

У червні 2008 р. японська компанія Genepax представила автомобіль, який, за їхніми заявами, їздить лише на воді та повітрі. Машина, продемонстрована пресі в 2008 р., виявилася електромобілем REVA, що виробляється в Індії і продається у Великій Британії під назвою G-Wiz. На початку 2009 р. компанія Genepax оголосила про закриття сайту, посилаючись на великі витрати на розробку.

Також у 2008 р. новинні джерела Шрі-Ланки повідомили про якогось Тушара Приямал Едірізінг (Thushara Priyamal Edirisinghe), який заявляв, що проїхав близько 300 км на "водяному автомобілі", витративши 3 літри води.

Через кілька місяців Тушара був заарештований за звинуваченням у шахрайстві[4].

Подібні неприємності були у Др. Гулам Сарвар (2011), Ага Вакар Ахмад (2012) так і багатьох інших. Однак конструкції водневих двигунів розвивалися та удосконалювалися.

Коли 60-70 гг. по світу поширилася паливна криза, у Радянському Союзі знову повернулися до вивчення водню як джерело енергії. Тоді були представлені прототип мікроавтобуса РАФ 22031 та експериментальний варіант літака Ту-155, що працюють на водні.

У 1966 році Роджер Біллінгс переобладнав Ford Model A для роботи на водні в рамках проекту наукового ярмарку. У тому ж році компанія General Motors представила Electrovan – перший в історії автомобіль на водневих паливних елементах. Рідкий водень та кисень у двох масивних резервуарах збільшив вагу автомобіля до 3,1 тонни. Незважаючи на свою вагу, він виробляв достатньо енергії, щоб фургон міг проїхати близько 190-240 км і навіть розігнатися до 112 км/год. На перший погляд, це був приголомшливий успіх, але через непомірну вартість проекту та відсутність водневої інфраструктури GM вирішила відмовитися від нього.

У 1970-х роках. з'явилося ще більше автомобілів із водневим двигуном. Наприклад, Роджер Біллінгс створив Brigham Young Superbeetle і заявив, що викидає в атмосферу більше повітря, ніж всмоктує. Кілька років по тому він використав свій досвід для створення Cadillac Seville з водневим двигуном.

В 1979 году BMW выпустила модель 520h, яка могла працювати на рідкому водні або бензині, і оснащалась 3,5-литровым двигуном з прямим вприском. В 1984 году Mercedes випустив 280 TE Wagon и TN 310 Van, які могли працювати на стиснутому водні и видавали більше 100 к. с.

Японії випустила 10 прототипів водневих двигунів за 23 роки з 1974 до 1997 року. Це були перші водневі автомобілі в країні, і всі вони рухалися за рахунок згоряння водню. Наприкінці 90-х років. свої розробки представили Toyota, Mazda, Opel та Renault.

Найновіші автомобілі з водневими двигунами.

Повальне захоплення прототипами тривало і в 2000-х роках, але акцент змістився з водневого згоряння до водневих паливних елементів. Це сталося завдяки проривам у галузі електромоторів, дизайну батарей та пакування водню.

Плоди цих конструкторських досягнень призвели до того, що у 2002 році були представлені Toyota FCHV та Honda FCX, що працюють на паливних елементах. Автомобілі можна було орендувати для приватних потреб. Це стало першим випадком,

коли комерційне авто на водневих паливних елементах пройшло державні сертифікації.

Протягом наступного десятиліття Toyota, Honda та Hyundai намагалися перевершити один одного. Honda стала першою з FCX Clarity у 2008 році, заявивши, що це перший у світі автомобіль на водневих паливних елементах, створений з нуля для масового виробництва. У 2013 році Hyundai випустила Tucson FCEV і заявила те саме, хоча вони так і не стали масовими.

2014 року Toyota представила Mirai і заявила, що це перший у світі серійний автомобіль на паливних елементах. Він все ще випускається та продається. Потужність автомобіля складає 182 к. с., вона передається на задні колеса за допомогою електродвигуна. Запас ходу феноменальний – 647 км для моделі у топовій комплектації. Крім того, автомобіль оснащений безліччю сучасних технологій.

У 2022 році Toyota представила концепт Corolla Cross Hydrogen – кросовер із водневим двигуном, в основі якого лежить новий тип ДВЗ. Пізніше автовиробник показав прототип електричного Hilux на водневих паливних елементах із прогнозованим запасом ходу 600 км. У листопаді 2023 року Toyota випустила модель Crown із водневим двигуном та запасом ходу 820 км.

У Європі планується побудувати завод Hydrogen Factory Europe, який вироблятиме системи на водневих паливних елементах. Міжнародний консорціум Hydrogen Council об'єднує Alstom, Daimler, BMW, Toyota та Air Liquide. Асоціація вже інвестувала 5 млрд. доларів у впровадження водневих рішень в автомобільну промисловість.

BMW зараз проводить випробування позашляховика iX5 на водневих паливних елементах у найсуворіших кліматичних умовах на планеті.

У Японії Toyota з великим успіхом бере участь у гонках GR Corolla на водневому паливі в серії Super Taikyu Series і за кілька років продуктивність автомобіля значно покращилася.

Компанії Pininfarina та AVL анонсували проекти водневих двигунів внутрішнього згоряння з разючими показниками потужності.

Проект, реалізований міською радою Абердіна та компанією First Bus, є частиною зобов'язання ради перетворення міста на місто з нульовим рівнем викидів.

Пасажири маршруту First № 19 з Пітеркалтера до Тілідрону з сьогоднішнього дня зможуть їздити на нових сучасних автобусах з нульовим рівнем викидів, хоча вони будуть використовуватись і на інших маршрутах.

Воднева технологія зараз знаходиться на тому рівні, де електромобілі були трохи більше 10 років тому. Щоб вона стала життєздатною та масовою, знадобиться політичне фінансування та більша кількість автомобілів, щоб побачити, як розвивається інновація.

Список використаних джерел

1. https://ukr-prokat. com/blog/vodnevi-avtomobili-osnovna-informatsiya. html

2. https://habr. com/ru/companies/onlinepatent/articles/686146/

3. https://quto. ru/journal/articles/istoriya-vodorodnykh-dvigatelei. htm

4. https://intercars. com. ua/uk/news/vodnevij-dvigun-perspektivna-alxternativa-dizelxnim-silovim-agregatam/

5. Aminudin, M. A.; Kamarudin, S. K.; Lim, B. H.; Majilan, E. H.; Masdar, M. S.; Shaari, N. (5 лютого 2023). An overview: Current progress on hydrogen fuel cell vehicles. International Journal of Hydrogen

6. Energy. Т. 48, № 11. с. 4371-4388. doi:10. 1016/j. ijhydene. 2022. 10. 156. ISSN 0360-3199. Процитовано 23 листопада 2023.

7. Rosa, Lorenzo; Mazzotti, Marco (1 квітня 2022). Potential for hydrogen production from sustainable biomass with carbon capture and storage. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Т. 157. с. 112123. doi:10. 1016/j. rser. 2022. 112123. ISSN 1364-0321. Процитовано 3 грудня 2023.

М. В. Голотюк, О. О. Налобіна

Національний університет водного господарства та природокористування
м. Рівне, Україна

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГУСЕНИЧНОГО РУШІЯ ДЛЯ ТРАКТОРІВ ПІДВИЩЕНОЇ ПРОХІДНОСТІ

У сучасних умовах ведення сільськогосподарського виробництва питання підвищення ефективності використання техніки стає все більш актуальним. Одним із ключових напрямів удосконалення тракторної техніки є підвищення її прохідності в складних ґрунтово-кліматичних умовах, зокрема за умов надмірного зволоження ґрунту, пухкої структури ґрунтового покриву або роботи на схилах. В таких умовах традиційні колісні трактори втрачають ефективність, що зумовлює потребу у використанні гусеничних рушіїв. Однак класичні конструкції гусеничних рушіїв не завжди задовольняють сучасні вимоги до мобільності, стабільності, екологічності та ресурсу роботи. Це обумовлює необхідність розробки та впровадження вдосконалених конструкцій гусеничних рушіїв, орієнтованих на трактори підвищеної прохідності.

Основним завданням вдосконалення конструкції гусеничного рушія є зниження питомого тиску на ґрунт, підвищення тягово-зчіпних влас-

тивостей, зменшення опору коченню та підвищення стійкості техніки під час роботи на схилах. Одним із напрямів вирішення цих завдань є використання гумотросових гусениць із змінною жорсткістю, які здатні адаптуватися до різних типів поверхні. Такі гусениці забезпечують одночасно хорошу амортизацію, менше ушкодження ґрунту та вищу довговічність порівняно з класичними металевими варіантами [1, 2, 3].

Конструкційні зміни також торкаються ходової частини – зокрема, впровадження балансирної підвіски або незалежних модулів дозволяє рівномірніше розподіляти навантаження по всій площі опори, що особливо важливо при русі по нерівній або в'язкій поверхні. Така модернізація покращує контакт гусениці з ґрунтом, зменшує буксування та сприяє ефективнішому використанню потужності двигуна. Дослідження показали, що впровадження таких змін дозволяє підвищити коефіцієнт зчеплення на 15-20 % у порівнянні зі стандартними рішеннями.

Важливим аспектом удосконалення є і зниження енергоспоживання. Конструктивні елементи, що впливають на тертя між гусеничним рушієм і опорною поверхнею, повинні бути оптимізовані для зменшення витрат енергії. Це досягається за рахунок використання високоякісних матеріалів з низьким коефіцієнтом тертя, а також завдяки впровадженню нових систем змащення та ущільнення в зоні контакту з опорними котками і направляючими елементами. Комплексне моделювання гусеничного рушія з використанням CAD/CAM систем дозволяє прорахувати оптимальні геометричні параметри деталей, забезпечивши мінімальний знос і високу ремонтопридатність.

Окрему увагу слід приділити інтеграції інтелектуальних систем моніторингу стану рушія. Сучасні трактори можуть бути обладнані датчиками навантаження, температури та зносу, які в режимі реального часу інформують оператора про стан ключових елементів гусеничного рушія. Це дозволяє вчасно проводити технічне обслуговування, уникати аварійних ситуацій та збільшити ресурс експлуатації.

Удосконалення конструкції гусеничного рушія передбачає також зменшення загальної маси агрегата без втрати міцності. Це можливо за рахунок застосування сучасних композитних матеріалів, які поєднують легкість і високу механічну міцність. Наприклад, використання армованих полімерів або алюмінієвих сплавів дозволяє суттєво знизити масу ходових елементів при збереженні їхньої надійності та довговічності. Лабораторні випробування демонструють, що легкі гусеничні блоки можуть забезпечити підвищення паливної економічності на 8-12 % завдяки зниженню опору руху.

У контексті зміни кліматичних умов та необхідності адаптації агротехніки до екстремальних режимів роботи вдосконалені гусеничні рушії набувають особливої актуальності. Наприклад, у регіонах з надмірною вологістю ґрунтів або при міжсезонній обробці полів, де колісна техніка не здатна виконувати повний обсяг завдань, гусеничні трактори з модернізованими рушіями показують значно вищу продуктивність. Удосконалення конструкції дозволяє підвищити універсальність техніки, зменшити витрати на ремонт та техобслуговування, а також поліпшити умови праці оператора.

Таким чином, вдосконалення конструкції гусеничного рушія для тракторів підвищеної прохідності є важливим напрямом у розвитку сучасного аграрного машинобудування. Це дозволяє ефективніше використовувати техніку в складних умовах, підвищує її надійність і продуктивність, а також сприяє збереженню родючості ґрунтів. Подальші дослідження в цій галузі мають бути спрямовані на комплексну інтеграцію механічних, матеріалознавчих та електронних рішень для створення оптимальних систем приводу та ходових механізмів.

Список використаних джерел

1. Ільченко, О. А. Надійність і ефективність гусеничних рушіїв / О. А. Ільченко, М. П. Романюк. – Харків: ХНАУ, 2021. – 198 с.

2. Голотюк М. В. Аналіз деформацій гумової гусениці з різним матеріалом корду / Голотюк М. В., Шимко А. В. // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк, 2022. – Вип. 48. – С. 39-45.

3. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. М. Барановський та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. – 2-ге вид., перероб. та допов. – Київ: Науково-методичний центр ВФПО, 2019. – 508 с.

С. М. Лещенко, В. М. Сало
Центральноукраїнський національний технічний університет м. Кропивницький, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧІВ В СИСТЕМІ ҐРУНТОЗБЕРЕЖЕННЯ

Інтенсивне використання орних угідь в Україні, порушення сівозмін, підвищений рівень хімізації агровиробництва, важка та надто енергоємна техніка та ін. фактори призвели до масової деградації ґрунтів, що супроводжується підвищеним ущільненням, загостренням проявів різних видів ерозій та зниженням вмісту гумусу, а отже і загальної втрати природньої родючості. Безполицевий обробіток ґрунту набуває все більшої популярності в нашій державі завдяки його здатності зберігати структуру ґрунту, підвищувати родючість та зменшувати енергетичні витрати. Глибокорозпушувачі є ключовими знаряддями в цій технології, оскільки вони забезпечують розпушення ґрунту на значну глибину без обертання скиби до того ж ці знаряддя дозволяють ефективно руйнувати ущільнену плужну підошву, покращувати аерацію та водопроникність, що сприяє відновленню природної структури ґрунту, покращенню водно-повітряного режиму та збереженню вологи і дозволяє створити сприятливі умови для розвитку рослин.

Робочі органи глибокорозпушувачів можна класифікувати за формою, геометрією та принципом дії. Серед робочих органів глибокорозпушувачів виробники та фермери розрізняють:

– основні робочі органи, які мають у більшості випадків вигляд лап із прямим чи криволінійним (найчастіше типу Параплау) стояком, що виконують функцію підрізання і розпушення необробленого ґрунту, руйнування ущільненої підорної підошви, та рихлення на глибину не менше 27…45 см.;

– додаткові конструктивні елементи, які переважно встановлюються на стояках чи на рамі агрегату, це можуть бути різні за конструкціями крила, зуби, дискові ножі або інші елементи конструкцій, які додаткового рихлять, розпушують чи зрушують ґрунт, забезпечують перерізання чи відведення від лез або стояків рослинних решток та ін. Метою встановлення додаткових елементів на глибокорозпушувачі є поліпшення якості розпушування, вирівнювання дна борозни, зниження енерговитрат, поліпшення підрізання кореневої системи рослин або ж подовження терміну експлуатації основних робочих органів глибокорозпушувачів;

– додаткові робочі органи, що як правило встановлюються після основних органів, які найчастіше виконують функцію опорних і у серійних агрегатах представлені спареними котками, секціями дисків тощо. Додаткові робочі органи додатково подрібнюють крупні брили на поверхні поля, забезпечують заробку і розподіл у горизонті, який обробляється добрив і рослинних решток, за необхідності забезпечують часткове ущільнення обробленого горизонту після обробітку.

Оцінка якості роботи глибокорозпушувачів у фермерських господарствах, огляд і аналіз переваг і недоліків найбільш поширених ґрунтообробних агрегатів були задачею даного дослідження. У дослідженні використано оглядовий метод аналізу літературних джерел, а також польові експерименти, проведені на базі фермерських господарств Кіровоградської, Полтавської, Черкаської та Вінницької областей. Порівняльну оцінку здійснено за показниками щільності ґрунту, глибини розпушення, вологості, енерговитрат та врожайності.

Вибір моделі і виробника ґлибокорозпушувача залежить від агротехнічних вимог та характеристик ґрунту, що потрібно обробляти, хоча з практичної точки зору досить часто цей вибір обмежено і фінансовою можливістю господарств, адже більшість закордонних агрегатів є дорогими та й можуть агрегатуватися лише із певними енергетичними засобами. Сьогодні на полях України поширеними і конкурентами між собою є агрегати Lemken Karat 9, John Deere 915 V-Ripper, Bednar Terraland TN, Gaspardo Artiglio та аналогічні конструкції. Їх зведена характеристика наведена в *таблиці 1*.

Lemken Karat 9 пропонує широку варіативність ширини захвату та кількості робочих органів в агрегаті, що дозволяє адаптувати глибокорозпушувач до різних ґрунтово-кліматичних умов роботи. Система швидкої заміни лап та гідравлічне регулювання глибини спрощують налаштування та експлуатацію. Центральне розташування шасі підвищує маневреність агрегату в полі.

John Deere 915 V-Ripper відзначається V-подібним розташуванням стояків, що зменшує забивання робочих органів рослинними рештками та впливає на зниження тягового опору агрегату. Інтегральний механізм навішування забезпечує хорошу маневреність, а наявність різних систем захисту від перевантажень підвищує надійність роботи і забезпечує ефективну роботу на кам'янистих ґрунтах і ґрунтах із великою кількістю різних включень.

Глибокорозпушувач Bednar Terraland TN призначений для глибокого обробітку ґрунту на глибину до 65 см. Модель доступна з шириною захвату 3 та 4 м і може бути оснащена 5, 7 або 9

стояками. Особливістю цього ґрунтообробного агрегату є можливість використання активних (Active-Mix) або пасивних (Zero-Mix) стояків залежно від потреб обробітку. Машина має модульну конструкцію, що дозволяє змінювати конфігурацію для різних операцій, а також може оснащуватися системою внесення добрив для покращення родючості ґрунту.

Глибокорозпушувач Gaspardo Artiglio призначений для обробітку ґрунту на глибину до 55 см. Має ширину захвату від 2,5 м до 4 м та оснащується 5, 7 або 9 стояками. Конструкція включає раму високої міцності та пружинний механізм захисту стояків від перевантажень. Можливе встановлення різних типів котків для оптимального вирівнювання та ущільнення ґрунту після обробітку. Агрегат сумісний з тракторами потужністю від 130 до 300 к. с.

Аналітичні висновки.

Щільність ґрунту. Усі агрегати демонструють зниження щільності ґрунту після обробітку, що створює сприятливі умови для розвитку кореневої системи рослин. Найкращий результат показали Bednar Terraland TN та John Deere 915, які досягають щільності ґрунту після обробки на рівні 1,18-1,28 г/см^3.

Глибина розпушення. Bednar Terraland TN має перевагу за максимальною глибиною розпушення (до 65 см), що важливо при боротьбі з глибоким ущільненням (наприклад, на чорноземах чи після роботи в полі важкої техніки).

Вологість ґрунту. Усі моделі ефективно працюють в умовах вологості ґрунту 17-23%, що характерно для осінньо-весняного періоду в зоні Степу та Лісостепу України.

Енерговитрати. Найменші витрати пального фіксуються при використанні Gaspardo Artiglio завдяки меншій вазі та конструктивним особливостям рами. Водночас, John Deere 915 є найенергоємнішим агрегатом.

Врожайність. Використання глибокорозпушувачів призводить до підвищення врожайності зернових на 10-18%. Найвищий приріст врожаю зафіксовано при використанні Bednar, що пов'язано з ефективним розпушенням, збереженням вологи та можливістю одночасного внесення добрив.

Економічна ефективність. За співвідношенням "якість – витрати" лідирує Gaspardo Artiglio:

Таблиця 1

Характеристика та результати використання глибокорозпушувачів

Параметр чи показник	Lemken Karat 9	John Deere 915 V-Ripper	Bednar Terraland TN	Gaspardo Artiglio
Ширина захвату	від 3 м до 7 м	від 2,5 м до 6,9 м	3 м; 4 м	від 2,5 м до 4 м
Глибина обробітку	5 см до 30 см	до 58,4 см	до 65 см	до 55 см
Кількість робочих органів	11 до 25	5 до 13	5 до 9	5 до 9
Потужність трактора	105 – 490 к. с.	впливає кількість лап	150 – 350 к. с.	130 – 300 к. с.
Вага агрегату	894 кг до 5667 кг	залежно від конфігурації	2300 кг до 3800 кг	1200 кг до 2500 кг
Особливості конструкції	Система швидкої заміни лап, гідравлічне регулювання глибини, центральне шасі	V-подібне розташування стояків, інтегральне зчеплення, опціональні передплужники	Активні та пасивні стояки, модульна конструкція, можливість внесення добрив	Рама високої міцності, пружинний захист стояків, можливість встановлення котків
Система захисту від перевантажень	Зрізний болт або автоматичний захист	Зрізний болт, пружинний або гідравлічний захист	Механічний зрізний болт або гідравлічний захист	Пружинний механізм захисту стояків
Щільність ґрунту до обробітку, г/см^3	1,45-1,55	1,42-1,52	1,47-1,58	1,43-1,54
Щільність ґрунту після обробітку, г/см^3	1,25-1,30	1,20-1,28	1,18-1,27	1,22-1,30
Глибина ефективного розпушення, см	до 30	до 50	до 65	до 55
Вологість ґрунту, %	17-21	18-22	19-23	18-22
Енерговитрати, л/га	17-22	20-26	18-24	16-21
Врожайність пшениці після обробітку, ц/га	48-52	50-54	54-60	52-56

хороша глибина, низькі енерговитрати, стабільний агрономічний ефект.

Отже, глибокорозпушувачі є важливим елементом системи ґрунтозбереження, особливо в умовах кліматичних змін та виснаження ґрунтів. Їх ефективне використання потребує врахування типу ґрунту, структури сівозміни та потужності наявної техніки. Застосування сучасних моделей дозволяє поєднати глибокий обробіток з економією ресурсів та агроекологічною безпекою.

Список використаних джерел

1. Lemken [Електронний ресурс]: офіційний сайт. Режим доступу: http://lemken. com. ua/ua/glibokorozrihljuvachi.
2. John Deere [Електронний ресурс]: офіційний сайт. Режим доступу: https://www. deere. ua/uk/обробіток-грунту/.
3. Bednar [Електронний ресурс]: офіційний сайт. Режим доступу: https://www. bednar. com/uk/terraland-tn/
4. Gaspardo [Електронний ресурс]: офіційний сайт. Режим доступу: https://www. maschiogaspardo. com/uk/web/ukraine/Грунтообробка.

Довбиш А. П., викладач кафедри "Автомобільний транспорт", к. т. н.,
Ємець Б. В., викладач кафедри "Автомобільний транспорт", к. т. н.,
Мельничук С. В., завідувач кафедри "Автомобільний транспорт", к. т. н., доцент,
Рябчук О. П., завідувач кафедри загально-технічних дисциплін, к. с. г. н,
Шмалюк М. І., викладач циклової комісії "Агроінженерія"
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТРУБЧАСТОГО СКРЕБКОВОГО ЛАНЦЮГОВОГО КОНВЕЄРА ПРИ ЗАВАНТАЖУВАННІ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЮ ПРОДУКЦІЄЮ

При завантажуванні автомобільного вантажного транспорту різноманітною сипучою продукцією використовують різноманітні машини і засоби, техніко-економічна ефективність використання яких суттєво відрізняється. Для зменшення травмування насамперед насіннєвого матеріалу пропонується використовувати трубчасті ланцюгові конвеєри, які для збільшення їхньої ефективності використання можуть одночасно з навантаженням автотранспорту поєднувати процес сепарації насіннєвого вороху.

На даний час проектування та розрахунок транспортно-технологічних механізмів проводиться за типовими схемами без врахування особливостей та специфіки виробництва, зокрема сільськогосподарського.

При розрахунку конструкцій конвеєрів слід враховувати, що їх собівартість залежатиме від типу виробництва, вартості купівлі чи виготовлення окремих конструктивних елементів, (приводів, редукторів, запобіжних чи пружних муфт, передач, робочих органів, жолобів, елементів керування, розвантаження, з'єднувальних та опорно-поворотних тощо), а також вартості складання самих конвеєрів.

Визначення собівартості будь-якого конвеєра можна здійснювати за формулою:

$$C_в = k_{тр-з} \cdot \sum_{n=1}^{m} B_n + \sum_{r=1}^{i} C_r + \sum_{y=1}^{0} C_y + k_{допл} + k_{дод} \cdot k_{нар} \cdot c_з \cdot T_h \quad (1)$$

де:

$k_{тр-з}$ – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати, $k_{тр-з}$ = 1,05…1,15;

B_n – вартість стандартних конструктивних елементів, що закуповуються (електродвигунів, редукторів, елементів керування тощо), грн.;

C_r – собівартість типових конструктивних елементів (КЕ), що виготовляються із сортового металопрокату (жолобів, елементів розвантаження, з'єднувальних та опорно-поворотних елементів тощо), грн.;

C_y – собівартість оригінальних КЕ (робочих органів, спеціальних муфт тощо), грн.;

m, t, o – відповідно кількість стандартних, типових і оригінальних КЕ, шт.;

$k_{допл}$ – коефіцієнт доплат, $k_{допл}$ = 1,25…1,3;

$k_{дод}$ – коефіцієнт додаткової заробітної плати основних робітників, $k_{дод}$ = 1,03…1,1;

$k_{нар}$ – коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальне страхування, $k_{нар}$ = 1,38…1,39, $c_з$ – середньозважена погодинна тарифна ставка основних робітників, які зайняті складанням конвеєра, грн.;

T_h – трудомісткість складання і налагодження конвеєра, нормогод.

Стандартні конструктивних елементів закуповуються на ринку чи напряму в заводів-виготовлювачів (електродвигуни, редуктори, елементи керування, силові кабелі тощо). Розрахунок виробничої собівартості типових конструктивних елементів напряму пов'язаний із матеріальними витратами на їх виготовлення й укрупнено визначається за формулою:

$$C_г = k_{сер} \cdot k_{вв} \cdot k_{тр-з} \cdot m_м \cdot Ц_м - m_в \cdot Ц_в \quad (2)$$

де:

$k_{сер}$ – коефіцієнт серійності, що враховує обсяги виготовлення КЕ, для одиничного виробництва: $k_{сер\ од}$ = 1,25…1,5, для серійного виробництва: $k_{сер\ с}$ = 1,01…1,25, для масового виробництва: $k_{сер\ м}$ = 1;

$k_{вв}$ – коефіцієнт, що враховує відношення витрат при виготовленні КЕ: виробнича собівартість / витрати на матеріали, $k_{вв}$=1,35…2;

$m_м$ – маса сортового металопрокату, який використовується для виготовлення КЕ, кг;

$Ц_м$ – усереднена ціна сортового металопрокату, грн.;

$m_в$ – маса відходів з металопрокату, кг;

$Ц_в$ – усереднена ціна відходів з металопрокату, грн.

Часткові рішення при визначенні собівартості окремих видів конвеєрів є наступними (у приведених формулах вартість запобіжних чи пружних муфт є стандартними, але слід враховувати, що вони можуть бути також і типовими чи оригінальними конструктивних елементів): визначення собівартості трубчастого скребкового конвеєра (ТСК) можна проводити за формулою:

$$C_{ТСК} = k_{тр-з} \cdot (B_{пТТС1} + B_{пТТС2} + B_{пТТС3} + B_{пТТС4}) + C_{рТТС5} + C_{рТТС6} + C_{рТТС7} + i_{ТСК} + C_{УТСК8} + C_{УТСК9} + k_{допл} \cdot k_{доб} \cdot k_{нар} \cdot c_з \cdot T_h \quad (3)$$

де:

$B_{пТСК1}$ – вартість приводу (електродвигуна), грн.;

$B_{пТСК2}$ – вартість редуктора, грн.;

$B_{пТСК3}$ – вартість запобіжної (пружної) муфти, грн.;

$B_{пТСК4}$ – вартість елементів керування, грн.;

$C_{рТСК5}$ – собівартість жолоба, грн.;

$C_{рТСК6}$ – собівартість елементів розвантаження, грн.;

$C_{рТСК7}$ – собівартість з'єднувальних та опорно-поворотних елементів, грн.;

$i_{ТСК}$ – кількість передач (спеціальних зірочок з кріпленням), шт.;

$C_{УТСК8}$ – собівартість передач, грн.;

$C_{УТСК9}$ – собівартість робочого органу ТСК, грн.

Для прикладу розглянемо насіннєвий зерновий матеріал. При використанні пневматичних та гнучких гвинтових конвеєрів для перевантаження насіння його пошкодження відбувається в межах 1,4…5%. Найменше травмування насіннєвого матеріалу відбувається при його перевантаженні по криволінійних траєкторіях трубчастими скребковими конвеєрами – 0,57…0,7%. При розрахунках ми нехтуємо подальшими втратами, які будуть викликані недоотриманням врожаю, що пов'язано з внесенням в ґрунт пошкодженого насіння. Результати укрупнених розрахунків втрат насіння при транспортуванні, які пов'язані з травмуванням, з врахуванням їх усередненої ціни.

Запропоноване техніко-економічне обґрунтування нових конструкцій скребкових конвеєрів на основі їх порівняльної оцінки з типовими представниками машин, які здійснюють однотипні операції та запропоновано розроблену методику їх інженерного проектування.

Висновки.

• На основі проведених досліджень встановлено, що трубчасті скребкові конвеєри, в порівнянні з іншими конвеєрами забезпечують зменшення коефіцієнту травмування зерна у 1,5…2 рази, при цьому на процес травмування найбільше впливає перевищення швидкості руху конвеєра.

• Встановлено, що використання сепаруючого бункера дозоляє до відсіювати 70-90% домішок, що запобігає засмічуванню трубопровода дрібнодисперсними відходами на криволінійних траєкторіях та понижує на 10– 20% енергоємність процесу транспортування.

• Використання трубчастих скребкових конвеєрів спрямоване підвищити ефективність та продуктивність завнтажувальних робіт на автотранспорті при перевезенні багатьох сільськогосподарських та інших насипних вантажів.

Список використаних джерел

1. Фришев С. Г. Загальний курс транспорту: навч. Посібник. Ніжин: Вид-во "Аспект-поліграф", 2007. 162 с.

2. Вергун М. Г. Транспортний процес в АПК: навч. Посібник. Житомир: Вид-во "Житомирський нац. агроекол. ун-т", 2009. 192 с.

3. Довбиш А. П. Обґрунтування параметрів трубчастого конвеєра із сепаруючим бункером: кандидатська дисертація. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2020. 195 с.

4. О. Л. Ляшук та ін. Створення та модернізація транспортно-технологічних механізмів машин і обладнання: монографія. Тернопіль: ФОП ПАЛЯНИЦЯ В. А., 2019. 167 с.

5. Рудзінський В. В., Маяк М. М., Мельничук С. В., Рябчук О. П., Рябчук П. О. Транспортні технології в АПК: проблеми і перспективи. – Матеріали XII науково-практичної конференції "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту". Вінниця, ВНТУ, 21-23 жовтня 2019 р. с. 148-150.

П. М. Ярошенко
Сумський національний аграрний університет

ВИБІР ТИПУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ

Вибір типу транспортних засобів на транспортуванні врожаю повинен здійснюватися з урахуванням природних та організаційно-господарських умов, відстані перевезень збіжжя, виду і кількості продукції, схеми перевезень і механізації транспорту, ефективності спільної роботи з різними збиральними машинами, які входять до комплексу техніки для збирально-транспортних робіт.

Ці фактори впливають на економічну ефективність транспортних засобів на перевезеннях врожаю.

До показників економічної ефективності відносяться продуктивність транспортних засобів, затрати праці на одиницю перевезеного вантажу або одиницю транспортної роботи, прямі експлуатаційні затрати на 1 т або на 1 т-км, а також питомі капіталовкладення і металоємність.

При роботі тракторного або автомобільного поїздів приведені елементи затрат враховують по всіх машинах, що входять до транспортного агрегату.

При виборі типів транспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції, перш за все враховують їх наявність в господарстві, а також умови роботи.

На коротких відстанях продуктивність тракторних поїздів, як правило, вища ніж автомобілів. На великих відстанях перевезень виробіток автомобілів зазвичай вищий, ніж тракторів з причепами.

Доцільний радіус використання тракторних транспортних агрегатів можна визначити, якщо прийняти, що продуктивність тракторного поїзда і вантажного автомобіля рівні між собою і вирішити цю рівність відносно відстані перевезень по формулі [1]:

$$S_{\text{гр}} = \frac{q_{\text{т}} t_{\text{н–ра}} - q_{\text{а}} t_{\text{н–рт}}}{\frac{2q_{\text{а}}}{v_{\text{т}}} - \frac{2q_{\text{т}}}{v_{\text{а}}}},$$

де:

$S_{\text{гр}}$ – гранична відстань, на якій тракторний поїзд буде більш продуктивнішим від вантажного автомобіля, км;

$q_{\text{т}}$, $q_{\text{а}}$ – фактична вантажопідйомність тракторного причепа і вантажного автомобіля, т;

$t_{\text{н-ра}}$, $t_{\text{н-рт}}$ – тривалість простою під навантаженням і розвантаженням відповідно вантажного автомобіля і тракторного поїзда, год;

$v_{\text{а}}$, $v_{\text{т}}$ – середньотехнічна швидкість руху відповідно вантажного автомобіля і тракторного потяга, км/год.

Величина цієї граничної відстані, як видно із формули, залежить від співвідношення вантажопідйомності, швидкості руху і тривалості простою під навантаженням і розвантаженням вантажного автомобіля і тракторного поїзда. Ефективність тракторного транспортного агрегату збільшується при агрегатуванні з причепами більшої вантажо-підйомності, при поганих дорожніх умовах, коли швидкість руху вантажного автомобіля різко знижується, а також із самоскидними причепами, які забезпечують мінімальні простої транспорту під час розвантаження.

Бувають випадки коли на відвезенні зерна використовують так звані оборотні тракторні причепи. Їх попередньо розставляють на полі в намічених місцях розвантаження комбайнів, і тоді трактор в очікуванні розвантаження не простоює, а транспортує на тік інші наповнені причепи. На току навантажений причеп залишають для розвантаження, а порожній причеп доставляють на поле у визначене місце для подальшого навантаження. В таких умовах тривалість простою під навантаженням і розвантаженням може бути зведена до мінімуму, а тракторні поїзди будуть більш продуктивними, ніж вантажні автомобілі на значних відстанях.

Затрати праці при перевезеннях врожаю на невеликі відстані (5…8 км) тракторними поїздами із самоскидними причепами також менші ніж вантажними автомобілями.

Однак експлуатаційні витрати на одиницю виконаної роботи менші у автомобільного транспорту. Це пов'язано з тим, що оплата праці за виконану норму у механізаторів в 1,3…1,5 рази вища, ніж у водіїв, а амортизаційні відрахування по тракторному поїзду переважають відрахування по автомобілях на 40-70 % [2].

Разом з тим більш інтенсивне використання тракторів на транспортних роботах, в тому числі і на відвезенні врожаю, підвищує в цілому їх ефективність, річне завантаження у них підвищується і на протязі року розподіляється більш рівномірно.

Зазвичай парк колісних тракторів в господарствах визначається по періодах їх максимального завантаження. Такими періодами є міжрядний обробіток і заготівля сіна (тобто червень-липень). В період масового збирання врожаю колісні трактори в основному використовуються на перевезеннях продукції врожаю (зерно, солома), що є ефективним при наявності достатньої кількості тракторних причепів.

Доволі часто затрати на зміну роботи тракторів є дещо нижчими, ніж автомобілів. Якщо витрати

на зарплату, ремонт і технічне обслуговування приблизно однакові, то затрати на паливно-мастильні матеріали і на тракторну зміну менші, але тракторні роботи є більш дорожчими по амортизаційних відрахуваннях.

Під час роботи у важких умовах – по високій стерні, розбитим польовим і ґрунтовим дорогам та на малих відстанях – динамічні якості автомобілів повністю не можуть використовуватися. Продуктивність тракторів в таких умовах така ж, як і у автомобілів і, відповідно, їх доцільно використовувати в господарствах [3].

Досвід перевезень збіжжя в залежності від умов роботи показав, що найбільш ефективною є робота комбінована робота автомобільного і тракторного транспорту.

Диференційоване застосування рухомого складу ефективне в тому випадку, коли:

– продукти врожаю збирати в тихохідні, малоенергонасичені засоби (вільні причепи та напівпричепи, бункери-накопичувачі, колісні трактори з причепами);

– перевозити врожай на невеликі відстані тракторними поїздами або автомобілями-самоскидами малої вантажопідйомності;

– перевозити врожай на великі відстані (на токи або майданчики тимчасового зберігання, а з них на хлібоприймальні пункти) автомобільними потягами або автомобілями великої вантажопідйомності.

Список використаних джерел

1. Герелиця Р. О. Особливості транспортної логістики підприємств АПК / Р. О. Герелиця // Формування стратегії розвитку регіонального АПК: матеріали 4-ої міжфакультетської наук. -практ. конф. Молодих вчених, 30 травня 2008 р. – Житомир, 2008. – С. 187-189.

2. Спаський Г. В. Розвиток транспортної логістики на підприємствах сільського господарства західних регіонів України / Г. В. Спаський // Економіка АПК. 2018. № 11. – С. 65-74.

3. Ярошенко П. М., Арендаренко В. М. Використання тракторних причепів у логістиці сільськогосподарських підприємств / П. М. Ярошенко, В. М. Арендаренко // Вісник СНАУ. Серія "Механізація та автоматизація виробничих процесів". Вип. 3(57). 2024. – С. 86-91.

С. М. Хомич, Р. Ю. Площинський

Луцький національний технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОГО ТРУБОПРОВІДНОГО ТРАНСПОРТЕРА ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО САПРОПЕЛЮ

Природні корисні копалини такі, як сапропелі, вже понад п'ятдесятиліття є цікавими для дослідників і науковців. Огляд досліджень і наукових праць [1-5] чітко дає можливість стверджувати, що основний напрямок застосування сапропелю – це сільське господарство. Органічні сапропелі використовують, як харчові і лікувальні добавки для тварин так і добрива щоб підвищити родючість ґрунту [1].

Відомо, що органічні донні відклади, які цікавлять сільське господарство сформовані тисячоліттями у прісноводних озерах і розміщені у підводних родовищах. Тому щоб використати їх за призначенням, перш за все, їх потрібно добути з підводних родовищ та обробити [2]. До того ж ключовим є те, що не просто доставати до берегової лінії, а якісно виконати технологічний процес добування і транспортування щоб максимально наближено зберегти, природні характеристики і властивості, тобто стан в якому вони знаходиться у родовищі з не порушенням структури. Оскільки, лише в такому стані, дані корисні копалини піддаються обробці та утворюють сировину для виготовлення добрив з найменшими енергетичними витратами.

На сьогодні промислове добування сапропелів в Україні є вкрай рідкісним явищем, це пояснюється енергозатратними технологіями з екологічно небезпечними наслідками. Зустрічаються різні технології (способи) добування даних корисних копалин, переважно це: механізовна (грейферний, шнековий, землерийний); гідравлічна (всмоктуючі та вакуумні насоси, помпи), гідромеханізована (всмоктуючі забірні пристрої з розрихлюючими насадками) та комбінована (сукупність процесів з кількох способів), і транспортування (гідравлічне трубопровідне, баржове) [2, 3].

З огляду на застарілість машин та обладнання вищезазначених технологій, нами була запропонована економічна та екологічно безпечна – пневматична і пневмомеханізована технології добування і транспортуванням сапропелів, яка працює за рахунок формування двокомпонентного середовища повітря-сапропель [2]. Також, дана технологія, забезпечує вимоги до отриманих корисних копалин, які призначені для сільського господарства. Нові конструкції машин та засобів за пневматичної та пневмомеханзованої технології мають прості конструкції і їх можна використовувати і для очищення акваторії водного об'єкту, його рекультивації та відновлення.

Оскільки, ключові процеси для обґрунтування пневматичної технології добування органічного сапропелю з найпростішим засобом для добуван-

ня розміщені у [2], то процеси транспортування їх до берегової лінії є обґрунтовані недостатньо.

Синтез відомих машин аналогів дозволив запропонувати так званий, пневматичний трубопровідний транспортер для сапропелів (рис. 1). Його встановлюють на плавзасіб який виконує операцію добування сапропелевих корисних копалин.

Це стаціонарна та досить не поширена транспортуюча машина, що використовується в сільському господарстві, тому, повинна працювати лише за призначенням. Вона складається з бункера та поплавкових трубопроводів, які виготовлені з полімерного матеріалу. Головним вузлом та робочим органом такого засобу є струменевий насос, який працює за принципом ежекції і живитись від компресора. Його конструктивні та технологічні параметри будуть залежати від продуктивності системи підводного добування сапропелю та відстані транспортування покладів.

Система пневматичного транспортування сапропелю до берегової лінії побудована окремо від системи добування, тому має свій пульт керування та управління. Таким чином, свіжодобутий сапропель завантажуватиметься у приймальний бункер з якого самопливом чи за допомогою віброзбуджувача потраплятиме до струменевого насосу, а звідти трубопроводом переміщуватиметься до берега.

Незалежні одна від одної, системи добування і транспортування зумовлені кількісною витратою стиснутого повітря. Тому що кількість затраченого стиснутого повітря для добування покладів є досить великою та постійно збільшується з глибиною розробки. Також для усталеного поршневого робочого режиму добування копалин з природних родовищ, необхідно дотримуватись параметрів об'ємного газовмісту φ_n, які мають межі $0{,}2\ldots0{,}3 < \varphi n < 0{,}6\ldots0{,}8$ по всій довжині добувного засобу (глибині добування). Відповідно після піднімання покладів до надводної поверхні, повітря, необхідно відділити, оскільки воно стає відпрацьованим. Це пояснюється тим, що при переході сапропеле-повітряного потоку з піднімального у транспортуючий трубопровід, об'ємний газовміст буде змінювати свої значення, повітря буде розріджувати напір та зменшувати швидкість потоку, через що виникатиме загроза так званого процесу "захлинання" і унеможливлення продовження подальшого процесу транспортування. Тому, пневматичну систему необхідно розділити, на добувну (піднімальну) і транспортувальну.

У працях, присвячених обґрунтуванню технологій добування сапропелю для сільського господарства, в більшості описані процеси щодо отримання покладів з родовища до надводної поверхні. Переміщення до берега розглядається, як процес завантаження в баржу з наступним розвантаженням скрепером чи екскаватором на берег. Менша увага звертається на трубопровідне транспортування, а якщо його розглядають то трубопровідно транспортують пульпу сапропелю, що є недоцільним.

На заміну застарілих технологій слід розглядати альтернативне пневматичне добування і транспортування сапропелю з удосконаленим обладнання та робочими органами. Впроваджувати процеси у реальність можна після теоретичних розрахунків, експериментальних досліджень і випробувань. Такий підхід до добування і транспортування органічного сапропелю для добрив забезпечить, безперервне добування та подачу покладів до берегової лінії, значно знизить кількість матеріальних затрат в порівняні з аналогами, забезпечить якість добутої сировини та знизить енергозатрати.

Список використаних джерел

1. Шевчук М. Й. Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання Луцьк Надстир'я, 1996, С – 383.

2. Хомич С. М. Обґрунтування параметрів забірного пристрою засобу для добування сапропелю: дис.... к. т. н. 05. 05. 11/Хомич Сергій Миколайович. – Тернопіль, 2014. – 200 с.

3. Видобуток сапропелю – Земснаряди України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dredgers. com. ua/uk/dredger-cutter/ Назва з титул. екрана.

4. Булік Ю. В. Обґрунтування процесу і параметрів механізму для добування сапропелю: дис.... к. т. н. н.: 05. 05. 11 / Булік Юрій Володимирович. – Луцьк, 2005. – 135 с.

5. Шимчук О. П. Обґрунтування параметрів модуля для добування озерних сапропелів: автореф. О. П. Шимчук. – Тернопіль, 2009.

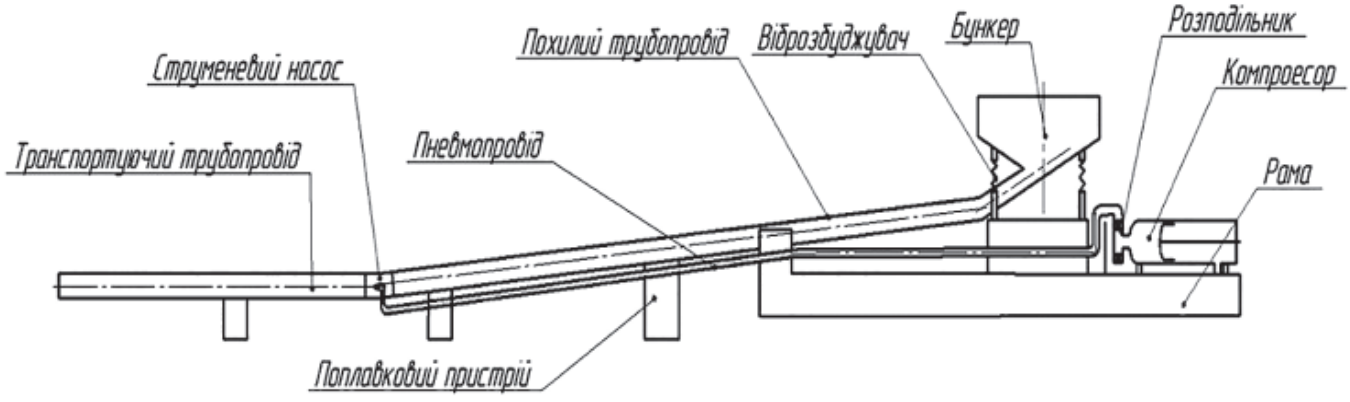


Рис. 1. **Схема пневматичного трубопровідного транспортера сапропелів**

О. О. Лавріщев
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ПРОБЛЕМАТИКА УТИЛІЗАЦІЇ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ, ЯКІ ВІДПРАЦЮВАЛИ СВІЙ ТЕРМІН ПРИДАТНОСТІ

Зростаюче використання сонячної енергетики в світі призводить до накопичення значної кількості відпрацьованих фотоелектричних модулів. За даними Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), глобальний обсяг відходів сонячних панелей може досягти 78 мільйонів тонн до 2050 року [1]. Типовий термін служби сонячних панелей становить 25-30 років, після чого їх ефективність знижується, що зумовлює необхідність заміни та, відповідно, утилізації. Неналежна переробка таких відходів створює екологічні ризики через наявність у їхньому складі потенційно небезпечних компонентів. Тому розробка та вдосконалення технологій утилізації фотоелектричних модулів є актуальним науково-технічним завданням.

На сучасному ринку представлені три основні типи фотоелектричних модулів:

1. Кристалічні кремнієві (c-Si) – складають приблизно 90% світового ринку [2];
2. Тонкоплівкові модулі:
   - Телурид кадмію (CdTe);
   - Селенід міді-індію-галію (CIGS);
   - Аморфний кремній (a-Si).

Типова структура кристалічної кремнієвої панелі включає наступні компоненти (за масою) [3]:

- Скло (70-75%)
- Алюмінієва рама (10-15%)
- Інкапсулянт (етилен-вінілацетат, EVA) (6-8%)
- Кремнієві фотоелектричні елементи (3-5%)
- Тильний захисний шар (Tedlar/PVF) (2-3%)
- Розподільна коробка, кабелі, конектори (1-2%)
- Шини та контакти із міді, срібла, олова (< 1%)

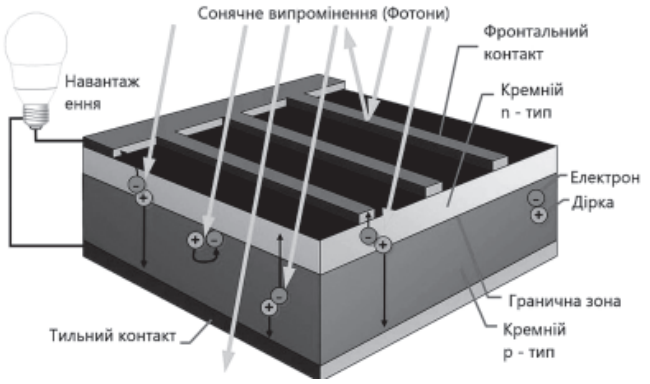


Рис. 1. **Структура типової кристалічної кремнієвої фотоелектричної панелі**

Відпрацьовані сонячні панелі містять ряд потенційно небезпечних матеріалів, що потребують спеціальних умов утилізації [4]:

1. У кристалічних кремнієвих модулях:
   - Свинець (Pb) у припоях (0,1-0,5% маси панелі)
   - Срібло (Ag) у металізаційних пастах
   - Антипірени на основі галогенів у кабелях та розподільних коробках
2. У тонкоплівкових модулях:
   - Кадмій (Cd) в CdTe-панелях (~ 0,1% маси)
   - Селен (Se) в CIGS-панелях
   - Індій (In) та галій (Ga) в CIGS-панелях

Згідно з дослідженнями, проведеними Weckend та ін. [5], неналежна утилізація сонячних панелей може призвести до вилуговування небезпечних речовин у ґрунт та ґрунтові води. Наприклад, експериментально встановлено, що концентрація свинцю у вилуговуваній рідині може перевищувати гранично допустимі рівні у 10-50 разів.

Сучасні методи переробки фотоелектричних модулів включають наступні підходи [6]:

1. **Механічна обробка:** включає послідовне розбирання, подрібнення і сепарацію матеріалів за фізичними властивостями (щільність, магнітність, розмір).
2. **Термічна обробка:** піроліз органічних компонентів (EVA, тильний шар) з подальшою переробкою залишків.
3. **Хімічна обробка:** використання розчинників для відділення компонентів, вилуговування цінних металів кислотами.

Найбільш ефективним вважається комбінований підхід, що включає такі етапи [7]:

1. Видалення алюмінієвої рами та розподільної коробки (ручне або автоматизоване)
2. Термічна обробка для видалення ламінуючих матеріалів (~500°C)
3. Подрібнення скла та відділення металевих компонентів
4. Хімічна обробка для вилучення цінних металів

Ефективність існуючих процесів переробки за матеріалами [8]:

- Алюміній: > 95%
- Скло: > 90%
- Напівпровідники та метали: 40-80%

На світовому ринку представлено кілька спеціалізованих компаній, що займаються утилізацією фотоелектричних модулів:

1. PV Cycle (Європейський Союз) – некомерційна асоціація, що забезпечує колективну систему утилізації. За даними їх звітів, компанія досягла рівня переробки більше 96% для кристалічних кремнієвих модулів [9].

2. Veolia (Франція) – у співпраці з PV Cycle розробила перший у Європі завод повного циклу переробки сонячних панелей у м. Руссе, потужністю до 4000 тонн на рік [10].

3. First Solar (США) – має власну патентовану технологію рециклінгу CdTe-модулів, що дозволяє відновити до 95% напівпровідникових матеріалів та 90% скла [11].

4. Recycle PV Solar (США) – спеціалізується на переробці різних типів сонячних панелей, встановила партнерські відносини з виробниками та розробниками сонячних електростанцій [12].

5. ROSI Solar (Франція) – розробила інноваційну технологію вилучення срібла та кремнію високої чистоти з відпрацьованих фотоелектричних модулів [13].

Порівняння ефективності технологій різних компаній наведено у *таблиці 1*.

За прогнозами IRENA, ринок переробки сонячних панелей до 2050 року може генерувати матеріальні активи на суму близько 15 мільярдів доларів США [14]. Рециклінг однієї тонни кремнієвих фотоелектричних модулів дозволяє отримати:

- До 686 кг скла
- 70 кг алюмінію
- 10 кг міді
- 7-8 кг срібла
- 30-40 кг кремнію

Відновлення цих матеріалів зменшує потребу у видобутку первинної сировини та енергетичні витрати на її обробку. За оцінками Latunussa та ін. [15], повний цикл переробки дозволяє скоротити викиди парникових газів на 800-1200 кг CO-еквівалента на тонну панелей порівняно з виробництвом з первинної сировини.

Перспективними напрямками вдосконалення технологій утилізації є:

1. **Розробка методів автоматизованого неруйнівного демонтажу** – дозволить зберегти цілісність скла та інших компонентів, підвищивши їх вартість при вторинному використанні [16].

2. **Удосконалення методів вилучення рідкісних і дорогоцінних металів** – нові технології селективного розчинення та електрохімічного осадження здатні підвищити ефективність відновлення срібла, індію, галію до 95-98% [17].

3. **Розробка процесів очищення кремнію до сонячної якості** – кремній із відпрацьованих панелей потенційно може використовуватись для виробництва нових фотоелементів, зменшуючи енергоємність та вартість [18].

4. **Створення замкнутих циклів виробництва** – розробка модульних конструкцій панелей, оптимізованих для легкого розбирання та переробки [19].

Успішний розвиток галузі утилізації сонячних панелей суттєво залежить від регуляторного середовища. Ключові аспекти включають:

1. **Розширення відповідальності виробника (EPR)** – У ЄС директива WEEE з 2012 року включає фотоелектричні панелі, зобов'язуючи виробників фінансувати збір та утилізацію відпрацьованих модулів [20].

2. **Стандартизація процедур утилізації** – Розробка єдиних протоколів та стандартів як для процесів переробки, так і для вимірювання їх ефективності.

3. **Податкові стимули та субсидії** – Державна підтримка для компаній, що інвестують у розвиток технологій рециклінгу сонячних панелей.

4. **Сертифікація** – Впровадження екомаркування та сертифікатів для панелей з покращеними характеристиками щодо можливості переробки.

Висновки

Аналіз сучасного стану проблеми утилізації відпрацьованих сонячних панелей дозволяє зробити наступні висновки:

1. Зростаючі обсяги відходів фотоелектричних модулів створюють значні екологічні ризики через наявність потенційно небезпечних компонентів, таких як свинець, кадмій та інші важкі метали.

2. Існуючі технології переробки дозволяють успішно відновлювати більшість матеріалів (скло, алюміній, частково метали та напівпровідники), проте залишаються економічно недостатньо ефективними через високу вартість процесів.

3. Провідні компанії галузі успішно реалізують комбіновані підходи до переробки, досяга-

Таблиця 1.

Порівняння технологій переробки провідних компаній

Компанія	Тип панелей	Метод переробки	Рівень відновлення матеріалів	Вартість переробки
PV Cycle	Si, CdTe, CIGS	Механічний + термічний	85-96%	250-300 €/т
First Solar	CdTe	Хімічний + механічний	90-95%	Включено у вартість панелей
Veolia	Si	Механічний + термічний	95%	250-400 €/т
ROSI Solar	Si	Хімічний + механічний	98% (для металів)	300-450 €/т

ючи рівня утилізації 85-96%, але потужності переробки значно відстають від прогнозованих обсягів відходів.

4. Перспективи розвитку галузі пов'язані з:

• Удосконаленням технологій вилучення цінних матеріалів

• Розробкою нових конструкцій панелей, оптимізованих для переробки

• Розвитком регуляторного середовища та впровадженням принципів циркулярної економіки

• Інтеграцією утилізації в ланцюжок створення вартості сонячної енергетики

Реалізація комплексного підходу до проблеми утилізації фотоелектричних модулів є необхідною умовою забезпечення екологічної сталості сонячної енергетики, яка наразі демонструє найвищі темпи зростання серед усіх джерел енергії.

Список використаних джерел

1. IRENA and IEA-PVPS (2016), End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels, International Renewable Energy Agency and International Energy Agency Photovoltaic Power Systems.

2. Fraunhofer ISE (2024), Photovoltaics Report, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems.

3. Xu, Y., Li, J., Tan, Q., Peters, A. L., & Yang, C. (2018). Global status of recycling waste solar panels: A review. Waste Management, 75, 450-458.

4. Tammaro, M., Salluzzo, A., Rimauro, J., Schiavo, S., & Manzo, S. (2016). Experimental investigation to evaluate the potential environmental hazards of photovoltaic panels. Journal of Hazardous Materials, 306, 395-405.

5. Weckend, S., Wade, A., & Heath, G. (2016). End of Life Management: Solar Photovoltaic Panels. IRENA and IEA-PVPS.

6. Chowdhury, M. S., Rahman, K. S., Chowdhury, T., Nuthammachot, N., Techato, K., Akhtaruzzaman, M., Tiong, S. K., Sopian, K., & Amin, N. (2020). An overview of solar photovoltaic panels' end-of-life material recycling. Energy Strategy Reviews, 27, 100431.

7. Huang, B., Zhao, J., Chai, J., Xue, B., Zhao, F., & Wang, X. (2017). Environmental influence assessment of China's multi-crystalline silicon (multi-Si) photovoltaic modules considering recycling process. Solar Energy, 143, 132-141.

8. DAdamo, I., Miliacca, M., & Rosa, P. (2023). Economic Feasibility for Recycling of Waste Crystalline Silicon Photovoltaic Modules. International Journal of Photoenergy, 2023, 1-11.

9. PV Cycle (2023), Annual Report 2022, PV Cycle Association.

10. Veolia (2023), PV Panel Recycling Technology, Veolia Environmental Services.

11. First Solar (2023), Sustainability Report, First Solar Inc.

12. Recycle PV Solar (2022), Technology and Services Overview, Recycle PV Solar LLC.

13. ROSI Solar (2023), High-value PV recycling technologies, ROSI Solar.

14. IRENA (2021), Future of Solar PV: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects, International Renewable Energy Agency.

15. Latunussa, C. E. L., Ardente, F., Blengini, G. A., & Mancini, L. (2016). Life Cycle Assessment of an innovative recycling process for crystalline silicon photovoltaic panels. Solar Energy Materials and Solar Cells, 156, 101-111.

16. Kim, J., & Park, J. (2023). Perspectives on alternative photovoltaic module designs to enhance recoverability. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 165, 112612.

17. Huang, W. -H., Shin, W. J., Wang, L., Sun, W. -C., & Tao, M. (2017). Strategy and technology to recycle wafer-silicon solar modules. Solar Energy, 144, 22-31.

18. Jung, B., Park, J., Seo, D., & Park, N. (2016). Sustainable System for Raw-Metal Recovery from Crystalline Silicon Solar Panels: From Noble-Metal Extraction to Lead Removal. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 4(8), 4079-4083.

19. Suez, E., & Dulac, N. (2023). Eco-design of PV modules for improved recyclability. Solar Energy Materials and Solar Cells, 241, 111950.

20. European Parliament and Council (2012), Directive 2012/19/EU on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Official Journal of the European Union, L 197, 38-71.

О. М. Кириченко

ВСП "Ніжинський фаховий коледж НУБіП України"

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ З ТУРБОНАДУВОМ

Система мащення є однією з ключових систем у будь-якому двигуні внутрішнього згоряння, оскільки забезпечує зниження тертя між рухомими деталями, охолодження елементів, очищення та антикорозійний захист деталей і вузлів. Традиційні системи мащення працюють на основі шестеренчастого насоса, який створює тиск і подає оливу до всіх вузлів двигуна. Збільшення потужності двигунів внутрішнього згорання із зменшенням їх робочого об'єму привело до підвищення вимог до систем мащення і одним із рішенням даного завдання є впровадження гідроакумуляторів, які покращують стабільність тиску, особливо в момент запуску двигуна або при різких змінах навантаження.

У зв'язку з тим, що сучасні ДВЗ характеризуються зростаючим енергетичним навантаженням, роль системи мащення як одного з ключових елементів надійності та довговічності двигуна стає ще більш важливою. Сучасна система мащення виконує не лише класичну функцію подачі оливи до зон тертя, але й бере активну участь у забезпеченні роботи інших систем двигуна. Зокрема, йдеться про системи живлення, регульовані механізми газорозподілу (включаючи фазорегулятори), системи зміни ступеня стиснення, а також інші додаткові агрегати. [1]

Яскравим прикладом інноваційного підходу є система мащення двигуна автомобіля Porsche 911 Turbo, яка має конструкцію з так званим "сухим картером" та окремим резервуаром для оливи. Така система забезпечує стабільний тиск оливи у всіх точках змащування незалежно від умов експлуа-

тації, що гарантує надійну роботу двигуна навіть при екстремальних та тривалих навантаженнях.

Ще одним прикладом інженерної досконалості є дизельні двигуни серії D20CR, якими оснащуються вантажні автомобілі MAN TGA. Завдяки оптимізації системи мащення, зокрема збільшенню її об'єму на 40 літрів за рахунок впровадження додаткового бака, що інтегрується з основною оливною магістраллю, вдалося досягти значного подовження інтервалу планового технічного обслуговування до 120 тис. км. Це, в свою чергу, дозволяє прогнозувати загальний ресурс експлуатації без капітального ремонту на рівні 1,5 млн км, що є особливо важливим для міжнародних вантажних перевезень.

Таким чином, удосконалення систем мащення, зокрема з використанням гідроакумуляторів та багатоконтурних структур, є невід'ємною складовою загального технічного прогресу у сфері двигунобудування.

З метою підвищення літрової потужності більшість сучасних автотракторних дизельних двигунів оснащуються системами турбонаддуву, серед яких найбільш поширеними є турбокомпресори (ТКР). Турбокомпресор значно підвищує ефективність двигуна, використовуючи енергію вихлопних газів для нагнітання повітря у впускний колектор, що забезпечує поліпшене згоряння паливної суміші.

Проте в експлуатації турбокомпресора існує низка проблем, пов'язаних із його мащенням, особливо в моменти зупинки двигуна. Після вимкнення двигуна обертання ротора турбокомпресора продовжується по інерції ще протягом певного часу. Водночас робота оливного насоса припиняється, що призводить до різкого припинення подачі оливи до підшипників турбокомпресора. За таких умов спостерігається "масляне голодування", що викликає інтенсивне зношення опорних елементів і суттєво скорочує ресурс агрегата. [2]

Це є одним з ключових недоліків традиційних систем мащення, які не враховують інерційний режим роботи турбокомпресора. З метою усунення цієї проблеми нині активно ведуться розробки новітніх систем мащення, які здатні забезпечити подачу оливи навіть після зупинки двигуна. Одним із перспективних напрямків є впровадження гідроакумуляторів у систему мащення. Такі пристрої накопичують певний об'єм оливи під тиском під час роботи двигуна, а після його зупинки автоматично подають її до критичних вузлів, включаючи турбокомпресор.

Розробка подібних автономних або напівавтономних оливних контурів дозволяє значно зменшити інтенсивність зносу підшипників турбокомпресора, збільшуючи загальний ресурс роботи агрегату. У майбутньому подібні рішення можуть стати стандартом для високофорсованих дизелів, що працюють в умовах підвищеного теплового та механічного навантаження.

Вирішити цю проблему можна шляхом використання в системі мащення двигуна гідроакумуляторів для накопичення певного об'єму оливи і подачі її в потрібний момент до тертьових поверхонь. Одним із варіантів можна застосовувати таку систему мащення, яка може забезпечити подачу оливи не тільки до підшипників турбокомпресора, але і в систему мащення у випадку виникнення аварійних ситуацій (*рис. 1*) [3].

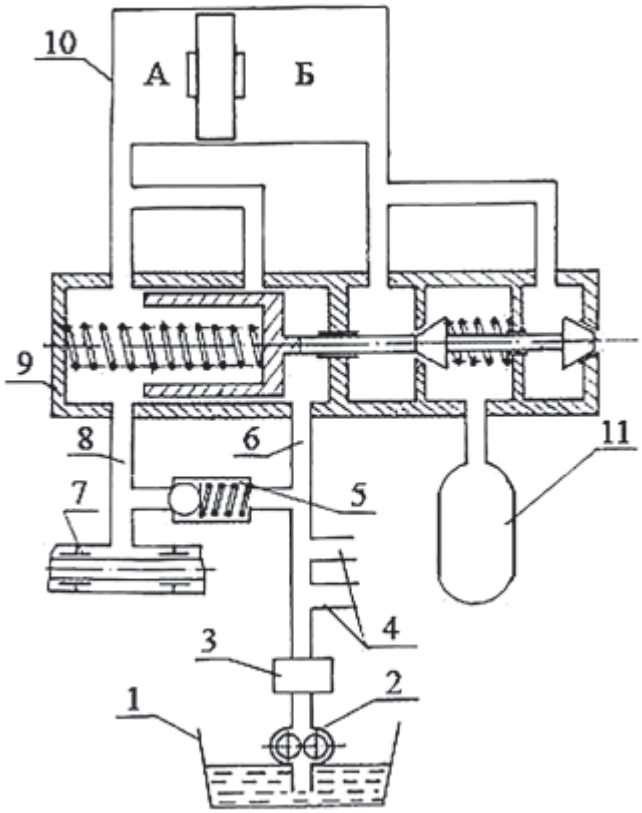


Рис. 1. **Схема системи мащення з гідроакумулятором і пневморозподільником:**
1 – піддон картера; 2 – насос системи мащення; 3 – фільтри; 4 – канали системи мащення; 5 – зворотний клапан; 6 – трубопровід подачі оливи в гідроакумулятор; 7 – підшипники ТКР; 8 – трубопровід подачі оливи з гідроакумулятора; 9 – пневморозподільник; 10 – гідроакумулятор; 11 – ресивер пневмосистеми.

В наведеній схемі робота системи мащення з гідроакумулятором реалізується таким чином: олива із порожнини А гідроакумулятора (поз. 10) під дією стислого повітря, яке знаходиться в порожнині Б, подається по трубопроводу (поз. 8) до підшипникового вузла турбокомпресора (поз. 7). Далі олива проходить через зворотний клапан (поз. 5) і по масляних каналах (поз. 4) надходить до основної системи мащення двигуна.

Керування процесами заряджання і розряджання гідроакумулятора здійснюється за допомогою пневморозподільника (поз. 9), що забезпечує автоматизацію роботи системи відповідно до режимів двигуна.

Зображена система мащення не потребує модифікації основної конструкції двигуна, що робить її універсальною для встановлення на будь-які силові агрегати, обладнані турбокомпресорами. Це значно полегшує її інсталяцію в існуючі системи без додаткових витрат.

Висновки

Постійне підвищення літрової потужності дизельних двигунів є наслідком їх технічного вдосконалення, зокрема завдяки широкому застосуванню систем турбонаддуву. Збільшення ресурсу роботи турбокомпресорів є одним з важливих завдань конструкторів.

Одним із перспективних рішень цієї проблеми є впровадження в систему мащення гідроакумуляторів у поєднанні з регулювальними пристроями, що забезпечують подачу оливи до підшипників вала турбокомпресора навіть після зупинки двигуна. Такий підхід дозволяє запобігти виникненню сухого тертя в опорних елементах, що, у свою чергу, значно подовжує міжремонтний інтервал та загальний ресурс роботи турбокомпресора.

Список використаних джерел

1. Дяченко В. Г. Двигуни внутрішнього згоряння. Підручник / В. Г. Дяченко; За ред. А. П. Марченка. – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – 488 с.

2. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т. 1. Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. / За редакцією проф. А. П. Марченка, засл. діяча науки України, проф. А. Ф. Шеховцова – Харків: Видавн. центр НТУ "ХПІ", 2004. – 490 с.

3. Патент України на винахід № 79489 від 25. 06. 2007р. Бюл. №9.

4. Артюх О. М. Транспортні енергетичні установки: навч. посіб. /О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін. Запоріжжя: НУ "Запорізька політехніка", 2021. – 264 с

R. Khlopetskyi, Ph. D., V. DIDUKH, D. Sc. (Tech.).
Lutsk National Technical University

FEATURES OF NITROCELLULOSE PRODUCTION FROM OIL FLAX STEMS

Modern realities and challenges dictate new demands for raw materials to revive previously existing industries that have not been in demand for the past decades. Military expenditures are exhausting production capacities for the supply of explosive and flammable substances, creating a need to search for accessible raw materials for their further production. Long-standing practice of wars and conflicts has clearly outlined the list of explosives used to produce gunpowder – specifically nitro compounds derived from nitric acid, namely nitrocellulose. Traditionally, cotton has been considered the primary raw material for producing nitrocellulose. However, in modern Ukrainian conditions, such material is not readily available in sufficient quantities, its cultivation is not zonally adapted to the Ukrainian climate, and it requires specialized growing technologies and a narrow-profile fleet of machines for its cultivation and harvesting.

By contrast, the fiber from oil flax stems is a suitable source of cellulose for nitration. It is well-adapted for cultivation in our climate zone, does not require a large amount of specialized machinery, and its use helps solve the problem of disposing of flax retted straw, which currently presents a significant obstacle for farmers cultivating oil flax varieties.

The process of obtaining nitrocellulose from flax fiber materials is based on the interaction of cellulose with a nitrating system, which is typically based on the use of nitric acid or its salts combined with a component that acts as a dehydrating agent. Nitration is a heterogeneous esterification reaction in which the hydroxyl groups of cellulose are replaced by nitro groups (– NO), forming cellulose nitrates:

$$(C_6H_{10}O_5) + xHNO_3 \rightarrow [C_6H_{10-x}(NO_2)_xO_5] + xH_2O$$

The key parameters affecting this process include the concentration of the nitrating components, temperature, and the duration of nitration. The reaction is conducted under controlled temperature conditions, and the duration depends on the desired degree of nitration [1].

In the studies, a laboratory reactor with a cooling jacket, equipped with a mechanical stirrer and a thermostabilization system, was used. The reactor design ensured effective heat removal and uniform mixing of the fibrous raw material with the nitrating system, which is critically important for both safety and chemical process stability.

A specific feature of using oil flax fiber for producing nitrocellulose is the presence of a significant portion of shives, which include lignin, hemicellulose, and other non-cellulosic impurities [2]. These components significantly affect the nitration process, reducing its efficiency and uniformity. Lignin and hemicellulose have more complex and less reactive chemical structures, making their full nitration impossible and resulting in the formation of unwanted inclusions. As a result, the final product is characterized by a non-uniform distribution of nitro groups, which negatively impacts the combustion rate and stability.

Removing the shives through mechanical processing or partially destroying them helps increase

the effectiveness of nitration by providing better access of active components to the cellulose fibers. This ensures a more uniform degree of nitration and higher quality of the obtained nitrocellulose. Given the chemical specifics of the process, the preparation of fibrous raw material, particularly the reduction of shive content, is an important prerequisite for obtaining high-quality nitrocellulose from flax fiber materials.

Experimental studies have confirmed that stable progression of the reaction is achieved at a temperature not exceeding 11?°C and a holding time of up to 60 minutes. The resulting product demonstrates high flammability, making it suitable for further use in the production of smokeless powder based on nitrocellulose.

Based on the conducted research and analysis of existing publications, the relevance of maximizing the efficiency of cellulose fraction extraction from oil flax raw material by removing the shive becomes evident. To minimize energy and time expenditures, it is proposed to implement a decortication mechanism into the design of a grain harvester. This mechanism is intended to perform the function of maximal destruction of the oil flax stem structure and to be used as an interchangeable module in the traditional system for shredding strawy mass. The decortication unit can also operate in conjunction with a compact roll former for simultaneously winding the retted flax into rolls, enabling further transportation and cleaning under centralized raw material preparation conditions for nitration.

To this end, research is being conducted to determine the optimal cross-sectional shape of the decorticator shaft teeth, as well as the configuration of the decorticator blocks with sets of shafts of different tooth profiles. As part of a design experiment, four types of decorticator shaft teeth have been developed, differing in profile shape: sinusoidal – for gentle feeding and uniform shive abrasion; involute – for aggressive action on the stems; triangular – for high shredding intensity; and trapezoidal spline-shaped – for greater strength and uniform intermeshing of rollers. The types of such toothed engagements of the decorticator rollers are shown in Figure 1.

All rollers are manufactured as individual modules with a length of 100?mm, each featuring through-holes for mounting on a 30?mm drive shaft, along with an additional 8?mm pin for torque transmission. The design allows for length extension by sequentially mounting interconnected blocks onto a single shaft, with subsequent fixation using threaded rods and wedge-shaped inserts. These inserts ensure precise alignment between adjacent rollers and guarantee synchronous rotation.

Special attention is given to the transportation and storage of the resulting flax straw. After passing through the decortication module, the material is automatically fed into a compact roll-former integrated into the outlet section of the mechanism. This roll-former produces dense field-ready rolls, significantly simplifying logistics, minimizing material losses, and optimizing storage and controlled feeding of raw material for subsequent cleaning, drying, and nitration stages [3].

The integrated combination of shredding, decortication, and roll formation significantly reduces labor intensity in the preparation of fibrous raw material for chemical modification. This approach enables the creation of a closed-loop technological cycle of collection and primary processing directly in the field, immediately after flax threshing, thus opening new opportunities for efficient utilization of oilseed flax by-products in the production of energy-dense materials.

The proposed technology is based on a modular principle, which allows the decorticator and roll-former design to be adapted to existing types of harvesting equipment. As a result, the mechanism can be used in both small-scale farming operations and large agro-industrial enterprises.

The availability of 3D-printed rollers with various tooth profiles enables quick adaptation of the system to changing raw material properties – from young, tender stems to coarse and overdried ones.

In the future, it is planned to equip the module with a sensor feedback system for monitoring roller load, rotational speed, and material moisture content. This will allow adaptive control of feed rate, roller pressure, and bale formation density, opening up opportunities for digital integration into Smart Farming systems and the broader "smart agropark" concept.

The proposed technology enables the conversion of a by-product (flax straw), which is often burned or left in the field, into valuable raw material. This reduces

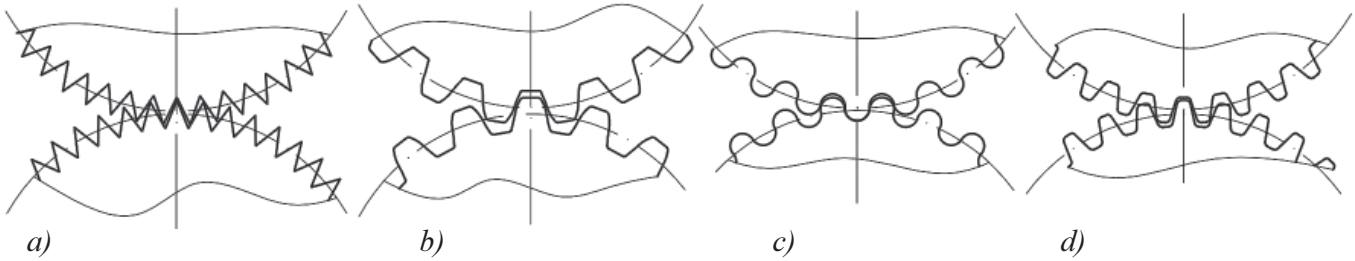


Figure 1. **Types of gear engagements of decorticator rollers:**
a) – triangular tooth profile; b) – involute tooth profile;c) – sinusoidal tooth profile; d) – trapezoidal tooth profile.

agroecological pressure, decreases CO? emissions, and promotes the establishment of closed-loop biocycles in agriculture. Additionally, residual shive material remaining after nitration may be used as a biofuel source or as filler in composite materials.

The implementation of such a system forms a robust platform for further research in the field of chemical biomass modification, development of new nitrocellulose-based materials (biopolymers, high-energy additives, binding agents), and exploration of shive utilization strategies in the agri-bioindustry.

The proposed technical concept of mechanized extraction of fibrous cellulose fraction from oilseed flax using a roller-type decorticator with interchangeable tooth profiles – combined with in-field use of a roll-former – represents a promising approach to the comprehensive processing of flax straw. This approach effectively addresses several key challenges:

• Utilization of post-harvest flax residues, which still remain a major obstacle to the wider adoption of this crop by agricultural producers;

• Extraction of high-quality cellulose feedstock suitable for nitration to produce nitrocellulose – the primary component of smokeless powder;

• Reduction of dependence on imported technical cotton through the use of locally grown crops adapted to the climatic conditions of Ukraine;

• Formation of a model for the secondary use of agricultural biomass, aligned with the principles of the circular economy and contributing to reduced environmental impact;

• Establishment of an engineering foundation for a scalable technology that can be implemented on an industrial scale using accessible materials and modern digital design tools, including 3D printing and CAD modeling.

Thus, this development creates the prerequisites for the simultaneous revival of the flax industry and the production of energetic materials, particularly nitrocellulose-based propellants, from domestic, renewable, and readily available raw materials – a matter of particular relevance in the context of ongoing armed conflict and increased demand for strategically important substances.

References

1. Samoylenko H. Yu., Herasymenko L. H. Theoretical Foundations of Organic Chemistry: Textbook. Dnipro: NMetAU, 2006. 49 p.

2. Kuzmina T. O., Charusina L. A., Tikhosova H. A. Quality and Standardization of Modified Flax Fibers: Monograph. Kherson: Oldi-Plus, 2009. 41 p.

3. Yahelyuk S. V., Didukh V. F. Directions of Utilization of Oilseed Flax and Fiber Flax Processing Products. Tovaryznavchyi Visnyk. 2012. No. 1 (13), pp. 292-305.

П. Д. Іванцов, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист
Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир,
В. А. Шащук, викладач спеціаліст.
Члени гуртка "Органік" кабінету "Ґрунтознавство та землеробство"
О. Б. Отт., Д. П. Меленівська

ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМИ ОРГАНІЧНОГО АГРОВИРОБНИЦТВА НА ЖИТОМИРЩИНІ

Досліджено головні аспекти органічного землеробства, яке має велике значення та актуальність для забезпечення не тільки інтенсифікації галузі рослинництва, а й можливість виробництва органічної продукції без вмісту нітратів, пестицидів, елементів радіоактивного забруднення, тяжких металів. Дослідження цієї теми та її результати дають можливість фахівцям господарств різних форм власності аналізувати переваги органічного землеробства над традиційним.

Ключові слова: органічне землеробство, сівозміна, обробіток ґрунту, бур'яни, система удобрення.

The main aspects of organic farming, which are of importance and relevance, are being investigated to ensure not only the intensification of the crop production but also the possibility of producing organic products, the are nitrates, pesticides, elements of radioactive contamination, and heavy metals free. The research of this topic and its results enable specialists of different types of farming to analyze the benefits of organic farming over traditional ones.

Key words: organic farming, crop rotation, soil cultivation, weeds, fertilizing system.

Земля є основним національним багатством народу України та основним засобом сільськогосподарського виробництва, а тому її необхідно використовувати раціонально, за призначенням та забезпечувати розширене відтворення її родючості.

Поставка проблеми. Органічне землеробство – це метод ведення сільського господарства, де основним напрямком підприємства є виробництво сертифікованих харчових продуктів, вирощених в результаті ведення органічного виробництва.

Однією з актуальних проблем сьогодення є проблема збереження родючості земель та підвищення якості ґрунтів. Ґрунт – унікальне природне творіння, що дає людині можливості жити за рахунок його продукції. Стан ґрунтового покриву сільсько-

господарських ландшафтів є головним джерелом, що забезпечує сталий розвиток суспільства.

Виклад основного матеріалу дослідження. На сьогодні головним джерелом повноцінної їжі для людей залишаються сільськогосподарські продукти, виробництво яких засновано на використанні величезного дарунка природі – родючості ґрунту. Родючість ґрунту визначається таким головним компонентом, як гумус.

Великою проблемою сьогодні є вирощування екологічно чистої сільськогосподарської продукції. Вирішенням цієї проблеми є впровадження і розвиток органічного землеробства.

Органічне землеробство (екологічне землеробство, біологічне землеробство, точне землеробство) – це метод ведення сільського господарства, де основним напрямком підприємства є виробництво сертифікованих харчових продуктів, вирощених в результаті ведення органічного виробництва. За умовами органічного землеробства, виробництво (як рослинницької, так і тваринницької продукції) не повинно містити токсичних речовин, важких металів, радіонуклідів, пестицидів, нітратів, стимуляторів росту.

Переваги застосування органічного землеробства узагальнюємо так:

1) підвищення смакових та калорійних якостей сільськогосподарської продукції;

2) екологічно безпечний врожай без вмісту нітратів та інших небезпечних речовин;

3) постійне збільшення гумусу в ґрунті;

4) забезпечення рослин повноцінним живленням за рахунок джерел органічного удобрення;

5) ґрунт стає структурованим, покращується поживний режим ґрунту;

6) економія коштів за рахунок мінімалізації обробітку ґрунту, зменшення затрат на придбання пестицидів, мінеральних добрив.

Мета дослідження. Встановити переваги органічного землеробства над традиційним, та його вплив на кількість і якість виробленої рослинницької та тваринницької продукції. Вивчити та проаналізувати, який вплив має органічне землеробство на агрофізичні та агрохімічні показники ґрунтів.

Об'єктом дослідження. Галузь рослинництва ПП "Галекс-Агро", де аналізується динаміка врожайності с. -г. культур за 2022-2024 рр. та еколого-агрохімічна характеристика ґрунтів за результатами двох турів обстеженням Житомирської Державної установи "Інститут охорони ґрунтів України".

Прикладом застосування біологічного землеробства в умовах Полісся Житомирської області може бути приватне підприємство "Галекс-Агро" засновано 2008 році. Генеральний директор підприємства – Ющенко Олександр Миколайович. Сьогодні приватне підприємство має 8750 га сертифікованих ґрунтів. Основним напрямом підприємства є виробництво сертифікованої продукції рослинництва та тваринництва.

Виробництво органічної продукції є вимогою часу. Адже повноцінне і якісне харчування населення та екологічне середовище, в якому воно проживає, чи не найважливіша проблема сьогодення.

З 1 січня 2016 р. набула чинності угода про зону вільної торгівлі між Україною та Європейським Союзом, яка передбачає в першу чергу – безмитний продаж Українських товарів до Європи та європейських товарів – до України.

Основні аспекти органічного землеробства:

Придатність ґрунтового покриву до органічного землеробства.

Судячи з характеристики агроекологічного стану ґрунтового покриву області, можемо зробити висновок, що вирощування сільськогосподарської органічної продукції неможливе на землях, забруднених радіонуклідами; на перезволожених глейових ґрунтах; на бідних сильно кислих дерново-підзолистих (зокрема піщаного і глинисто-піщаного механічного складу) та еродованих землях.

Таблиця 1

Зведена еколого-агрохімічна характеристика ґрунтів ПП "Галекс-Агро"

Всього, середньозважений показник мг/кг ґрунту	2022 р.	2024 р.	Приріст мг/кг ґрунту	%
N	70	86	16	22,87
P2O5	128	130	2	1,57
K2O	77	679	2	18,7
pH (обмінна кислотність)	4,5	6	1,5	4,23
Гумус	1,3	1,5	0,2	1,28
Бор	0,86	1,01	0,15	1,0
Молібден	0,125	1,147	0,022	1,14
Цинк	0,38	0,47	0,09	0,37
Щільність г/см 3	1,3	1,29	-0,01	-0,77
Сума вібранних основ (мг. скв. на 100 г. ґрунту)	15,8	16,2	0,4	13,6

Для органічного виробництва слід використовувати найбільш родючі ґрунти, на яких без застосування мінеральних добрив можна вирощувати високі врожаї сільськогосподарських культур. Для нашого регіону – це чорноземи типові, сірі (ясно-сірі, темно-сірі) лісові, дернові та лучні не оглеєні, дерново-підзолисті легкосуглинкові – з середнім і високим агрохімічним забезпеченням та оптимальними параметрами водно-повітряного режиму.

Таким чином, під виробництво органічної сільськогосподарської продукції в Житомирській області є потенційно придатними близько 703 тис. га, в тому числі в поліській частині (разом з перехідною зоною) 433 тис. га.

За даними Інституту сільського господарства Полісся НААН.

Роль сівозміни в органічному землеробстві

Однією з основних вимог виробництва органічної продукції рослинництва є дотримання науково обґрунтованого чергування сільськогосподарських культур відповідно до закону плодозміни. За органіч– ними стандартами сівозміна повинна включати мінімум 20% культур, які забезпечують надходження в ґрунт органічної речовини та накопичення азотовмісних поживних речовин, оскільки основним лімітуючим елементом живлення в ґрунті, особливо в зоні Полісся, є азот. До таких культур належать: зернобобові (соя, горох, люпин, вика, пелюшка, квасоля, боби та ін.); олійна редька, ріпак, гірчиця на сидерат (зелене добриво), рослинні рештки; багаторічні бобові трави (люцерна, конюшина, лядвенець).

Роль удобрення в органічному землеробстві

Використання недостатньої кількості добрив призводить до руйнування органічної речовини, що може призвести до повної втрати родючості ґрунту. Для відновлення родючості ґрунту необхідно використовувати органічні добрива.

Таблиця 2

Площа ріллі Житомирської області, придатна під органічне землеробство, (тис. га), за даними дослідження Інституту сільського господарства Полісся

Зона	Площа всього, тис., га	У тому числі за ґрунтовим покривом			
		дерново-підзолисті супіщані і легкосуглинкові	ясно-сірі-супіщані і легкосуглинкові	сірі і темно-сірі, чорноземи опідзолені	чорноземи типові і мало гумусні
Полісся	370	13	24	-	-
Перехідна	63	10	-	53	-
Лісостеп	270	-	-	70	200
По області	703	20	24	123	200

Таблиця 3

Виробничі показники ПП "Галекс-Агро" в галузі рослинництва за (2022 – 2023 рр.)

Культура	Урожайність, ц/га			
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє
Озима пшениця	31	24	27	26,3
Кукурудза на зерно	50	59	64	57,6
Соя	26	24	25	25
Соняшник	20	26	26	24
Люцерна (на сінаж)	180	184	210	191,3
Конюшина-віка (на сінаж)	174	152	205	177

Таблиця 4

Система удобрення с/г культур в польовій сівозміні с. Стриєва, Звягільського району, Житомирської області

	С-г. культура	Фон удобрення
1	Люцерна (на сінаж)	Нагромаджується на 1 га до 170 кг. р. біологічного азоту
2	Озима пшениця + поживні на сидерат	Гумати – 2 л/200 л води, підживлення у фазі кущіння
3	Кукурудза на зерно	Перегній – 40 т/га
4	Соя	Нагромаджується на 1 га до 190 кг. д. р. діючого азоту
5	Соняшник	Перегній – 45 т/га
6	Вика-конюшина (на сінаж)	Нагромаджується на 1 га до 150 кг. д. р. азоту

Важливим аспектом органічного способу ведення господарства внесення достатньої кількості мікробіологічного матеріалу рослинного або тваринного походження для підвищення або, як мінімум, збереження родючості та біологічної активності ґрунту. Для удобрення ґрунту і рослин використовують органічні добрива, але не дозволяється застосування мінеральних добрив штучного синтетичного походження.

Обробіток ґрунту.

Одним з аспектів органічного землеробства є обробіток ґрунту, який направлений на збереження його родючості та боротьбу з бур'янами.

Основна мета обробітку ґрунту – оптимізація водно-повітряного режиму, накопичення й збереження в ґрунті поживних речовин, вологи, знищення основної маси бур'янів, збудників хвороб і шкідників. Основна вимога до обробітку ґрунту при органічному – землеробстві забезпечення природоохоронного характеру землекористування, послаблення ерозійного руйнування та переущільнення ґрунту, боротьба з бур'янами агротехнічними методами.

Технології обробітку ґрунту розробляються для кожної сівозміни та для кожної культури, що вирощується в господарстві, залежно від попередників та відповідно до конкретних умов господарства. Для умов Полісся при підвищеній забур'яненості, основним способом боротьби з бур'янами є система напівпарового обробітку ґрунту, який включає лущення стерні дисковими лущильниками слідом за збиранням попередньої культури й основний обробіток знаряддями без обертання скиби наприкінці липня у першій половині серпня. Ближче до появи сходів бур'янів поле обробляють культиваторами в агрегаті з боронами, а останній обробіток проводять комбінованим знаряддям.

Для зменшення енерговитрат, враховуючи ступінь зволоження ґрунту, його гранулометричний склад, глибину гумусового та наявність оглеєвого горизонтів, основний обробіток можна проводити плоскорізними знаряддями на глибину 18-20 см, або важкими дисковими боронами у 2 сліди.

Безполицевий обробіток плоскорізними знаряддями менш енергозатратний. Він дає змогу підвищити продуктивність праці в 1,5-2,0 рази, зменшити витрати паливно-мастильних матеріалів на 15-17 % широкозахватних агрегатів, знарядь обробітку без обертання скиби шляхом використання комбінованих агрегатів, що дає можливість підвищити протидефляційну стійкість ґрунту в 5-10 разів без істотного зниження продуктивності культури.

Висновки

За результатами вивчення та дослідження еколого-агрохімічної характеристики ґрунтів органічного землеробства визначається його позитивний характер впливу на ґрунтовий покрив, який є значно менший на навколишнє середовище і природні ресурси, ніж при традиційному землеробстві. На підставі результатів досліджень можна констатувати, що органічне землеробство має опиратися на внутрішні ресурси агроекосистеми, використовуючи кругообіг її елементів, обмежуючи надходження в неї шкідливих речовин.

Органічне сільське господарство створює умови для екологобез-печного землекористування шляхом збереження та відтворення родючості ґрунтів, подолання негативних наслідків, які завдає господарська діяльність природному середовищу. Окрім екологічних переваг, органічне виробництво характеризується й соціальною спрямованістю, оскільки зберігаючи трудові ресурси у сільській місцевості, сприятиме підвищенню рівня життя сільського населення та розвитку сільських територій.

Цей метод ведення сільського господарства позитивніше впливає на захист природних компонентів і на ландшафт, у порівнянні з традиційним. Біологічне різноманіття флори й фауни на сільськогосподарських угіддях, на постійних трав'яних покривах, на краях полів і в навколишніх біотопах в органічному землеробстві забезпечують кращі результати. Різноманітність вирощуваних культур в екологічно-му господарстві ширша в порівнянні з традиційним.

Також завдяки веденню альтернативного землеробства на екологічно оброблюваних та сертифікованих землях відзначається вищий вміст органічних речовин у грунті в порівнянні з угіддями, що обробляються традиційним методом. Біологічна активність ґрунту є вищою. Агроекосистеми в органічному землеробстві забезпечують захист ґрунтів від ерозії.

Виділення окису вуглецю з гектара в органічному землеробстві удвічі нижче в порівнянні з традиційним. Показники аміаку в альтернативному землеробстві кращі. Органічне землеробство є найбільш актуальним та домінуючим в умовах, коли є нагальна потреба мати калорійні, життєво безпечні продукти харчування та збереження довкілля для майбутніх поколінь.

Список використаних джерел

1. Олег Сидан. Юлюс Романаускос. Людмила романчук.

Органічне виробництво і продовольча безпека Житомир 2017

2. Шкуратов О. І. Організаційно-економічні основи екологічної безпеки в аграрному секторі України: теорія, методологія, практика: монографія / О. І. Шкуратов. – К.: ДКС-Центр, 2016.

3. Мартенюк Г. М. Біогумус в системі органічного виробництва / Г. М. Мартенюк // Органічне виробництво і продовольча безпека: матеріали IV Міжнар. наук. -практ. конф., 12-13 трав. 2016 р. – Житомир: Видавець О. О. Євенок.

4. Мерзлов С. В. Нарощування біомаси черв'яків за різних концентрацій феруму в субстраті / С. В. Мерзлов, Ю. О. Машкін // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. – 2015.

5. Ходаківська О. В. Екологізація аграрного виробництва: монографія / О. В. Ходаківська. – К.: ННЦ ІАЕ, 2015.

6. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Житомирській області у 2015 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www. ecology. zt. gov. ua/StanDov1. html.

Новицький Ю. А. аспірант,
Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна.

ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ, ВИКОРИСТАННЯ ТА ПЕРІОДИЧНІСТЬ ЗАМІНИ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ КАБІН ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Фільтри для очищення повітря в кабінах сучасних закордонних зернозбиральних комбайнів відіграють важливе значення у забезпеченні безпеки та комфорту оператора, особливо в умовах підвищеної запиленості під час збирання врожаю [1, 2]. Їх конструкція й тип залежать від моделі техніки та передбачених умов експлуатації [3, 4].

Нижче наведено загальну характеристику та періодичність обслуговування таких фільтрів. До основних типів фільтрів очищення повітря в кабінах комбайнів відносяться: передфільтри або пре фільтри; основні фільтри (тонкого очищення); з активованим вугіллям (опціонально); HEPA-фільтри (високоефективні).

Проаналізуємо більш детально кожен із зазначених фільтрів, вказавши місце встановлення в системі комбайну та рівень фільтрації.

Передфільтри, як правило розташовані зовні, у верхній частині або на даху кабіни. Ці фільтри служать для грубого очищення повітря від крупного пилу, соломи, листя тощо. В багатьох моделях комбайнів вони використовуються як циклони або відцентрові сепаратори. Для передфільтрів заводи виробники рекомендують очищення проводити кожні 10-25 мото-год. або щодня перед початком роботи. Заміну пропонують проводити кожні 200-300 мото-год. або 1 раз на сезон.

Основні фільтри або ж фільтри тонкого очищення знаходяться в системі подачі повітря до кабіни комбайна. Вони виготовляються з багатошарових волокон або синтетичних матеріалів, та мають ступінь фільтрації класу F7-F9 згідно з європейською класифікацією (EN 779) або ePM1/ePM2. 5 відповідно до ISO 16890. Високоефективні або ж HEPA-фільтри встановлюються в кабінах преміям класу, включаючи John Deere серії S, Claas Lexion, Case IH Axial-Flow. Ці фільтри забезпечують високий рівень фільтрації повітря та затримують, згідно аналізу літературних джерел, понад 99,95% частинок розміром до 0,3 мкм. Очищення основного фільтра (особливо для HEPA)не рекомендується. Основного фільтра пропонується проводити кожні 250-500 мото-год. або 1 раз на сезон, в залежно від умов експлуатації та запиленості.

Фільтри з активованим вугіллям встановлюються для поглинання запахів, парів хімікатів і шкідливих газів. Вони рекомендуються для встановлення в системах фільтрації комбайнів, які працюють із хімічно обробленими культурами. Фільтр з активованим вугіллям заводи виробники комбайнів пропонують проводити кожні 100-200 мото-год. або 2-3 рази на сезон.

Періодичність заміни повітряних фільтрів, які встановлюються в кабінах зернозбиральних комбайнів залежить від інтенсивності їх використання, умов навколишнього середовища та рекомендацій заводу виробника. Розглянемо рекомендовані періодичності очищення або ж заміни представлених фільтрів.

Компанія John Deere рекомендує заміну фільтра кабіни в моделях S-серії щонайменше кожні 250 мото-год. роботи або раз на сезон, тоді як Claas (серія Lexion) пропонує інтервал до 400 мото-год., за умови нормального забруднення.

Сервісні служби аграрних підприємств рекомендують після кожного сезону використання зернозбиральних комбайнів або ж перед початком збиральних робіт проводити діагностику систем очищення повітря та перевірку герметичності повітропроводів та ущільнень кабін.

Перспективним напрямом подальших досліджень є аналіз та синтез інноваційних реалізацій в напрямку обгрунтування стратегій резервування для забезпечення надійності систем фільтрації [5].

Список використаних джерел

1. Novytskyi A., Karabynins S., Ruzhylo Z., Novytskyi Y. (2018). Air filters for vehicle interiors. Agroexpert. №2. Agrar Media Ukraine LLC. pp. 82-84. https://nubip. edu. ua/sites/default/files/u132/agroexpert_2018_no2_115_povitryani_filtri_ saloniv_transportnih_zasobiv. pdf.

2. Продеус О. В., Новицький А. В., Ружило З. В. "Лідерство в сфері фільтрації" – ефективний напрям забезпечення надійності техніки. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. Кропивницький: ЦНТУ, 2017. С. 255-256.

3. Kerner, M.; Schmidt, K.; Schumacher, S.; Asbach, C.; Antonyuk, S. (2021). Electret Filters – From the Influence of Discharging Methods to Optimization Potential. Atmosphere, 2021, 12, 65. https://doi. org/10. 3390/atmos12010065.

4. Molnar, G., Ahrens, K., Wegener, Jens K., Dittmar, S., Peter, E., Martin, S., Sch?ckermann, J., R?ver, M. (2025). Operator exposure and cabin protection in plant protection product application. Journal fur Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Том 20, Выпуск 1, pp. 63-79. DOI 10. 1007/s00003-024-01531-7.

5. Novitskyi, Yu. (2024). Ensuring the reliability of filtration systems for transport and processing machines by redundancy. Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 20(4),85-95. https://doi. org/10. 31548/dopovidi/3. 2024. 85.

Т. О. Рожкова, к. б. н., старший науковий співробітник відділу загальної та ґрунтової мікробіології,
Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України
Л. В. Немерицька, к. б. н., доцент кафедри Агрономії та лісового господарства.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ПРЕДСТАВНИКІВ МІКОБІОМУ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ

Постановка проблеми. За причини високої вартості молекулярні методи визначення грибів рослин і досі в Україні є непоширеними. Їх ідентифікацію проводять за морфологічними особливостями згідно різних джерел. Тому визначення фітопатогенів залежить від суб'єктивного чинника. За аналізом літератури ми встановили, що у мікобіоті насіння пшениці у XXI ст. у світі було визначено такі роди: Acremonium sp. Alternaria sp. (Ulocladium sp. відносять до Alternaria sp.), Arthrinium sp., Aspergillus sp., Aureobasidium sp., Cephalosprium sp., Chaetomium sp., Cladosporium sp., Cochliobolus sp., Curvularia sp., Epicoccum sp., Fusarium sp., Gliocladium sp., Microdochium sp., Mortierella sp., Mucor sp., Nigrospora sp., Penicillium sp., Phoma sp., Pyrenophora sp., Rhizopus sp., Rhizoctonia sp., Stemphylium sp., Trichoderma sp., Trichothecium sp. та Verticillium sp. Українськими науковцями виділено та ідентифіковано гриби з 16 родів без сажкових: Acremoniella sp., Alternaria sp., Aspergillus sp., Botrytis sp., Cladosporium sp., Cochliobolus sp., Curvularia sp., Epicoccum sp., Fusarium sp., Mucor sp., Nigrospora sp., Penicillium sp., Phoma sp., Rhyzopus sp., Stemphylium sp. та Sordaria sp.

Мікробіом насіння пшениці різноманітний та вимагає розширення визначення спектру ендофітів для визначення їх ролі в онтогенезі культури. Тому підхід з більш детальної ідентифікації представників внутрішньої мікобіоти насіння є актуальним.

Виклад основного матеріалу досліджень. Нами визначено, що найоптимальнішою модифікацією біологічного методу є застосування картопляно-глюкозного агару (КГА) для виділення максимальної кількості грибів мікобіобіому насіння пшениці (Рожкова та ін., 2010; Рожкова, 2022). Але розширення кількості виділених грибів ускладнює та уповільнює їх ідентифікацію. Тому пропонуємо алгоритм прискорення визначення представників мікобіому пшениці. Насіння розкладають на КГА у чашки Петрі та інкубують у термостаті за температури 22-250С. Після тижня інкубації розділяють дно чашки Петрі на чотири сектори для більш чіткого вивчення колоній. Сектори позначають (римськими цифрами) перед ретельним дослідженням кожної колонії. Спочатку грибну колонію розглядають, відмічають її структуру, забарвлення, щільність. Потім прямо у чашці Петрі за невеликого збільшення досліджують міцелій, конідії тощо. На дні чашки Петрі відразу відмічають колонію, щоб не схибнути, якщо багато схожих зовні. Якщо гриб визначено, то відразу пишуть його назву. У випадку початку процесу ідентифікації колонії позначають цифрами (арабськими) з наступним розшифруванням у своїх записах. Якщо відразу ми не можемо визначити гриб, то робимо мікроскопічний препарат та шукаємо якісь діагностичні ознаки. Будова конідіального спороношення (габітус споруляції альтернарієвих грибів, розташування конідій на конідієносцях) є визначальною для діагностики, тому у цьому випадку роблять фото спороношення ще за розгляду колонії у чашці Петрі, так як не завжди є змога зробити вдалий препарат, а потім і фото за окремого мікроскопування. Дуже часто на колоніях спостерігають різні грибні утворення: коремії, спородохії, плодові тіла тощо. Їх також зберігають та фотографують, тому що часто їх будова є визначальною для діагностики. У випадках, коли характерні ознаки для проведення визначення гриба відсутні, проводять його пересів для подальшого дослідження.

Першим етапом ідентифікації грибів є визначення їх роду. Наш досвід роботи дозволив нам розробити таблицю, яка дозволяє визначити представників мікобіому насіння пшениці до роду за особливостями будови та забарвлення колоній, а також особливостей спороношення. Ідентифікацію видів мікобіоти насіння можливо проводити і за морфологічними ознаками, спираючись на літературні джерела, у яких проведено сучасну ревізію роду молекулярними дослідженнями, підтверджено філогенетичні зв'язки між різними видами та наведено фотоілюстративний матеріал основних стадій грибів.

Таким чином у мікобіомі насіння пшениці озимої в умовах Північного Сходу України впродовж 2014-2020 рр. було виділено 55 видів з 32 родів, які було віднесено до трьох (Ascomycota, Peronosporomycota та Basidiomycota) відділів та одного підвідділу (Mucoromycotina). 27 родів виявились аскомікотовими грибами. У відділі Аскомікота було визначено 11 порядків з п'яти класів (Sordariomycetes, Dothideomycetes, Eurotiomycetes, Leotiomycetes та Orbiliomycetes). Найбільша кількість насіннєвих грибів відносилась до сордаріоміцетів.

Висновки

Аналіз мікобіому насіння пшениці озимої біологічним методом на КГА та ідентифікація його представників за морфологічними ознаками згідно сучасних літературних джерел дозволили за шість років досліджень у межах однієї Сумської області виділити та визначити більшу кількість родів та видів, ніж за двадцять років зі всієї території України.

Hnatyuk O.F.,
Zhytomyr Agricultural Vocational College.

COMBINE HARVESTER PROCESS MODULES AND SENSORS

The combine harvester consists of three crop processing modules, the threshing, separation and cleaning processes. The threshing process is done using a transverse (conventional) or longitudinal rotor with threshing elements to separate the grain kernels from the heads, stems or pods of the given crop. The purpose of the separation system is to segregate the threshed grain kernels through the crop mat from the threshing system prior to leaving the machine as residue material in the field.

The conventional separation system is constructed using straw walkers relying on gravity for kernel segregation or as a longitudinal rotor using the rotational force to increase the kernel segregation. The threshing and separation systems are constructed as one coherent system in modern combine harvesters. The conventional walker machines uses a transverse threshing rotor and a straw walker for separation, the an axial machines uses one or two parallel rotors with threshing elements in front and separation in the rear end, and the hybrid machines a transverse threshing rotor and a longitudinal separation rotor. The project was conducted in parallel with the development of combine harvester series using a single or dual axial rotor threshing and separation system depending on combine class grading. It is possible to adjust rotor speed (!r) and concave clearance (dp) in the threshing section to vary how hard the crop is threshed as well as the separation rate, see Figure 1. The concave facilitates an individual adjustment of the inside and outside clearances [14], however these were set identical for all tests, thus the clearance is denoted with one variable (dp). The threshing and separation system is equipped with impact sensors longitudinally along the rotor to measure the separation curve and one transverse in the rear end to measure the separation loss. The total throughput (m_ f) can be measured using two different relative sensor readings, i.e. a mechanical sensor measuring the crop height in the feederhouse and a measurement of the hydraulic oil pressure of the belt variator in the rotor drive train. The grain damage is measured with a grain quality sensor (GQS) located in the top of the clean grain elevator.

The threshing and separation system additionally separates a considerable amount of chaff and straw pieces, generally characterised as material other than grain (MOG). The separated material flow of grain (m_ p;g) and MOG (m_ p;c) is collected using the front and rear return pans transporting the material in the forward direction. Both return pans deliver the material on the stratification pan which transport the material in the rearward direction where it enters the cleaning shoe (m_ c;g and m_ c;c). The purpose of the cleaning system is to clean the grain (m_ c;g) from the MOG (m_ c;c) in the delivered material throughput from the threshing and separation system. All modern combine use a system with an adjustable fan (!f) and two sieves with adjustable openings (dc and ds). The purpose of the upper sieve is to separate the grain kernels before leaving the cleaning system as residue (m_ c;l and m_ c;r), and for the lower sieve to avoid separation of MOG particles into the clean grain throughput (m_ y;g and m_ y;c) to the grain bin.

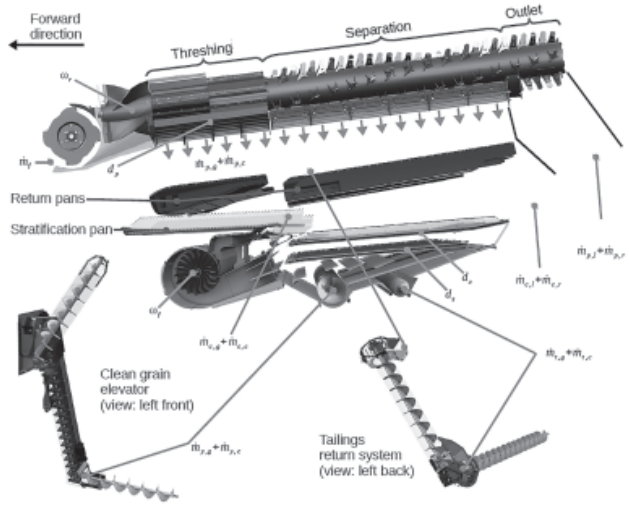


Fig. 1. **Threshing, separation and cleaning system material flows.**

The material being segregatedthrough the upper sieve but not the lower sieve is denoted tailings (m_ t;g and m_ t;c) and is returned into the cleaning system on the rear return as marked on Figure 1.2. The tailings return location depends on the overall design of the combine. The purpose on the cleaning fan is to maintain the MOG airborne where the grain can be segregated throughput the sieves. The cleaning system is equipped with longitudinal impact sensors under the upper sieve and transverse sensors for grain loss detection over the full width behind the upper sieve. Additionally a transverse impact sensor is used to measure the tailings grain throughput and a proximity sensor used to measure the volumetric tailings throughput. The amount of MOG in the clean grain throughput is measured with the GQS and the clean grain throughput is measured with the yield sensor in the top of the clean grain elevator. The m_material flow sub-script notation refers the module before the

comma and material type after the comma. Before the comma p notate threshing and separation system, c cleaning shoe, t tailings and y clean grain material flows, where after the comma g and c refers to grain and MOG that remains in the combine where l and r refers to grain (loss) and MOG (residue) leaving the combine.

References

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23.

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10. Scopus.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719.

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

9. Yablonskyi P., Rogovskii, I., Sobczuk H., Virchenko G., Volokha M., Vorobiov O. Computational approach to geometric modeling of plow bodies. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 11(1), 2024, pp. E9-E18. https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).e2.

Сівак І.М., к.т.н., доцент,

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

АНАЛІТИЧНИЙ ПІДХІД ВИЗНАЧЕННЯ ШИРИНИ ЗАХВАТУ КУЛЬТИВАТОРА ТА ШВИДКОСТІ РУХУ МАШИННОГО АГРЕГАТУ

Продуктивність агрегату, що складається з трактора відповідного класу тяги та культиватора для основного обробітку грунту в значній мірі залежить від швидкості руху, ширини захвату і конструкційних матеріалів. Культиватор, що створюється повинен відповідати умові:

$$k_n \geq k_{існ}$$

де:

k_n – якісні показники роботи машини, що проектується;

$k_{існ}$ – існуючі показники кращих зразків аналогічних машин.

Встановлено, що продуктивність такого агрегату визначається за залежністю:

$$W = \frac{N_{кр}}{f\left(\alpha + \beta a \cdot B^2\right) + ka + \varepsilon a V^2} \quad (1)$$

де:

$N_{кр}$ – потужність на крюку трактора, кВт;

f – коефіцієнт опору протягуванню знаряддя;

α – питома металомісткість;

β – коефіцієнт питомої металомісткості рамних конструкцій машин, що враховує міцність, профіль металу та умови роботи машини, кН/м^4;

a – глибина обробітку, м;

B – ширина захвату агрегату, м;

k – питомий опір грунту, кН/м^2;

ε – коефіцієнт, що враховує вплив швидкості руху і форму робочої поверхні на тяговий опір, кНс^2/м^4, V – швидкість руху, м/с.

Аналіз рівняння показує, що існують такі значення B і V при певних значеннях f, α, β, ε, k і a, при яких продуктивність буде максимальною і може в декілька разів перевищувати мінімальну. Значення B і V, при яких $W=max$, знайдемо із умови

$$W = \frac{N_{кр}}{F} \to \max, якщо F = f\left(\alpha + \beta a B^2\right) + ka + \varepsilon a V^2 \to \min;$$

$$F = \min при \frac{dF}{dB} = 0, причому W = BV = const;$$

$$\frac{dF}{dB}\left(fa + f\beta a B^2 + \varepsilon a V^2\right) = 0; f\beta B^4 = \varepsilon W^2.$$

Звідки

$$B_{опт} = \sqrt{W\sqrt{\frac{\varepsilon}{f\beta}}} \quad (2)$$

Аналогічно визначаємо

$$V_{опт} = \sqrt{W\sqrt{\frac{f\beta}{\varepsilon}}} \quad (3)$$

В результаті проведеного дослідження визначено оптимальну ширину захвату та швидкість руху культиватора для основного обробітку грунту при максимальній продуктивності агрегату.

Список використаних джерел

1. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

2. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

3. Romaniuk W., Rogovskii I., Polishchuk V., Titova L., Borek K., Wardal W.J., Shvorov S., Dvornyk Y., Sivak I., Drahniev S., Derevjanko D. Study of methane fermentation of cattle manure in the mesophilic regime with the addition of crude glycerine. Energies. 2022. Vol. 15. Issue 9. P. 3439. https://doi.org/10.3390/en 15093439.

4. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 884-890. https://doi.org/10.22616/ ERDev.2022.21.TF279.

7.Rogovskii I.L., Polishchuk V.M., Titova L.L., Sivak I.M., Vyhovskyi A.Yu., Drahnev S.V., Voinash S.A. Study of biogas during fermentation of cattle manure using a stimulating additive in form of vegetable oil sediment. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. Vol. 15 (2020). Issue 22 (20th November). P. 2652-2663.

Тітова Л.Л., к.т.н., доцент,

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

АНАЛІТИЧНІСТЬ ШВИДКОЗМІННИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ У РЕАЛЬНОМУ МАСШТАБІ ЧАСУ

Для вирішення задачі обробки швидкозмінних параметрів у реальному масштабі часу розглянемо безліч показників швидкозмінних параметрів. Аналіз документації з обробки параметрів елементів конструкцій зернозбиральних комбайнів показав, що з наявності близько 30 швидкозмінних параметрів у комбайнів число контрольованих показників становить 369, тобто можна ввести до розгляду безліч характеристик швидкозмінних параметрівI–$= \{i_j | j = \overline{1,369}\}$. Однак всі характеристики розглядати в рамках статті недоцільно, тому для наочності розглянемо лише 10 з них, що утворюють множину $I = \{i_j | j = \overline{1,10}\}$.

Крім розглянутих характеристик необхідно врахувати різнорідність інформації зернозбиральних комбайнів та можливість розподіленої обробки швидкозмінних параметрів на різних автоматизованих робочих місцях. Для позначення автоматизованих робочих місць введемо множину $J = \{j_1, \dots, j_7\}$.

Основні методи обробки високочастотних сигналів утворюють безліч M=$\{m_w | w=(1,3)\}$; де m_1 – перетворення Фур'є; m_2 – швидке перетворення Фур'є; m_3 – Вейвлет-перетворення.

Щоб усунути обмеження необхідності обробки всього сигналу відразу, необхідно до алгоритму обробки застосувати віконну функцію. Представимо основні типи віконних функцій у вигляді множини $G = \{g_e | e = \overline{1,5}\}$: де g_1 – прямокутне вікно; g_2 – вікно Ханнінга; $g3$ – вікно Кайзера; g_4 – вікно Блекмана; g_{e5} – вікно Flat-top.

Щоб врахувати можливість перекриття вікон, розглянемо безліч можливих кроків віконної функції $S = \{S_d | d = \overline{1,5}\}$ де S_1 – 0,1 с; S_2 – 0,2 с; S_3 – 0,3 с; S_4 – 0,4 с; S_5 – 0,5 с.

Представимо також варіанти ширини віконної функції у вигляді множини$K = \{k_l | l = \overline{1,5}\}$ де k_1 – 1 с; k_2 – 2 с; k_3 – 3 с; k_4 – 4 с; k_5 – 5 с.

Введемо в розгляд безліч A_j, кожен елемент якого являє собою алгоритм обробки характеристик швидкозмінних параметрів i_j, при реалізації якого використовуються один з методів $m_w \in M$. В результаті отримаємо безліч $A_j = \{a^j_{mgsk_z} | z = \overline{1,375}\}$, яке є множиною алгоритмів обробки характеристик швидкозмінних параметрів i_j.

Безліч A_j є вектором $A^T_{j(375)}$, що складається з 374 нулів і однієї одиниці. Всі можливі комбінації цих векторів утворюють одиничну матрицю квадратну $A_{j[375]}$.

Для матриці $A_{j[375]}$ необхідно вибрати алгоритм, що задовольняє вимоги щодо точності та оперативності.

Спочатку з елементів $a^j_{zz}(z = \overline{1,375})$ виберемо такі, які відповідають вимогам точності. Для цього розрахуємо показник точності кожного елемента за формулою:

$$P = \frac{N\Delta f_п}{N\Delta f_п + \beta f_s} \quad (1)$$

де:

f_s – частота дискретизації сигналу;

N – кількість звітів, що потрапили у віконну функцію;

β – коефіцієнт когерентного посилення віконної функції, що характеризує збільшення ширини смуги для обраного вікна.

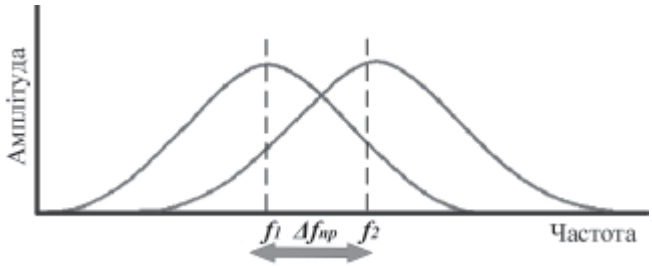


Рис. 1. **Графічна візуалізація мінімального необхідного дозволу**

Значення показника точності будуть однакові для елементів $a_{zz}^{j}(z=\overline{1,375})$, які не відрізняються застосовуваними методами $m_w \in M$, і кроком віконної функції $S_d \in S$. Тобто. рядки матриці $A_j[375]$ утворюють 15 блоків по 25 значень (число поєднань елементів $m_w \in M$ і $S_d \in S$) показника точності. Таким чином, задане значення показника точності дозволяє вибрати кілька блоків елементів $a_{zz}^{j}(z=\overline{1,375})$ показник точності яких вищий за заданий, що дозволяє значно скоротити матрицю.

Євтушенко В.Д., к.е.н., доцент,

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

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВІБРАЦІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

Вібродіагностика – це галузь науки, що включає в себе теорію, методи засоби виявлення і пошуку несправностей в об'єктах технічної природи на основі аналізу коливальних процесів в системах діагностування і може бути представлена у вигляді коливальної системи і спектра вібрації, стимульованого або тестовими, або функціональними збуреннями, що містять інформацію про технічний стан об'єкта. Вибір методу вібраційного діагностування обґрунтовують з урахуванням наступних факторів: необхідна точність діагностики, режим роботи обладнання, умови, в яких проводяться операції діагностування та ін.

Ефективність застосування того чи іншого методу вібраційного діагностики оцінюється за наступними критеріями:

– час на виконання операцій з вібраційного діагностування;

– кількість необхідної вхідної інформації для визначення дефекту і встановлення діагнозу;

– обсяг вихідної інформації, т. е інформативність;

– обсяг грошових витрат на засоби діагностування та програмного забезпечення.

На сьогоднішній день існує велика кількість методів і засобів вібраційного діагностування. Широко застосовується метод діагностування по спектру вібрації. В спектральному аналізі з метою визначення частотного складу вимірюваного сигналу застосовується в основному перетворення Фур'є.

Спектральний аналіз виконується при застосуванні даного методу найбільш часто з широкосмугового спектру, прямим спектру, спектру обвідної.

Діагностування з широкосмугового спектру досить часто застосовується на практиці. При діагностуванні з широкосмугового спектру виявляються не тільки дефекти підшипників кочення, а й інші дефекти устаткування. Метод реалізується широкосмуговим спектроаналізатором з хорошою роздільною здатністю за участю підготовленого персоналу. Дефекти підшипників при цьому методі виявляють в момент, коли відбувається збільшення енергії резонансних коливань і стає помітна в частотному розподілі всієї потужності вібрації.

Метод діагностування за прямим спектру заснований на виявленні періодичності амплітудних сплесків. Виникнення і ступінь розвитку дефектів підшипників ідентифікують по частотному складу спектра і амплітуді. Дефекти можуть виникнути на тілах кочення внутрішньому і зовнішньому кільці, сепараторі і віброакустіческом сигналі виявляються на власних частотах, які залежать від швидкості обертання підшипника, від його геометрії і кінематики.

Діагностування по спектру обвідної вібрації засноване на аналізі параметрів огинаючої вібрації, яку виділяють амплітудним детектирани-

ем і перетворенням Гільберта вузькосмугового сигналу. Застосування даного методу відкриває можливості виявлення дефектів підшипників на ранніх стадіях.

Аналізатор вібросигналів для здійснення діагностики підшипників кочення по спектру обвідної повинен мати функцію смуговий фільтрації, детектування і отримання спектра обвідної вібрації. На вітчизняному ринку, наприклад, представлені наступні прилади для реалізації даного методу: СД-1, СД-2 фірми ВАСТ, Топаз і Агат фірми Діамех. Перевагами даного методу є висока чутливість, висока вірогідність визначення виду і величини кожного з дефектів, перешкодозахищеність і інформативність. недоліки методу-висока вартість апаратури і складність реалізації. Метод застосуємо тільки для високочастотного сигналу. Алгоритм обробки і аналізу інформації про об'єкт діагностування реалізується найчастіше з використанням персонального комп'ютера. Діагностування підшипника пов'язано з однією складністю– з багатостадійну розвитку дефекту [55], ускладнює коректне визначення залишкового ресурсу підшипника.

Діагностування за співвідношенням загального рівня і піків в вібросигналом має кілька модифікацій і найменувань. Розвиток даного методу в основному пов'язано з фірмою "Брюль і К'ер" і має назву діагностування з використанням пік-фактора. При реалізації даного методу виконується порівняння загального рівня в основному середньоквадратичного значення (СКЗ) вібрації зі значенням амплітуд викидів (піків). Внаслідок відхилення форми і розмірів деталей від ідеальних, нові підшипники кочення вже при установці генерують мікроудари, інтенсивність яких зростає при пошкодженнях. У точці удару тіла кочення про кільце підшипника виникають ударні, швидко затухаючі в тілі кільця підшипника пружні хвилі, які і реєструються п'єзоакселерометрів. Чим більше пікове значення перевищує величину середньоквадратичного значення, т. Е. Чим більше відносна амплітуда піків виброакустического сигналу – ударів, тим сильніше в підшипнику розвинений дефект, і такий підшипник вважається найменш надійним.

порівняно з багатьма іншими метод досить простий, але в деяких випадках є досить чутливим для виявлення дефектів, що зароджуються.

Цей метод в загальному випадку прийнято називати методом "ударних імпульсів". Важливим показником в даному методі є ставлення пікового значення до СКЗ високочастотної вібрації – пік фактора, аналіз же високочастотної вібрації порушуємо ударним імпульсом, показує, що він досить нетривалий в часі і має тенденцію до "загасання".

Не всі зароджуються дефекти підшипника кочення призводять до появи ударних імпульсів, і досить часто, дефектний підшипник виявляється лише незадовго до відмови, коли в ньому розвивається ланцюжок пов'язаних дефектів, один або кілька з яких стають джерелом ударних імпульсів. І навіть в цьому випадку частота проходження ударних імпульсів може бути настільки великий, що не призведе до зростання такого важливого показника, як пік-фактор.

Так само до недоліків можна віднести те, що при реалізації даного методу, відсутня інформація про вид дефекту і відповідно давати довгостроковий прогноз стану стає практично неможливим, так як різні дефекти мають різний часовий інтервал від зародження дефекту до ступеня розвитку, що приводить до відмови, і можуть складати від декількох місяців до декількох років. Ще одна особливість, яка ускладнює застосування цього методу полягає в тому, що зі збільшенням терміну служби збільшується число дефектів в підшипнику і величина вібрації. Максимальне значення, пік фактора, виявляється в досить короткому проміжку часу, коли в підшипнику є така кількість дефектів, що призводять до порушення одиночних ударних імпульсів в момент проходу кожним тілом кочення дефектної зони кільця підшипника. У міру розвитку кількості і якості дефектів виникають групові ударні імпульси, величина пік фактора знижується і метод стає менш ефективним.

Існує так само метод порівняння потужності сигналу в частотних діапазонах, при якому виділяють певні діапазони частот і порівнюють потужність сигналу, отриманий при поточному вимірі, із заданим рівнем потужності для справного підшипника. Даний метод в основному реалізують на заводах виробниках підшипників кочення з застосуванням спеціальних стендів.

Статистичні методи обробки сигналів вібрації. Статистичні методи допомагають виміряти, описати, проаналізувати і змоделювати подібну мінливість навіть при наявності обмеженого обсягу даних. Статистичний аналіз даних може допомогти при формуванні кращого розуміння природи, термінів і причин мінливості, а в подальшому при вирішенні і навіть попередженні проблем, пов'язаних з такого роду мінливістю.

Таким чином, статистичні методи дозволяють найкращим чином використовувати наявні в розпорядженні дані при прийнятті рішень на стадіях проектування, розробки, виробництва, постачання і технічного обслуговування. Перевагою такого методу є висока інформативність, до недоліків можна віднести потреба у великому обсязі вхідної інформації і значних тимчасових витратах.

Вібраційний стан машин широкого класу успішно оцінюють при діагностуванні за параметрами тимчасового сигналу шляхом вимірювання СКЗ віброшвидкості і віброприскорення.

Виконано досить багато практичних досліджень, які цілком переконливо (зовні) показали можливість застосування такого підходу. При уважному розгляді представлених результатів досить добре видно, що достовірне діагностування цим

методом виходить в тому випадку, коли дефект досить сильно розвинений. В основному це відбувається тоді, коли залишковий ресурс підшипника складає 20-40%, а решту терміну служби рідко перевищує кілька тижнів або місяців.

Перевагою цього методу є простота реалізації і низька вартість за рахунок використання елементарної портативної віброізмеряющей апаратури. Серед недоліків варто виділити неможливість точного визначення виду дефекту. Для зняття найбільш точної інформації за параметрами вібрації п'єзоелектричний датчик повинен бути встановлений в безпосередній близькості від досліджуваного підшипника.

Діагностування підшипників кочення молоткових дробарок кормів, з метою подальшого визначення залишкового ресурсу, представляється можливим при наявності інформації про взаємозв'язок технічного стану і параметрів вібрації, а також про закономірності зміни технічного стану від напрацювання. Дані припущення і послужили основою для формування завдань подальшого дослідження.

Роговський І.Л., д.т.н., професор,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Необхідність вирішення проблеми розвитку системи інженерно-технічного забезпечення аграрного виробництва пов'язана з тим, що нині технічне оснащення аграрного виробництва досягло критичної межі [1]. Внаслідок погіршення платоспроможності сільські товаровиробники не мають коштів для закупівлі техніки, а машинобудівники через зниження попиту, економічну кризу, обмежене фінансування та брак обігових коштів змушені скорочувати і навіть зупиняти виробництво [2]. Найкритичніше ситуація виглядає в галузі комбайнобудування [3]. Якщо потреба України в тракторах задовольняється близько на 60%, то в зернозбиральних комбайнах – на 46% [4].

Недостатня забезпеченість господарств високопродуктивними зернозбиральними комбайнами, низька їх поновлюваність, а також незадовільний якісний стан (близько 70 % машин має термін служби більше 8-10 років) призвели до непосильного навантаження на комбайн [5]. За цих умов це сприяє затягуванню строків виконання збиральних робіт, порушенню вимог агротехніки і, як наслідок, значного недобору урожаю [6]. За наявного парку комбайнів 70% виробництва країн СНГ з нижчим коефіцієнтом надійності (близько 0,6) таке навантаження призводить до затягування строків збирання на 25 і більше діб. Втрати зерна від осипання при затягування строків збирання наступні: у перші сім діб після оптимальних – 2.6% , у другі 7 діб – 14.5% у треті 7 діб – 21.6, у четверті – понад 30%. Таким чином прийнявши теоретично, що всі наявні комбайни працюють без поломок з високою продуктивністю та із 100% надійністю спробуємо підрахувати мінімальні втрати урожаю від осипання зерна з причини затягування строків жнив [7]. Для розрахунку приймемо 12 годин роботи на добу. Розрахуємо, що урожайність становить – 3,5 т/га. Тривалість жнив виходячи з навантаження на один зернозбиральний комбайн (340 га з врахуванням кількості технічно справних комбайнів) при 12 годинах роботи на добу, буде становити 340/12 = 28.333 діб (4). За одну добу весь парк комбайнів буде збирати 15468300 га/28.333 = 545940 га [8]. Відповідно (*рис. 1*):

– за перші 7 діб, теоретично без втрат на осипання, буде зібрано 545940?7 діб = 3821580 га або 13375530 т;

– за другі 7 діб (з втратою 2,6%) – ті ж самі 3821580 га – 13027766 т (втрати – 347764 т);

– за треті 7 діб – 11436079 т (втрати – 1939451 т);

– за четверті 7 діб – 10486416 т (втрати – 2889114 т).

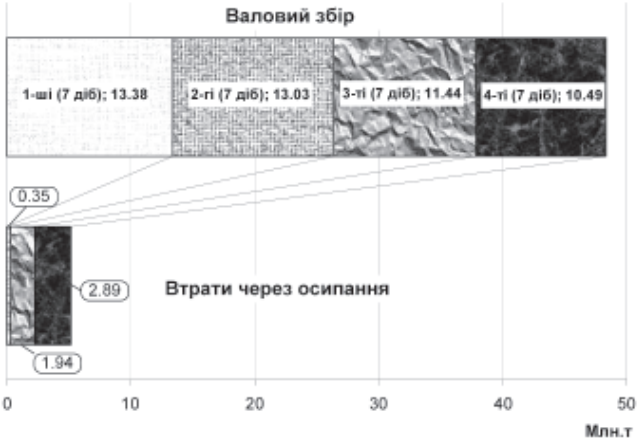


Рис. 1. **Розрахунковий валовий збір та втрати урожаю від осипання**

Залишок буде зібрано за останні півдня і до уваги втрати брати не будемо. Що ми отримали в ре-

зультаті? З 15468300 га зернових за 4 семиденки буде фактично зібрано 48325791 тонн зерна, при цьому втрачено лише від осипання – 5176329 тонн, або 10,7% вирощеного. Результатом є фактичне зниження урожайності з 3,5 т/га до 3,1 т/га. Така втрачена сума лише від осипання дозволила б Україні придбати 2223 зернозбиральних комбайни Джон Дір 9660 STS або більше 3100 – Sampo SR 3065L.

Зважаючи на викладені вище проблеми виникає питання яким же може бути вихід для України. З одного боку українські аграрії мають підтримувати вітчизняних машинобудівників. Однак галузь машинобудування на сьогодні не має достатніх потужностей для задоволення ростучих потреб в зернозбиральних комбайнах. При цьому надійність вітчизняних комбайнів все ж нижча від закордонних. Питання в тому, чи зможуть вітчизняні машинобудівники витримувати конкуренцію, вкладати ті ж кошти, які вкладають в наукові розробки провідні виробники сільськогосподарської техніки. Нажаль це питання лише риторичне. Для прикладу фірма "Джон Дір" витрачає на конструювання щорічно близько 500 млн. доларів.

Звичайно в умовах економічної кризи Україна не в змозі конкурувати з цими виробниками. Тому, якщо сьогодні Україна не прийде до налагодження промислової зборки зразків закордонної техніки з поступовою локалізацією до 50% виробництва в Україні, майбутнього в неї не буде. Звичайно паралельно з цим слід розвивати і вітчизняне машинобудування. Спираючись на ці цифри Україні потрібно близько 96676 комбайнів. Це означає, що господарства України, зважаючи на наявну на сьогодні кількість зернозбиральної техніки та її технічний стан, повинні щороку отримувати по 12 тисяч комбайнів і не списувати їх протягом 20-40 років. Звичайно закупляти таку кількість техніки Україні не під силу в умовах світової кризи. Альтернативним виходом на сьогодні може бути досвід автомобілебудівників, а саме налагодження промислового збирання комбайнів з поступовою локалізацією до 50% виробництва в Україні. Такий підхід уже декілька років запроваджено на Україні.

Список використаних джерел

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

Ничай І.М.,

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

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ЗЕРНА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Спосіб визначення втрат зерна зернозбиральних комбайнів, що включає відбір проб зерносоломистої маси, вимір ширини захвату хедера, виділення зерна з проб з наступною математичною обробкою, причому першу пробу беруть з поля, зрізуючи рослини на ділянці, яка має форму прямокутника, довжина якого дорівнює довжині килимка, близькою конструктивній ширині захвату хедера, ширина ширині килимка, що укладається на всю зрізану ділянку, розташовану довгою стороною перпендикулярно напрямку руху комбайна, обмолочують пробу вручну і визначають масу зерна m_a, другу пробу беруть з килимка і розраховують втрати зерна за подрібнювачем m_1 шляхом множення маси зерна другої проби m_2 на відношення довжини килимка $l_к$ до фактичної ширині захвату хедера $b_ф$ після проходу комбайна, і визначають втрати зерна за формулою

$$B_з = \frac{m_i}{m_a} \cdot 100\%$$

де:

$B_з$ – втрати зерна, %;

$m_i = m_{2п} l_к / b_ф$ – розрахункова маса зерна за подрібнювачем, г;

m_a – маса зерна з проби, зрізаної з поля, г.

Запропонований спосіб визначення втрат зерна зернозбиральних комбайнів працює наступним чином (*рис. 1*). Спочатку беруть гумовий килимок оригінальної конструкції, довжиною $l_к$, близькою до конструктивної ширині захвату хедера комбайна, і шириною $b_к$=0,5...1,0 м. Перед проходом комбайна 1. На незбираній ділянці поля 2 роблять прокошування прямокутної форми за розмірами гумового килимка. Причому прокошування виконують перпендикулярно до передбачуваного напряму руху комбайна. На місце покосу укладають гумовий килимок 3. Після проходу комбайна 1 на отриманій стерні 4 обмежують ділянку 5 (накладенням рамки) з довжиною $l_д$, що дорівнює робочій ширині захвату хедера $b_ф$, і шириною $b_д$, рівній ширині килимка $b_к$.

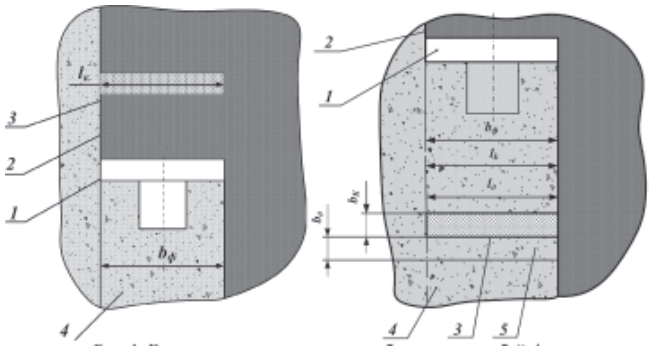


Рис. 1. **Визначення втрат зерна зернозбиральних комбайнів.**

Першу пробу беруть із зерносоломостої маси з килимка 3, виділяють втрачені зернини. Другу пробу беруть зі зрізаних колосків з ділянки 5, виділяють втрачені зернини. Зібрані втрати підсумовують і визначають загальні втрати зерна. Потім, знаючи врожайність поля, розраховують відсоток втрат за зернозбиральних комбайном.

Список використаних джерел

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

Стецюк С.В.,

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

ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ВЕЛИЧИНИ ВТРАТ ТА МЕХАНІЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ЗЕРНА ПРИ КОМБАЙНОВОМУ ЗБИРАННІ

Класифікація причин втрат і механічних пошкоджень зерна під час комбайнового збирання вказує на те, що всі фактори взаємопов'язані між собою (*рис. 1*).

Перша група – природно-кліматичні умови збирання [1]. Вона відображає зональні особливості умов збирання врожаю (рельєф поля, погодні умови тощо), що зумовлює всі фактори інших семи причинних груп. Фактори цієї групи можна лише удосконалити та привести у відповідність до вимог оптимальних умов збирання врожаю лише через певні проміжки часу (роки) (збільшено розміри полів).

Друга група – агротехнічний стан стебла, біологічні особливості зерна, фізико-механічні вла-

стивості компонентів обмолоченого вороху [2]. Визначає отримання такого агробіологічного стану та фізико-механічних властивостей зернової маси, які відповідатимуть вимогам механізованого збирання, тобто сприятимуть виключенню втрат і механічних пошкоджень зерна.

Третя група – технологічно-технічні налагодження молотильного апарату та інших робочих органів [3]. Враховуючи конструктивні особливості та технічний стан молотарки, комбайнер обирає технологічні налаштування, які забезпечують мінімальні механічні пошкодження та втрати зерна під час обмолоту. Фактори цієї групи змінюються дуже динамічно.

Четверта група – режим роботи молотильного апарату та інших робочих органів молотарки [4]. Він включає чинники, що визначають режим роботи комбайна в залежності від стану обмолочуваної маси та конструктивних особливостей окремих робочих органів молотарки, а також майстерність комбайнера, яка значною мірою визначає оптимальний режим роботи комбайна. молотарки і комбайна в цілому.

П'ята група – конструктивні особливості молотильного апарату та інших робочих органів молотарки [5]. Це нові технологічні схеми зернозбиральних комбайнів, використання в машинах прогресивних робочих органів. Фактори цієї групи пов'язані з факторами першої та другої груп і реалізуються через фактори третьої та четвертої груп.

Шоста група – технічний стан молотильного апарату та інших робочих органів молотарки [6]. Справний технічний стан усіх робочих органів комбайна є запорукою зменшення втрат і механічних пошкоджень зерна при обмолоті [7].

Сьома група – майстерність комбайнера. Він характеризує індивідуальні якості комбайнера, його професійну майстерність, тобто утворює робочу систему: "природні умови – зернова маса – машина – людина" [8].

Восьма група – організаційно-економічні умови. Фактори цієї групи є як би основою, на якій тримаються всі фактори інших груп.

Найбільший вплив на якість прибирання мають фактори другої групи. Втрата вільного зерна в соломі. Соломотряс не має технологічних налаштувань, дуже чуйно реагує на порушення режиму роботи, особливо на збільшення подачі зернової маси. Для сучасних комбайнів вона становить 5,0-8,5 кг/с, що забезпечує прийнятні втрати соломотрясами. Потім збирають засмічений, вологий, солом'яний хліб, корми повинні бути нижче оптимальних. Значною мірою втрати вільного зерна в соломі залежать від стабільності частоти обертання колінчастого вала соломотряса.



Рис. 1. **Причини та фактори, що визначають величину втрат та механічних пошкоджень зерна під час збирання**

Список використаних джерел

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

Соломка О.В., к.т.н., доцент,

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

СХЕМА РОЗМІЩЕННЯ ДОСЛІДНИХ ДІЛЯНОК ЗА ДОВЖИНОЮ ГОНУ ПОЛЯ

Як об'єкти досліджень було прийнято озимий ячмінь та озиму пшеницю, з урожайністю зерна в межах 30-74 ц/га. Нам не вдалося знайти інформації про те, що будь-хто проводив подібні дослідження на високоврожайному агрофоні, характерному для великотоварних господарств. Послідовність операцій із взяття проб була наступною [1-8].

На *рис. 1* показано схему розміщення дослідних ділянок по довжині гону поля.

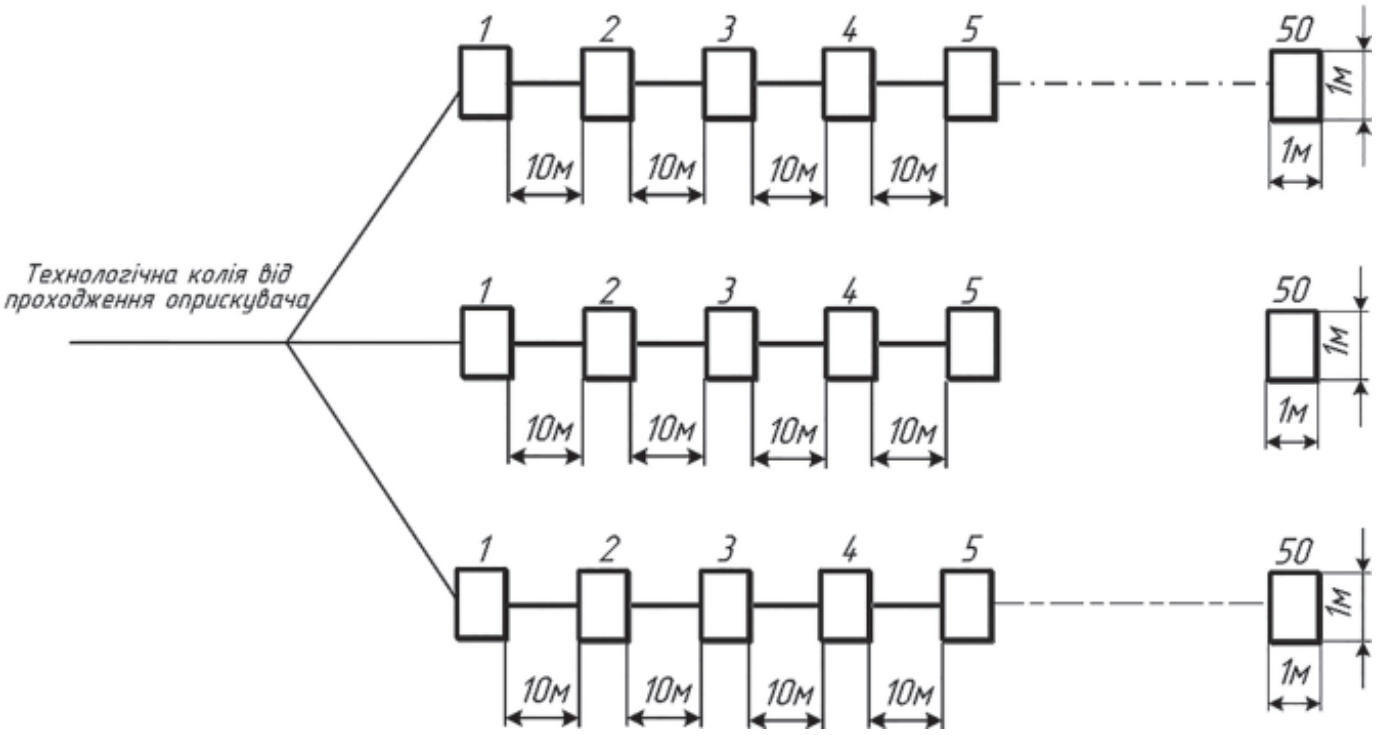


Рис. 1. **Схема розміщення дослідних ділянок за довжиною гону поля.**

По середині поля виділялася ділянка розміром 750х750 м. Знаходилася середня технологічна колія (вона утворюється після проходу обприскувача) і ліворуч від неї комбайном робиться прокос на всю довжину поля. Лаборант, рухаючись ним, накладав мірну рамку на 1 обліковий ділянку в хлібному масиві паралельно колії з інтервалами 10 метрів.

Усередині кожної з них зрізалася вся біологічна маса культури, що забирається на довжині 500 м симетрично середині поля. Висота зрізу вбирається у 10-15 см від поверхні поля.

Отриманий у результаті зрізу хлібної маси сніп оснащували етикеткою із зазначенням найменування культури, сорту, врожайності, номера поля, номери колії та номери облікової ділянки. Сніп містився у мішок.

Снопи з етикетками вирушали до лабораторії, де їх зважували та обмолочували. Масу соломи визначали відніманням маси зерна з маси сніпа. Результати всіх зважувань заносили до таблиці. Відстань між коліями була 75 метрів.

Отримані вагові характеристики сніпа та зерна перераховували на врожайність у т/га для побудови графіків зміни врожайності за кожною колією, а потім і за охопленою спостереженням площі поля в цілому.

Список використаних джерел

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

Надточій О.В., к.т.н., доцент,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

КОНЦЕПЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИННИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Концепція проектування машинних технологій у системі точного землеробства передбачає отримання карток розподілу врожайності зерна та карток родючості [1-8]. У цих картах по координатній сітці поля зафіксовані конкретні значення певних показників, що дозволяє отримати сукупну картину нерівномірності їх розподілу. Ці карти потрібні для оптимального управління наступними сільськогосподарськими операціями.

В рамках поставленого завдання ми обмежилися першим етапом робіт з координатного (точного) землеробства – отримання показників розподілу врожайності хлібної маси та факторів родючості по полю.

Відомо, що врожайність зерна та соломи за площею поля розподілені з різних причин не рівномірно, на що впливають навіть лісосмуги. Ділянки поля, близькі до лісосмуг, мають врожайність вище, ніж у середині поля. У роботі [50] навіть наведено формулу зміни врожайності зерна залежно від відстані конкретної ділянки до лісосмуги

$$\overline{y_i} = \frac{(1{,}2 \div 1{,}25) \cdot \bar{y}}{P_{XP}(0{,}003 \div 0{,}004)L} \qquad (1)$$

де:

$\overline{y_i}$ – середня врожайність зерна на конкретній ділянці поля, т/га;

$\bar{y}$ – середня врожайність зерна з усього полю, т/га;

L – відстань від конкретної ділянки до лісосмуги (у межах 0÷70)

При збільшенні L більше 70 м вплив лісосмуги позначається меншою мірою.

Нерівномірність розподілу врожайності зерна та соломи за площею поля виходить з багатьох причин. Різнорідність вихідного посівного матеріалу, порушення режимів роботи сівалок, особливо за глибиною закладення насіння, нерівномірність розподілу факторів родючості у ґрунті тощо.

Нерівномірність врожайності, відповідно і подачі хлібної маси в комбайн більшою мірою впливає його роботу, оскільки комбайн налаштовують, зазвичай, якусь середню врожайність. У комбайні немає жодних автоматичних засобів налаштування на оптимальний режим залежно від урожайності. Тому при відхиленні врожайності від середнього значення у велику сторону можливе порушення технологічного процесу роботи комбайна (забивання молотарки) та виникнення великих втрат зерна.

Список використаних джерел

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869.

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

Шатров Р.Р.,

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

РЕГУЛЮВАННЯ ПОДАЧІ ХЛІБНОЇ МАСИ ДО ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

При відхиленні врожайності зерна та соломи у менший бік від середнього значення комбайн працюватиме з недовантаженням, що знижує загальну ефективність його роботи. Комбайнер має деяку можливість регулювати подачу хлібної маси до комбайна, змінюючи швидкість руху комбайна або робочу ширину захвату жниварки. Проте величину врожайності він може оцінювати лише візуально, орієнтуючись на власний досвід. Це суб'єктивна оцінка часто спричиняє порушення технологічного процесу роботи комбайна.

Тому подача хлібної маси до комбайна є імовірнісною величиною. У роботі [1] дається рівняння для розрахунку математичного очікування величини подачі хлібної маси до комбайна.

$$M(g)=M(B)\cdot M(V_K)\cdot M(Q) \qquad (1)$$

де $M(B)$, $M(V_K)$, $M(Q)$ – відповідно математичні очікування ширини захвату жатки – B, швидкості руху комбайна – V_K і врожайності хлібної маси – Q.

Відповідно рівняння для визначення коефіцієнта варіації подачі хлібної маси в комбайн матиме вигляд:

$$V_g = \sigma_g \frac{V_B \cdot V_v \cdot V_Q}{t_\alpha^2 \cdot \sigma_B \cdot \sigma_v \cdot \sigma_Q} \qquad (2)$$

де V_B, V_v, V_Q, σ_B, σ_v, σ_Q – відповідно коефіцієнти варіації та середньоквадратичні відхилення B, V_K, Q при коефіцієнті розсіювання аргументу від його математичного очікування – t^2_α.

Звідси межі варіювання поточної подачі хлібної маси g_i

$$M(g) = t_\alpha \cdot \delta_g \le g_i \le M(g) + t_\alpha \cdot \delta_g \qquad (3)$$

де t_α – коефіцієнт розсіювання значень g(2÷3) при округленій допустимої ймовірності (0,9÷0,95).

Таким чином, якщо у формулі (2) замість – g_i підставити пропускну здатність комбайна, як граничну подачу хлібної маси в комбайн при обмежених стандартом втратах зерна (1,5%) – g_K то можна стверджувати, що в будь-якому випадку

повної синхронності роботи комбайна на рівні – g_K досягти неможливо, і комбайн працює або з недовантаженням, або з навантаженням. Причому, як у роботі [2] роль варіації врожайності є домінуючою. Звідси виникає важливість проблеми вивчення розподілу врожайності хлібної маси по полю та мінімізації впливу факторів, що забезпечують цю нерівномірність і, насамперед, розподілу у ґрунті факторів родючості – вмісту азоту (*N*), фосфору (*P*) та калію (*K*).

Головна особливість наших досліджень агрофону полягала в тому, щоб скласти спільні карти розподілу врожайності зерна та соломи та наявності у ґрунті факторів родючості [3-8]. Тому вміст *N, P, K* у ґрунті визначалося строго у тих самих ділянках, на яких визначалася врожайність зерна та соломи. Цим наші дослідження відрізняються від раніше проведених.

Список використаних джерел

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

Швидун О.В.,

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

ПРОГРАМА ПОЛЬОВОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Програма передбачала три етапи проведення польового експерименту [1-8].

Перший етап це спостереження за всіма комбайнами господарства, задіяними у збиральному процесі. При цьому за результатами господарського обліку колгоспу оцінювали такі показники:

– загальна площа, у тому числі прибрана в оптимальний агротехнічний термін, та середня площа, прибрана за 2-3 контрольні робочі зміни;

– продуктивність у тоннах зерна за годину змінного часу в середньому за ці 2-3 робочі зміни;

– витрата палива кг/т та кг/га за цей же час;

– загальний намолот та середньодобовий.

Другий етап це хронометражні спостереження за 2 комбайнами з кожної вікової групи протягом усього збирання озимої пшениці. Тут, крім показників, які визначаються за результатами спостережень у першому етапі, визначали ще:

– продуктивність у тоннах зерна за годину основного часу в середньому за 2-3 робочі зміни кожного зі спостережуваних комбайнів;

– витрата палива кг/т та кг/га за цей же час;

– загальний та середньодобовий намолот у тоннах;

– середні втрати зерна у відсотках до загального намолоту;

– дроблення зерна у відсотках;

– забур'яненість бункерного вороху (зміст бур'янів та інших примісі);

– абсолютна вага 1000 цілісних зерен у грамах (природа).

Третій етап – це оцінка втрат зерна молотилками комбайнів різних вікових груп протягом усього періоду збирання озимої пшениці за касетною технологією взяття проб.

Методика оцінки показників

Попередньо виконали загальні обмеження: кбайни у групі були однієї й тієї ж моделі;

– комбайни мали однакову комплектацію;

– агрофон для комбайнів, що випробовуються, підбирали приблизно однаковим за врожайністю,

сортом, ухилом полів, полеглості і т.п. Відхилення допускалися трохи більше ± 10%;

– кваліфікація комбайнерів – рівнозначна;

– однотипність регулювань основних робочих органів порівнюваних комбайнів, особливо жниварки, молотильного барабана, очищення;

– перевірка стабілізації частоти обертання валу двигуна кожного комбайна на холостому та робочому режимі. Допустимі відхилення не більше 5%.

1. Загальна організація робіт. Загальний намолот зерна, прибрана площа, фактичний час роботи, витрата палива визначали за обліковою відомістю та результатами хронометражу.

Втрати вільного зерна визначали за кожним комбайном у віковій групі за касетною технологією взяття проб. Касета це спеціальна рамка, обтягнута вологостійким та міцним матеріалом площею 1 м^2, довжиною 1800 мм та шириною 600 мм. Кількість задіяних касет – 40 шт.

2. Послідовність операцій із оцінці втрат зерна.

3. Вибирали рівну ділянку поля з максимально великим гоном, щоб на цій довжині гону бункер комбайна міг заповнитися не менше ніж на 85%.

4. Комбайн був налаштований на прибирання прямим комбайнуванням з укладанням соломи та підлоги у валок (копнітель знятий).

5. Довжину гону розділили вішками на 10-метрові ділянки.

6. Перед початком роботи комбайна керівник робіт (здобувач) вмикав секундомір.

7. Комбайн розпочинав роботу на початку гону і після 5 хвилин роботи під його задню частину перший лаборант підкладав касету – пробовідбірник. Другий лаборант стояв навпроти другої вішки і тримав другу касету напоготові і коли комбайн порівнявся з ним підкладав другу касету під зону виходу статі та соломи з комбайна (*рисунки 1 та 2*).

8. Третій лаборант стояв навпроти третьої вішки і, дочекавшись комбайна, знову підкладав третю касету під капот комбайна.

9. Перший і другий лаборанти за цей час зсипали всю купу, що потрапила на касету, в мішкотару і наздоганяла комбайни в районі четвертої вішки, повторюючи попередні операції.



Рис. 1. **Робочий момент – лаборант із пробовідбірником втрат зерна в очікуванні проходу комбайна**

10. Операції зміни касет-пробовідбірників повторювали до заповнення бункера комбайна на 85-100%.

11. Після заповнення бункера комбайна вимикали секундомір і визначали час – t протягом якого заповнювався бункер. Заміряли відстань, пройдену комбайном – S, та середню фактичну ширину смуги скошеного стеблостою – B. Відстань S визначали за кількістю пройдених вішок.

12. Визначали розмір площі, з якого було зібрано зерно в бункер комбайна: $FS{\cdot}B$

13. Зерно з бункера комбайна вивантажували до вантажного автомобіля, на току зважували. Масу зібраного зерна позначили – $G3$.

Зі зібраного в бункер зерна брали проби на дроблення, засміченість і абсолютну вагу, які обробляли за стандартною методикою (є галузевий стандарт). Вся купа, зібрана з касет у мешкотару з кожного проходу комбайна здавалася на струм лаборантам, зайнятим на роботі з установкою РМ-228 для відділення грубих соломистих та інших домішок. Після цього кожна проба прямувала на остаточну сепарацію в лабораторію, де з дрібного вороху, що залишився, виділялося зерно. Це втрати – П3. Після обробки дані заносили до таблиці та будували графіки.

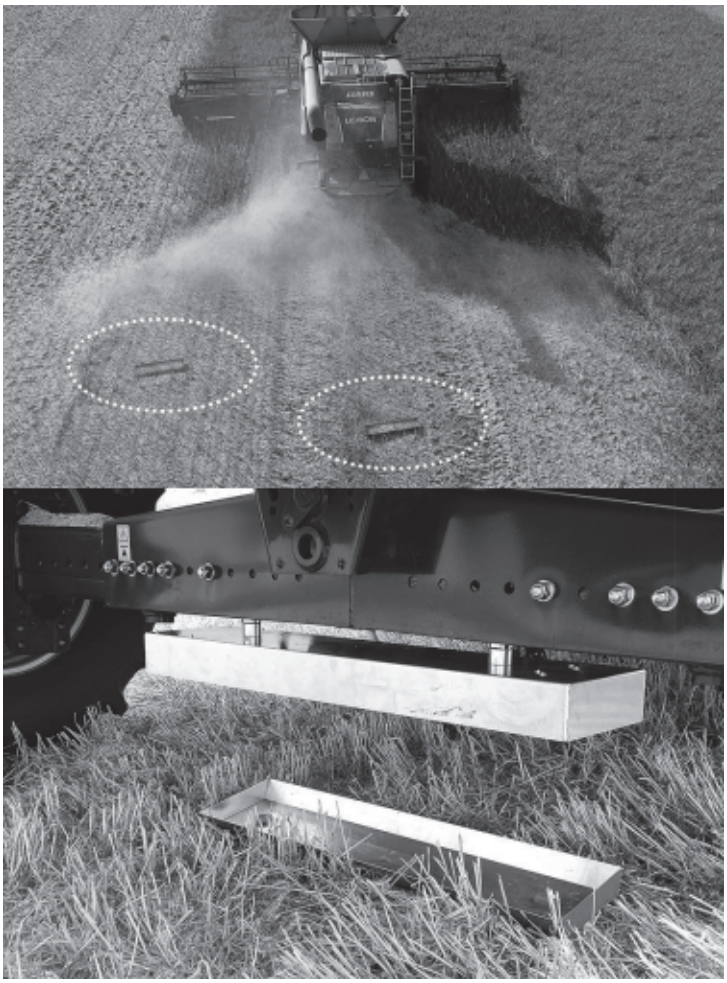


Рис. 2. **Робочий момент під час взяття проби на втрати зерна – лаборант поміщає пробовідбірник між задніми колесами комбайна**

Список використаних джерел

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

Білецький Р.Г.,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

СТАН ВИРОБНИЦТВА НУТУ ТА КВАСОЛІ В УКРАЇНІ

Забезпечення продовольчої незалежності держави, є одним із ключових і пріоритетних завдань для сільськогосподарських виробників України. Успішне виконання цього завдання значною мірою залежить від вирощування продовольчих культур, які дають високі врожаї та забезпечують хорошу рентабельність, що в свою чергу впливає на експортний потенціал країни. Важливу роль у цьому відіграють нішеві культури.

Нішеві культури – це традиційно сільськогосподарські культури, які вирощуються у сівозміні поряд з основними культурами. Проте, сучасні "короткі" сівозміни та технології монокультурного землеробства, витіснили нішеві культури із сільськогосподарських циклів, що призвело до їхнього дефіциту.

Повномасштабне вторгнення рф поставило українських аграріїв у надзвичайно складні умови, пов'язані з високими ризиками. Якщо в довоєнний період більшість аграрних виробників працювали за усталеними схемами виробництва та збуту, орієнтуючись переважно на експорт, то в умовах воєнного стану відбулися кардинальні зміни. Це суттєво вплинуло і на нішеві культури.

За даними Держмитслужби блокада морських портів і сухопутних кордонів призвела до того, що станом на 15 грудня 2023 р. вдалося експортувати 15,3 млн. т. зернових і зернобобових, тоді як на таку ж дату 2022 року – 19,9 млн. т.

Значне місце, серед нішевих культур в Україні, займають нут та квасоля, згідно даних Державної служби статистики України, у 2021 році загальні площі під цими культурами становили: квасоля – понад 48,4 тис. га, нут – понад 8,4 тис. га.

Після повномасштабного вторгнення у 2022 році, площі вирощування культури зменшилися

Обсяг виробництва (валовий збір) квасолі та нуту

	Роки				
	2020	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**
Квасоля, тис. т.	75,14	79,79	58,87	70,95	89,0
Нут, тис. т.	14,22	9,34	4,13	6,25	9,1

Обсяг земельних площ, що були задіяні для вирощування квасолі та нуту

	Роки				
	2020	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**
Квасоля, тис. га	48,5	48,4	37,0	41,7	50,0
Нут, тис. га	11,4	8,4	3,1	4,1	6,7

37,0 тис. га та 3,1 тис. га відповідно. Втрата великої кількості посівних площ півдня та сходу України, а також ускладнення шляхів експортування продукції у 2022-2023 роках, були пов'язані виключно через військову агресію.

Однак, можна сказати, що вже спостерігається тенденція зростання зацікавленістю цими культурами в інших областях України.

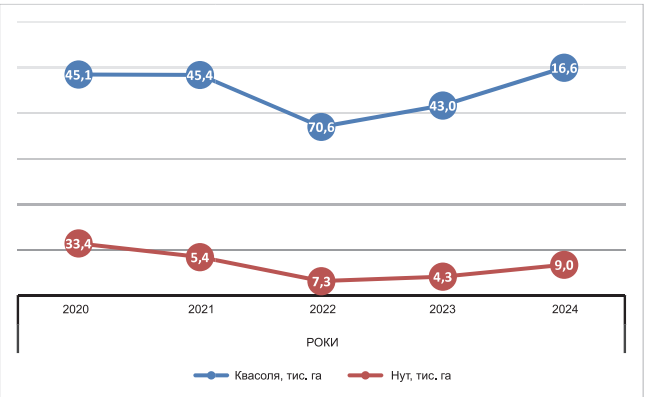


Рис. 1. **Обсяг земельних площ, що були задіяні для вирощування квасолі та нуту.**

Економічну ефективність нуту та квасолі забезпечують висока маржинальність, постійно висока закупівельна ціна, сталий споживчий попит і рентабельність, яка в 2021 році становила 52 %. З агротехнічної точки зору, нут, горох та квасоля є одними з найкращих попередників, оскільки рослини здатні фіксувати азот з повітря і розчиняти фосфати, що дозволяє акумулювати в ґрунті близько 80-180 кг/га азоту для наступної культури. Відповідно, це дає змогу знижувати норми внесення азоту, економію коштів та зменшення рівня хімізації ґрунту. Нішеві, як і будь-які сільськогосподарські культури, мають і певні можливості для виробника, так і певні ризики. Починаючи займатися виробництвом таких культур, варто заздалегідь врахувати ці ризики та розуміти, чи перевищують перспективи вирощування можливі недоліки.

Серед головних ризиків, що впливають на результати вирощування нішевих культур є такі, як специфічні знання агротехнології, особливості збирання, очищення та калібрування, логістика. Якщо поруч немає відповідного елеватора, який зможе якісно очистити та відкалібрувати зерно – це проблема. Якщо немає досвіду роботи в цій сфері – це ризик. Також присутні інші фактори, як непрозорість ринку, відсутність інформації, якість не стандартизована, як це відбувається для основних культу. Стандарти зосереджені більше в країнах-споживачах, а не в країні виробника. Крім того, можна додати, що топ-трейдери на ринку нішевих культур майже не присутні, бо це нестандартний трейд, де ринки попиту невеликі, нарощування кількості не дасть маржинальність базових ринків.



Рис. 2. **Особливості нішевих культур.**



Рис. 3. **Основні складові отримання високих врожаїв квасолі та нуту.**

Має місце висока волатильність цін. Коли обсяги попиту невеликі, а пропозиція швидко змінюється, відсотковий рух ціни набагато більший, ніж на основні культури. Є певні проміжки часу з дуже високою маржинальністю, але їх потрібно вміти передбачити, виходячи з ситуації на світовому ринку. Обмежена ліквідність ринку, часто важко спланувати продажі залежно від потреб ринку.

Але не дивлячись на недоліки є в цих культур і ряд своїх переваг. А саме:

– можливість балансування сівозміни;

– порівняно менша конкуренція з боку виробників та покупців;

– можливість укладати довготермінові контракти;

– наявність внутрішнього ринку;

– висока маржинальність (на короткому проміжку часу здебільшого).

В Україні є ряд об'єктивних передумов, які сприяють розвитку промислового виробництва бобових, а саме – це клімат, природна родючість ґрунтів, наявність запасу посівного матеріалу та науковий і виробничий досвід вирощування.

У ННЦ "Інститут аграрної економіки" зазначають, до повномасштабного вторгнення рф виробництво квасолі в Україні поступово зростало й оцінювалось фахівцями ринку приблизно у 80 тис. т на рік. Однак зараз воно дещо знизилось і за підсумками 2023 року склало 71 тис. т, з яких понад 54 тис. т. виробили господарства населення.

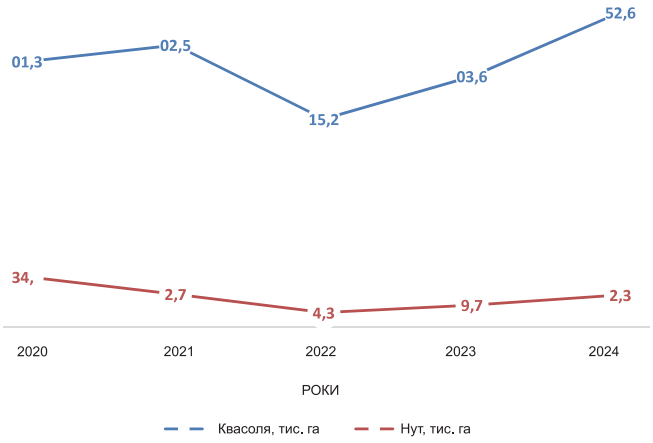


Рис. 4. **Обсяг виробництва (валовий збір) квасолі та нуту в Україні**

Основні посіви квасолі зосереджені в західних (Хмельницька, Тернопільська та Івано-Франківська) та центральних (Вінницька, Житомирська) областях України. Зазначені 5 областей забезпечують понад 55% усього виробництва квасолі в країні.

Згідно даних Міністерства аграрної політики, та продовольства України, в 2024 році ситуація змінилася на краще, квасолі було засіяно понад 50 тис. га, а зросли також посівні площі й під нутом.

Варто звернути увагу, що нут посідає почесне третє місце за обсягами вирощування серед зернобобових культур у світі. Щороку в світі, площі зайняті під нутом зростають, а обґрунтовані технології вирощування забезпечують збільшення рівня врожайності.

За останнє століття його площі збільшилися з 5-6 млн. га до 13 млн. га, урожайність з 15 ц/га до 25 ц/г, а в деяких випадках навіть і 30 ц\га. Станом на сьогодні, нут вирощують у більш ніж 60 країнах світу.

За результатами 2023 року, Україна ввійшла в топ 100 країн-виробників нуту у світі, й посідає там 28-е місце, з показником валового збору в 6.25 тис. т.

Список використаних джерел

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

Вельгас О.В.,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

У господарстві застосовуються різні методи профілактичного ремонту та техобслуговування комбайнів високопрофесійними механізаторами та технічним персоналом майстерні. Усі комбайни підтримуються у працездатному стані та виробляють у середньому по 121,4 т зерна на день. Різниця в намолоті по окремо взятих машинах обумовлена не їх технічним станом, а специфікою рядової експлуатації (різні за площею поля, різні врожайності та сорти культури, що забирається та ін). Однак навіть при цьому коефіцієнт варіації середнього намолоту зерна на день не перевищував 7 %, що підтверджує статистичну однорідність вибірки отриманих даних по денному намолоту зерна кожним комбайном та достовірність виведення про однакову виробіток незалежно від терміну їхньої служби.

За комбайнами "Claas" останніх років випуску помічена деяка тенденція зниження витрати палива на 1 т намолоченого зерна: з 2,49 кг/т комбайном 2002 р. випуску та 2,16 кг/т – 2011 р. випуску та відповідний але витрати палива на 1 га убраної площі з 16-17 до 13,9 кг/га, а також підвищення сезонного виробітку з 310 до 413 га [1-8].

Найбільший вплив на зниження питомої витрати палива на обмолоті озимої пшениці мали: висока чистота посівів за високої врожайності основної культури; вирівняний мікрорельєф полів; висока організація праці на прибиранні кожного поля, включаючи грамотне проведення технологічних регулювань всіх робочих органів машин безпосередньо в полі та постійне їх коригування в процесі роботи при переході з поля на полі при зміні фізико-механічних характеристик культури, що забирається. Неабияку роль відіграло й те, що під час підготовки комбайнового парку до прибирання інженерною службою господарства було проведено всі необхідні регулювання паливної апаратури двигунів комбайнів із обов'язковим досягненням необхідних параметрів. Це призвело до того, що в оптимальний агротермін прибирання комбайни "Claas" працювали з максимально можливою для них і цілком прийнятною для господарства продуктивністю та з мінімально допустимою витратою палива.

На цій підставі можна зробити об'єктивний висновок про те, що вітчизняні комбайни сімейства "Claas" далеко не вичерпали своїх можливостей, закладених у їх конструкцію. Багато залежить від ступеня передбиральної готовності комбайнів та організаційно-технічних можливостей тих, хто їх експлуатує.

Список використаних джерел

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

Таблиця 1.

Експлуатаційні показники роботи комбайнів різних років випуску в умовах рядової експлуатації у 2024 р.

Число в группе	Середньоденний намолот зерна, т	Витрата палива на 1 т зерна, кг	У середньому прибрано одним комбайном за сезон, фіз. га	Середня витрата палива, кг/га	Витрати на запчастини на 1 фіз. га, грн.
1	122	2,49	310	17,2	695,4
1	125	2,83	335	16,5	696,1
8	120	2,53	380	15	394,8
3	113	2,6	410	14,9	407,3
3	128	2,63	407	16,5	979
9	119	2,42	387	14,5	454
3	114	2,41	317	15,7	348
1	113	2,44	401	13,6	446
1	138	2,2	413	13,9	224
1	122	2,16	413	13,9	224

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

Уманський М.О.,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ АГРОДРОНІВ

Безпілотні літальні апарати в сільському господарстві вже стали досить звичною технікою. За їх допомогою визначають площу і межі земельних ділянок, здійснюють моніторинг посівів, проводять обробіток полів гербіцидами тощо. Проте, є сфера, де повітряні дрони ще не надто поширені, але їх використання має гарні перспективи. Йдеться про збирання врожаю.

Восени на міжнародній виставці сільськогосподарської техніки Agritechnica 2023, що відбулася в Німеччині, неабиякий інтерес в представників галузі садівництва вчергове викликали автономні летючі роботи ізраїльської компанії Tevel Aerobotics Technologies для збирання фруктів. Вони повністю автоматизують трудомісткий процес, компенсуючи нестачу робочої сили й демонструючи високу якість виконання завдань.

До складу комплексу для збирання врожаю входить мобільна базова станція та вісім летючих автономних роботів Flying Autonomous Robots (FAR). Як зазначають в компанії, дрони працюють на основі використання штучного інтелекту, комп'ютерного зору та алгоритмів машинного навчання. Вони вміють не лише відрізняти фрукти від листя й гілок, але й визначати ступінь їх стиглості. Таким чином, роботи збирають плоди в оптимальні терміни достигання, що гарантує продукцію з найкращими смаковими характеристиками. Роботи здатні збирати фрукти вагою від 50 г до 700 г. У списку плодів, з якими вони працюють, – яблука, груші, сливи, персики, абрикоси й нектарини.

Літальні апарати мають вакуумні маніпулятори, які дозволяють їм знімати фрукти з гілок точно й обережно. Тому серед зібраного врожаю практично не буває пошкоджених плодів, навіть якщо йдеться про такі ніжні, як абрикоси чи персики. А завдяки невеликим розмірам та захищеним сіткою пропелерам, дрони здатні діставатися важкодоступних місць у кроні дерева.



Рис. 1. **Летючі роботи Tevel збирають фрукти в саду компанії.**

Але функції комплексу не вичерпуються лише зриванням фруктів і складанням їх у ємність на базовій станції. Оператор, який дистанційно керує процесом за допомогою мобільного додатку, в режимі реального часу отримує багато інформації про врожай. Зокрема, в будь-який момент він може дізнатися про загальну кількість зібраного врожаю в контейнері, вагу, розмір і колір кожного з плодів та всіх загалом, розподіл їх за цими показниками у відсотках, точний час і геолокацію збору, а також отримати дані щодо виявлених на фруктах симптомів захворювань. Така інформація стане в пригоді, наприклад, під час подальшого сортування й пакування врожаю, визначення його цільового призначення, наявності в саду інфекцій тощо.

Використання роботизованої системи допомагає вирішити й ряд супутніх проблем, з якими стикаються власники садів. Зокрема, зараз в багатьох країнах галузь відчуває брак працівників. За оцінками аналітиків, якщо нинішня тенденція зберігатиметься й надалі, через два десятиліття бракуватиме до п'яти мільйонів збирачів фруктів. Що й не дивно, адже така робота – здебільшого сезонна, важка фізично й не надто добре оплачувана. Крім

того, на відміну від людей, летючі дрони можуть однаково ефективно працювати і вдень, і вночі. Тому комплекс розрахований на експлуатацію в режимі 24/7. Якщо навіть взяти за основу для розрахунків однакову продуктивність людини й робота, то один комплекс з вісьмома дронами, працюючи три зміни на добу по вісім годин, може замінити 24 працівники. Потрібен лише один оператор в кожну зміну, який дистанційно стежить за роботою збирального комплексу і коригує її за допомогою додатку в електронному пристрої.

Отже, працівників потрібно набагато менше, і вони виконують вже не фізичну, а інтелектуальну роботу. До речі, розробники запевняють, що навчитися керувати системою з летючими дронами неважко, а для опанування програми не потрібно багато часу. До того ж, долучитися до такої роботи у разі потреби може й сам фермер.

Також використання роботів оптимізує логістику. Адже, розпізнаючи ступінь стиглості плодів, штучний інтелект може визначити, з яких дерев треба зривати фрукти в першу чергу, а до яких можна дістатися пізніше. Відповідно, з'являється можливість заздалегідь розрахувати маршрут для вивезення врожаю. Цілодобова праця роботів дозволяє скоротити період збору врожаю та уникнути втрат через перестигання й опадання фруктів. А такі втрати теж є великою проблемою. Адже, за підрахунками експертів ринку, зараз понад 10% вирощеного в світі врожаю плодів залишається незібраним, через що фермери щорічно недоотримують білизько 30 мільярдів доларів США.

Комплекс може працювати на різних видах енергоносіїв. Зараз для роботи наземної базової станції використовують газ або електроенергію. Оскільки немає потреби в тому, щоб дрони відлетали від неї на велику відстань, вони не оснащені окремими батареями й живляться від станції. Таке рішення дозволяє подовжити час їх роботи, який залежить лише від наявності енергоносія в наземному модулі. Також станція забезпечує й вакуум у робочих органах літальних апаратів.

Компанія Tevel Aerobotics Technologies почала створювати летючі роботи для збирання фруктів у 2017 році. З того часу вона отримала 11 патентів в різних країнах та чимало нагород конкурсів та виставок в галузі сільського господарства й робототехніки. Tevel співпрацює з іншими компаніями, наприклад, з італійською Darwin Harvesting Group, яка розробляє наземні збиральні платформи, японською Kubota, що має великий досвід створення автономної аграрної техніки та програмних рішень для неї, тощо.

Зараз летючі дрони підприємства працюють у садах в Ізраїлі, США, Чилі, Італії та інших країнах. Фермери вже оцінили переваги такої техніки. Наприклад, її використовують в компанії Unifrutti Group, яка є одним з основних глобальних гравців на ринку свіжих фруктів, маючи понад 14 тис. га землі на трьох континентах та виробляючи близько 560 тис. т продукції садів щороку. – Ми в Unifrutti дуже раді прийняти передову технологію автономного збирання врожаю Tevel, – говорить генеральний директор компанії Unifrutti в Чилі Герман Ілланес. Оскільки така техніка відіграватиме життєво важливу роль у майбутньому Unifrutti та нашої галузі, ми розглядаємо це партнерство з Tevel як значну інвестицію в майбутнє фруктової промисловості. Разом ми рухаємо прогрес і встановлюємо нові стандарти досконалості. Звісно, існують і інші варіанти роботів для збирання плодів. Здебільшого наземні модулі такої техніки оснащені прикріпленими до них маніпуляторами. Однак їх використання має певні обмеження. Як правило, маніпулятор може дотягнутися не до всіх плодів, а також працює повільніше, ніж летючі дрони. Але, залежно від потреб і умов господарства, затребуваними можуть бути різні технології, як наземні, так і повітряні. Одне зрозуміло точно: роботи стають дедалі звичнішими й аграрна галузь використовуватиме їх у все більшій кількості та на все нових напрямах.

Список використаних джерел

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

Деркач І.О.,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО ЗОРУ В САДІВНИЦТВІ

Основою сучасних машин для догляду за садом та збирання плодів є машинний зір. Серед основних задач які він вирішує можна виділіти: покращення виявлення хвороб, допомога в зборі та сортування фруктів та оцінку врожайності.

Машинний зір використовує методи обробки зображень, штучного інтелекту (ШІ) і глибокого навчання (ГН) для аналізу характеристик рослин, виявлення аномалій і поліпшення процесу прийняття рішень. Деякі ключові застосування машинного зору в садівництві включають:

1. Виявлення шкідників: ШІ допомагає виявляти шкідників на ранніх стадіях, що дає змогу фермерам вжити превентивних заходів [1]

2. Класифікація фруктів: класифікація фруктів на основі глибокого навчання допомагає оптимізувати процеси сортування та класифікації під час післязбирального зберігання [2].

3. Ідентифікація сортів: вдосконалені моделі глибокого навчання використовуються для класифікації сортів на основі морфології листя і плодів [3].

4. Оцінка стиглості та якості: засоби обробки зображень для оцінки змін кольору та пігментів у зібраних плодах [4].

У таблиці нижче (*Таблиця 1*) представлено застосування машинного зору в різних галузях садівництва, його переваг та обмежень згідно різних джерел [5-8].

В технологіях машинного зору часто використовують як традиційні двовимірні методи аналізу, в першу чергу для задач сегментації, так і методи тривимірної візуалізації для автоматизації збору плодів. Традиційна двомірна візуалізація широко використовується завдяки своїй простоті і доступності, але їй не вистачає сприйняття глибини, що обмежує її використання в задачах, що вимагають просторового аналізу. Сучасні підходи інтегрують тривимірне зображення, що дозволяє проводити точне фенотипування рослин, автоматизоване збирання врожаю та моніторинг.

Список використаних джерел

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

Таблиця 1.

Застосування машинного зору в садівництві

Застосування	Переваги	Обмеження та недоліки
Раннє виявлення зараження шкідниками	ШІ підвищує ефективність виявлення	Потребує великих навчальних наборів даних
Класифікація сортів винограду	Висока точність завдяки використанню моделей CNN	Чутливий до факторів навколишнього середовища (в першу чергу освітлення)
Оцінка якості плодів після збирання	Неруйнівний, високоточний	Потребує контрольованого освітлення
Виявлення хвороб рослин	Раннє виявлення, зменшує втрати врожаю	Потребує навчання на різноманітних наборах даних про захворювання
Відстеження активності бджіл у теплицях	Забезпечує оптимальне запилення	Складні алгоритми необхідні для точного відстеження

Kobernik M. V.,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

SMART SYSTEM TECHNOLOGY OF DESIGNING OF LOGISTIC SCHEMES OF SUGAR BEET HARVESTING

The problem of creating a flexible logistics technology for harvesting and transporting root crops during their harvest will be considered as a complex system, a complex object to be studied. The result of solving this problem will be the creation of a comprehensive document of information and recommendation (consulting) nature, which would contain certain mandatory sections and their content in relation to the flexible choice of a set of technical means with optimal economic performance, parameter groups, etc. depending on specific natural, economic, legislative and other numerous conditions during the harvest of cereals.

Since there is no sufficient information base for the content of such a document at the beginning of such a comprehensive study, in our opinion, the solution of this system problem should be performed from the standpoint of inductive approach to modeling complex systems, which has proven itself in solving many complex uncertain problems.

One of the effective tools of this approach to the creation of this type of document is the inductive technology of system information-analytical research, which applies the main principles of the theory of inductive modeling of complex systems. It will be recalled that the result $R^*(I_b^*)$ of complex inductive technologies of system information-analytical research is a specific document $D\{R^*(I_b^*)\}$, which reflects the results of system subject analysis of a complex object (process, phenomenon or problem in general), which is based on the optimal information base I_b^* constructed in the research process. Requirement has an information-recommendatory (consulting) nature, endowed with a certain official status and level of access. $D\{R^*(I_b^*)\}$ means a document prepared and executed in accordance with the requirements, based on a set of optimal research results $\{R^*(I_b^*)\}$, which may still have a certain sketch character. This is the only difference between the results $R^*(I_b^*)$ and the resulting document $D\{R^*(I_b^*)\}$.

Here are the main stages that must be passed in accordance with the inductive technology of system information and analytical research to create a meaningful document.

Stage I. Formation of the top-level expert commission and construction of the primary information base, selection of analytical groups *A* and *B* to perform system-analytical research and synthesis of the optimal information base I_b^*, which should generate results $R^*(I_b^*) \in \{R^*(I_b^*)\}$.

Stage II. Creating a matrix of reference (target) result:

$$E = E\{R^0(I_b^0)\} = (e_{ij}) = \begin{pmatrix} e_{11} & \cdots & e_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{m1} & \cdots & e_{mn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

in which the *i*-th line, $i=1,2,\ldots,m$, reflects one of the indisputable types of requirements for the target result of the study from the standpoint of the expert commission, and the *j*-th column, $j=1,2,\ldots,n$, possible gradations of estimates of the i-th element. The line in our case is one of the necessary sections of the future document, and the elements of the line are the formalized values of expert assessments (requirements) to its subdivisions. The elements (e_{ij}) of the matrix E{R^0 (I_b^0) } are formalized according to a certain algorithm based on the assessments of top-level experts. For example, this may be the median on the set of expert tolerances (conclusions) regarding such an element (e_ij).

It is important to note that the matrix E{R^0 (I_b^0) } concerns only the form of the future result and the importance of reflecting in it the most important positions and their parts. In addition, in contrast to the known analytical technologies such as the Delphi method, the key point is that members of the top-level expert commission who agreed with the generalized estimates of matrix $E\{R^0(I_b^0)\}$ tolerances (e_{ij}) cannot change their conclusions about the shape of future results throughout the project. That (e_{ij}) is, there are constant estimates. The semantic content of all these positions is performed by analytical groups and tested by experts from the top-level expert commission at each step of the next stage III.

Stage III. Execution of information-analytical project by iterative procedure.

Step 1 of stage III. Groups *A* and *B* synthesize analytical results $R_k(I_b^1)^{(A,B)}$, $k=1,2,\ldots,K$, which include only the initial information base I_b^1, and for each such result, experts make estimates, ie build matrices that are formalized on the same principle as for the matrix $E\{R^0(I_b^0)\}$.

$$W_k^{(A,B)} = (w_{ij}) = \begin{pmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{m1} & \cdots & w_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

That is, the matrix W^A – reflects the formalized *k*-th result $R_k(I_b^s)$, achieved by the analytical group *A* in the *s*-th step of the study ($s=1,2,\ldots,S$) and, accordingly W^B – reflects the formalized *k*-th result $R_k(I_b^s)$ achieved by the analytical group *B* in the same *s*-th step of the study.

Each synthesized result is evaluated according to the criteria of systemic correlation:

$$CR_{corel} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left(\delta_{ij}^2\right)_{W^A W^B}} \quad (3)$$

and systemic relevance:

$$CR_{rel} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left(\delta_{ij}^2\right)_{W^{(A\wedge B)}E}} \quad (4)$$

where δ_{ij}^2 – the elements of the matrices

$$\Delta_{(*)}^2 = \begin{pmatrix} \delta_{11}^2 & \cdots & \delta_{1n}^2 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{m1}^2 & \cdots & \delta_{mn}^2 \end{pmatrix} \quad (5)$$

and are equal to the squares of the differences of the corresponding elements of the pairs of matrices $W\{R_k(I_b^s)\}^{(A\wedge B)}$ and $E\{R^0(I_b^0)\}$ and $W\{R_k(\delta_{ij}^2)\}^A$, $W\{R_k(I_b^s)\}^B$, respectively, and all these matrices have dimensions nxm. The sign * means to which pairs of matrices, and therefore to which criterion, the object belongs δ_{ij}^2 (relevance or correlation).

Therefore, these system criteria require minimal differences both between the achieved two groups of results (2) and between such results and the reference. Then the information monitoring system is activated, an additional target portion I_b^+ of monitoring information is formed, which should complement the already existing ensemble I_b^s, s=1,2,…,S, in order to improve the results $R_k(I_b^s)$, bringing them closer to the reference $R^0(I_b^0)$.

Step 2 of stage III,…, S. Analytical results $R_k(I_b^s)$, k=1,2,…,K, s=1,2,…,S are synthesized, which are based on the results of previous steps and information I_b^+ of purposeful information monitoring. Again, each synthesized result is evaluated by criteria of systemic correlation (3) and systemic relevance (4).

Criteria (3) and (4) should theoretically have minima, which indicate the cessation of the inductive procedure for the synthesis of the optimal result $R^*(I_b^*)$ (or a certain limited set of such results $\{R^*(I_b^*)\}$. The last step of the procedure of inductive technologies of system information-analytical research is one in which:

– the result is obtained, which is objectively the best according to the system criteria (3) and (4) and satisfies the customer;

– the result is obtained, which can still be improved, but it already satisfies the customer;

– exhausted research resources (time and money, for example).

Stage IV. Formation of the optimal result $R^*(I_b^*)$ and the corresponding consulting document $D\{R^*(I_b^*)\}$. Both analytical groups should already work here under the control of the project manager.

Stage V. Protection of the document $D\{R^*(I_b^*)\}$ and its transfer to the customer. Obviously, the described technology does not require complex, long-term and costly field experiments to achieve the result (although in the general case it is not denied). In addition, it is also obvious that such an approach should be used to solve complex problems, to implement intelligent projects of high complexity. The problem undoubtedly belongs to this class of problems. Thus, comparing the above, a consulting document that would contain simple and at the same time sufficient for decision-making procedures (schemes) for the synthesis of flexible logistics technologies for harvesting and transporting grain to granaries and optimally adapted to specific natural production, economic, technical and other conditions during the collection period, it is advisable to create, based on the described inductive technology of system information and analytical research. The concept of developing such a document for the synthesis of logistics technologies for harvesting and transporting grain involves the following stages.

References

1. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

2. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1-E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

3. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

4. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105-134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

5. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50-63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150.

6. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54-68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

7. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6-18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

8. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

Роговський І. Л.,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

ПРОГРАМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕТАНОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА І РОСЛИННИЦТВА ТА ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

Програма експериментальних досліджень передбачає встановлення:

– динаміки швидкості виходу, накопиченого виходу, максимального виходу біогазу і метану при метановому монозброджуванні гною ВРХ та сумісному метановому зброджуванні гною ВРХ та відходів переробних виробництв (сироватки, стічних вод крохмальних виробництв) і побічної продукції рослинництва (соломи) в мезофільному режимі (при температурі метанового зброджування 30 0,5 С) при періодичному завантаженні метантенка за допомогою лабораторної біогазової установки [1];

– впливу вмісту крохмалю в сокових водах крохмальних виробництв при використанні їх як косубстрату до субстрату на основі гною ВРХ на динаміку, максимальний вихід біогазу і біометану при періодичному завантаженні метантенка за допомогою лабораторної біогазової установки [2];

– впливу вмісту кисломолочної сироватки і соломи в субстраті на динаміку, максимальний вихід біогазу і біометану при періодичному завантаженні метантенка за допомогою лабораторної біогазової установки [3, 4];

– причини відсутності чи низького виходу метану в біогазі в перші 1–3 доби сумісного метанового зброджування стічних вод крохмалевмісних виробництв і гною ВРХ шляхом визначення параметру FOS/TAC субстрату [5, 6].

В результаті експериментальних досліджень монозброджування гною ВРХ і сумісного зброджування гною ВРХ з косубстратами планується отримати:

– накопичений вихід біогазу [7];

– динаміку швидкості виходу біогазу [8];

– зміну вмісту метану в біогазі в часі [9];

– накопичений вихід метану [2];

– динаміку швидкості виходу метану [4];

– із динаміки швидкості виходу біогазу і метану встановити максимальний вихід біогазу і метану: прогнозується, що максимальний вихід біогазу і метану при періодичній системі завантаження метантенка буде постійним виходом біогазу і метану при квазібезперервній системі завантаження метантенка [2];

– побудувати залежності максимального виходу біогазу і метану від вмісту косубстратів у субстраті, апроксимувати дані залежності [10];

– шляхом дослідження апроксимованих залежностей максимального виходу біогазу і метану від вмісту косубстратів у субстраті на екстремум встановити оптимальний вміст косубстратів у субстраті за умови максимального виходу біогазу і метану [7];

– отримати залежність накопиченого виходу біогазу і метану від часу метанового зброджування і вмісту крохмалю в сокових водах крохмальних виробництв і вмісті сироватки і солома в субстраті [3];

– провести перевірку припущення, що максимальний вихід біогазу і метану при періодичній системі завантаження метантенка буде постійним виходом біогазу і метану при квазібезперервній системі завантаження метантенка [2, 6].

Список використаних джерел

1. Polishchuk V., Shvorov S., Titova L., Zubok T., Yevtushenko V., Dvornyk Ye., Valiev T. Modeling of the Process of Functioning of the Digester of a Biogas Plant during Methane Fermentation of Cow Manure. Problemele Energeticii regionale. 2025. Vol. 2 Iss. 62 P. 49-64. doi: 10.52254/1857-0070.2025.2-62.05. URL: https://journal.ie.asm.md/assets/files/05_04_64_2024.pdf. Scopus

2. Polishchuk V., Shvorov S., Voitiuk V., Khmelovskyi V., Titova L., Yeremenko O., Zubok T., Valiev T. The Use of Straw Pellets with the Addition of Crude Glycerin for the Intensification of Biogas Production during the Anaerobic Fermentation of Cow Manure. Problemele Energeticii regionale. 2025. Vol. 2 Iss. 66 P. 105-120. doi: 10.52254/1857-0070.2025.2-66.09. Scopus

3. Golub, G., Tsyvenkova, N., Rogovskii, I., Chuba, V., Nadykto, V., Omarov, I., Yarosh, Y., Chuba, I. (2025). Determining the influence of design features in agrivoltaics systems on tracking efficiency. EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies, 3 (8 (135)), 14-22. https://doi.org/10.15587/1729–4061.2025.329837 Scopus

4. Tigunova, O., Bratishko, V., Shulga, S. Butanol– Product of Agricultural Plant Waste Processing. Waste and Biomass Valorization, 2025. https://doi.org/10.1007/s12649-025-02913-0 . Scopus

5. Роговський І.Л., Девятко О.В. Методика приготування субстрату для сумісного метанового зброджування гною ВРХ та відходів виробництва побічної продукції тваринництва. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 26. С. 234-243. https://doi.org/10.64165/ts.2025.26.234-243.

6. Mushtruk Mikhailo, Rogovskii Ivan, Illiashenko Ivan, Melnik Viktoria, Melinik Valentina. Technological solutions for increasing the resource of crushers. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2025. Springer, Cham. DSMIE 2025, LNME, P. 47-59. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95218-0_5 Scopus.

7. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289-298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3– 031-75095-3_23. Q3.

8. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2025). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93-102 https://doi.org/10.1007/978– 3-031-75960-4_10. Scopus. WoS. Q4

9. Дев'ятко О.С. Основні методи біотехнології виробництва біогазу. Обуховські читання: XIX Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 27 березня 2025 року: тези конференції. Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2025. С. 219-222.

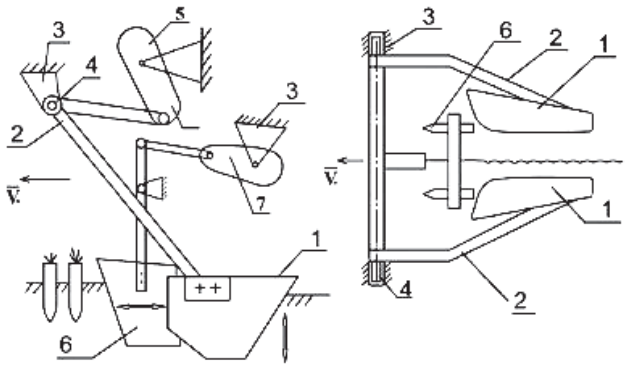
10. Поліщук В.М., Валієв Т.О. Динаміка швидкості виходу біогазу при сумісному метановому зброджуванні гною врх і гранул соломи з додаванням сирого гліцерину. Крамаровські читання: XII Міжнародна науково-технічна конференція, м. Київ, 20-21 лютого 2025 року: тези конференції. Київ. 2025. С. 381-384.

Головач І.В. д.т.н., професор, Скітіков В.В. аспірант,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВІБРАЦІЙНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ МОРКВИ

Віброкопач працює наступним чином (*рис.*). Пересуваючись поступально по рядку моркви, плоскі розрізувачі (ножі) розрізають шар ґрунту з обох боків рядка моркви, витрачаючи при цьому мінімум енергії, оскільки вібропривід 7 створює для них високу частоту коливань. Коливання ножів здійснюється у горизонтальній площині. Ножі 6 розташовані у вертикальній площині в напрямку поступального руху, а тому тільки розрізають ґрунт, тобто з обох сторін відрізають рядок моркви від сусіднього ґрунту.

В результаті отримуємо з обох сторін відділений від сусіднього ґрунту досить вузький рядок. А тому зв'язки коренеплодів моркви з ґрунтом вже майже знищені. Це створює сприятливі умови для подальшого вилучення коренеплодів моркви з ґрунту викопувальними лемішами. Коли коренеплоди внаслідок поступального руху робочого органу потрапляють у робоче русло, ніж лемешами-1, які також здійснюють коливальний рух у повздовжньо вертикальній площині за допомогою стійок-2, шарнірів-4 і віброприводу-5, то лемеші-1 захоплюють і затискають коренеплоди у робочому руслі і при коливаннях останнього їх вилучають з ґрунту, оскільки коренеплоди після проходження плоских ножів лишають майже зруйнований зв'язок з ґрунтом, то вони вилучаються без зламування і травмування, хоч є досить крихкими і незадовільно працюють на розтяг і згин. В подальшому буде побудовано розрахункову силову схему взаємодії коренеплодів моркви з робочим органом і складені диференціальні рівняння процесу вилучення їх з ґрунту.



1 – леміші
2 – стійка
3 – рама
4 – шарнір
5 – вібропривід робочого органу
6 – плоскі розрізувачі ґрунту (ножі)
7 – вібропривід ножів
VII – вектор швидкості поступального руху машини

Рис. Конструкційно-технологічна схема вібраційного робочого органу для викопування моркви

Степаненко С.П. д.т.н., с.н.с., Кузьмич А.Я. к.т.н., с.н.с., Волик Д.А. аспірант, Пападюк І.С.
Інститут механіки та автоматики АПВ, смт. Глеваха, Київська обл., Україна

АНАЛІЗ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗОРОВОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Природно-кліматичні умови України сприятливі для вирощування різних сортів пшениці з високим вмістом клейковини (25-32%), а також круп'яних культур, таких як горох, ячмінь, овес і гречка. Щорічно обсяги вирощування цих зернових культур зростають завдяки легкості їх реалізації на зерновому ринку [1-4].

Важливо не тільки виростити урожай, а й забезпечити якісне насіння для майбутніх посівів. Зібраний урожай потребує належного оброблення та зберігання. Оскільки виробництво насіння є сезонним, а споживання відбувається протягом усього року, збереження зерна має велике значення.

Зерно використовується для різних цілей, формуючи продовольчий, насіннєвий та фуражний фонди. До якості зерна висуваються певні вимоги залежно від його призначення. Стандарти якості зерна відображені у відповідних нормативно-технічних документах. Стандарт є основним державним документом, що містить обов'язкові норми за всіма ключовими показниками якості.

Був проведений аналіз існуючих стандартів з метою виявлення візуально визначуваних та найбільш трудомістких показників якості зерна та продуктів його перероблення. Аналіз показав, що візуально визначувані показники якості зерна до таких показників якості належать колір, розміри, ураженість зерна та продуктів його перероблення, склоподібність зерна пшениці, колір та розміри засмічувачів зерна тощо. Ці показники якості є важливими як для технологів (під час перероблення зерна на борошно та крупу), так і для споживачів готової продукції. Визначення цих показників вимагає від працівників виробничо-технічної лабораторії підвищеної уваги, напруги та викликає швидке перевтомлення зорових аналізаторів.

Результати досліджень дозволили зробити висновок: оцінка показників якості, що визначаються за візуальною характеристикою, є суб'єктивною. Точність такого аналізу залежить від багатьох чинників, таких як досвід та професійні навички лаборанта, умови освітлення та технічна досконалість лабораторного обладнання.

Для усунення суб'єктивного підходу до оцінки якості зерна, продуктів його перероблення та готової продукції, а також для скорочення часу на проведення лабораторних аналізів, запропоновано нові методи оцінки, що ґрунтуються на застосуванні сучасного зорового штучного інтелекту.

Нами розроблено програмно-апаратний комплекс [5-10], який включає програму "Аналіз зернових матеріалів", персональний комп'ютер та кольоровий планшетний сканер або цифрову відеокамеру.

Програма "Аналіз зернових матеріалів" забезпечує введення зображень, їхнє перетворення та проведення вимірювань. Статистична обробка результатів виконується за допомогою програми Python. Дана програма працює в операційній системі Linux та обробляє зображення різного формату.

Автоматичні вимірювання проводяться на зображеннях зерна пшениці та інших сипких продуктів. Об'єкти для вимірювання автоматично виділяються за алгоритмами аналізу зображення. Потім на кожному виділеному об'єкті здійснюються вимірювання, наприклад, визначається довжина, ширина та площа зернівки. Отримані результати вимірювань передаються до розробленої моделі для подальшої обробки.

За допомогою програмно-апаратного комплексу "Аналіз зернових матеріалів" були розроблені наступні методики оцінки якості зерна:

1. Вміст домішок у вихідному зерні.
2. Фракційний склад зерна.
3. Визначення вмісту неочищеного зерна в кінцевій продукції.
4. Визначення крупності зерна тощо.

З використанням розроблених методик була проведена частина експериментів. Отримані дані дозволили зробити такі висновки:

1. Стандартний ситовий аналіз зерна, виявив значні недоліки, такі як висока похибка отриманих результатів (до 20%), недосів продуктів та непряма оцінка деяких показників якості (наприклад, крупність та фракційний склад зерна оцінюються за масою кожної фракції у відсотках).

2. Необхідно систематизувати всі показники якості, що визначаються візуально або оцінюються за допомогою ситового аналізу (геометричні параметри), та розробити нові методики для їх оцінки із застосуванням програмно-апаратного комплексу "Аналіз зернових матеріалів ".

3. Програмно-апаратний комплекс " Аналіз зернових матеріалів" дозволяє усунути монотонність праці лаборанта та суб'єктивність у підході до оцінки якості.

4. Завдяки програмно-апаратному комплексу " Аналіз зернових матеріалів " багато показників якості можуть бути визначені в кілька разів швидше і точніше.

5. Для проведення робіт немає потреби в розробці спеціального лабораторного обладнання, яке наразі є досить дорогим.

6. Статистична обробка експериментально отриманих даних підтвердила високу точність.

7. Спектр досліджень може бути значно розширений, а програмно-апаратний комплекс " Аналіз зернових матеріалів " може бути використаний для оцінки багатьох інших сипких продуктів.

Дослідження виконано в рамках проекту "Розробити систему аналізу та розпізнавання зернових матеріалів з використанням машинного зору" межах грантової тематики 2023.04/0040, що фінансується Національним фондом досліджень України.

Список використаних джерел

1. Степаненко С. П., Кузьмич А. Я., Борис А. М., Днесь В. І., Волик Д. А. Дослідження фізикомеханічних та оптичних характеристик зернових матеріалів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2024. Вип. 54. С. 36-46. https://doi.org/10.32515/2414– 3820.2024.54.36-46.

2. Stepanenko S., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., Dnes V., Volyk D., & Kalinichenko R. (2025). A machine vision approach for grain quality control during separation. Journal of Engineering Sciences, Vol. 12(1), P. E9-E17. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2.

3. Степаненко С. П., Днесь В.І., Борис А.М., Кузьмич А.Я., & Волик Д.А. (2024) Алгоритм цифрової ідентифікації зернових матеріалів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 54. С. 153-159. https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.153-159.

4. Степаненко С. П., Кузьмич А.Я., Борис А.М., Днесь В.І., & Швидя В.О. (2024) Аналіз безконтактних методів контролю геометричних параметрів зернових матеріалів. Механіка та автоматика агропромислового виробництва : загальнодержавний збірник / ІМА АПВ НААН. Глеваха. Вип. 5 (119). – С. 105-116. https://doi.org/10.37204/2786-7765-2024-2-11.

5. Serhii Stepanenko, Viktor Dnes, Viktor Shvydia, Andriy Boris, & Alvian Kuzmych (2024) Prerequisites for the application of machine vision in grain material identification. Ricerche scientifiche e metodi della loro realizzazione: esperienza mondiale e realt? domestiche: Raccolta di articoli scientifici "??ГО?" con gli atti della VI Conferenza scientifica e pratica internazionale, Bologna, 15 novembre, 2024. Bologna-Vinnytsia: Associazione Italiana di Storia Urbana & UKRLOGOS Group LLC, 2024. p. 131-136. https://doi.org/10.36074/logos-15.11.2024.031.

6. Степаненко С. П., Кузьмич А.Я., & Швидя В.О. (2024). Інноваційні оптично-електронні технології швидкого аналізу зерна в галузі післязбиральної обробки. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ. Запоріжжя: ТДАТУ. Вип. 14, т. 1. С.1-13. https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-5.

7. Степаненко С. П., Мироненко В.Г., & Погорілий С.П. (2024). Дослідження факторів пошкодження зерна в процесах сепарації. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ. Запоріжжя: ТДАТУ. Вип. 14, т. 1. С.1-13. https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-1.

8. Kotov B., Stepanenko S., Tsurkan O., Hryshchenko V., Pantsyr Y., Garasymchuk I., Spirin A, & Kupchuk I. (2023) Fractioning of grain materials in the vertical ring air channel during electric field imposition, Przegl?d Elektrotechniczny 1, 100-104. https://doi:10.15199/48.2023.01.19.

9. S. Stepanenko, B. Kotov, A. Kuzmych, I. Demchuk, V. Melnyk, & D. Volyk. (2024) Modelling of aerodynamic separation of grain material in a combined centrifugalpneumatic separator. ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. Proceedings, Volume 23, May 22-24, 2024 Jelgava, Latvia. p. 1143-1149. https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF236.

10. S. Stepanenko, V. Lukach, I. Demchuk, A. Kuzmych, R. Kalinichenko, V. Gerasymenko, & V. Vasylyuk. (2024) Study of the rotary cleaners of the holes of cylindrical sieves on a vibrocentrifugal separator. PRZEGL?D ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 100 NR 8/2024. p. 160-163. https://doi.org/10.15199/48.2024.08.33.

ЗМІСТ

Шановні учасники конференції, колеги та представники аграрного сектору! ... 3

Шановні гості, дорогі випускники, колеги! ... 5

ІСТОРІЯ ТА СЬОГОДЕННЯ ВІДДІЛЕННЯ "АГРОІНЖЕНЕРІЯ" ... 6

А. О. Загурський
ГАЛЬМІВНІ СИСТЕМИ ТА ЧИННИКИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ ... 28

О. М. Загурський
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ
НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ ... 30

А. В. Новицький
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ
І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ ... 32

Б. В. Ємець, О. С. Поліщук
КОМПЛЕКС МАШИН ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В ТЕХНОЛОГІЯХ ОРГАНІЧНОГО
ВИРОБНИЦТВА ... 33

К. В. Борак, Д. В. Герасимчук
СТАН МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ:
АНАЛІЗ ОСТАННЬОГО ДЕСЯТИЛІТТЯ ... 35

К. В. Борак, А. О. Федорчук, В. Л. Куликівський, В. О. Ясінський, Н. В. Бугаєнко
ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН В УКРАЇНІ:
СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ... 39

К. В. Борак, О. А. Шевчук, С. В. Міненко, Б. О. Суханюк, М. О. Шикера, В. В. Шуляківський
ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ АПК В УКРАЇНІ ... 44

К. В. Борак, В. Г. Руденко, Р. С. Грудовий, А. Й. Гонгало, В. М. Хопяк
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН:
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА РІШЕНЬ ОСТАННЬОГО ДЕСЯТИЛІТТЯ ... 51

K. V. Borak, V. R. Biletskyi, A. V. Dubovyi, A. Y. Wagner
IMPROVING THE RELIABILITY OF AGRICULTURAL TRACTORS ... 59

В. Л.Куликівський, В. О. Бабіч, В. Б. Кіпчук, В. І. Самчук, Б. А. Сорока
ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ... 68

В. Р. Білецький, Р. О. Ковальчук, А. В. Польовий, С. С. Добранський
ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН ... 70

В. Л. Куликівський, М. В. Богатирчук, Т. Б. Веремій
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ ... 72

Р. С. Грудовий, В. Б. Головач, Т. Б. Веремій
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ
В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ ... 75

В. Р. Білецький, М. В. Кравченко, Т. Б. Веремій
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL ... 77

В. Р. Білецький, П. С. Олішевський, Т. Б. Веремій
ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ КОМБАЙНІВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЗЛАКОВИХ ТРАВ НА НАСІННЯ ... 80

В. Л. Куликівський, Ю. С. Ковальчук, Д. В. Герасимчук, А. О. Федорчук, О. А. Шевчук
ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ СІНА ... 81

Р. С. Грудовий, Б. С. Ленко, Т. Б. Веремій, А. О. Федорчук, О. А. Шевчук
ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАГОТІВЛІ СИЛОСУ ... 83

В. Л. Куликівський, А. О. Тригуба, Б. В. Заплетнюк, Т. Б. Веремій, А. О. Федорчук, О. А. Шевчук
СТАН ГАЛУЗІ КАРТОПЛЯРСТВА В УКРАЇНІ ... 85

Д. А. Дерев'янко, Н. Р. Шулятинський, Т. Б. Веремій, А. О. Федорчук, О. А. Шевчук
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА НА ФЕРМАХ ... 87

В. Л. Куликівський, Р. А. Хмельовський, Т. Б. Веремій, А. О. Федорчук, О. А. Шевчук
ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ... 88

Р. С. Грудовий, К. О. Євтушенко, С. С. Добранський, І. О. Бучко, О. П. Мельник
ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ NO-TILL ПРИ ВИРОЩУВАННІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ... 90

Д. А. Дерев'янко, І. В. Корпан, С. С. Добранський, В. Г. Руденко, О. П. Мельник
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН ... 92

В. І. Дворук, І. О. Бучко
ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СТАЛІ ЗМІЦНЕНОЇ ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ 94

С. Д. Сидорчук-Шмідт
ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ОСЕЙ ШАРНІРІВ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ ЕКСКАВАТОРІВ 96

І. Г. Грабар, М. С. Ковальчук
НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ 106

О. В. Умінський
МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗУБІВ КОВША ЕКСКАВАТОРА 108

М. І. Денисенко, О. С. Дев'ятко
ОСОБЛИВОСТІ НАПЛАВЛЕННЯ І НАПИЛЮВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА РОБОЧІ ОРГАНИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН 112

М. І. Денисенко, О. С. Дев'ятко
ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВО ЗМІЦНЕНИХ ШАРІВ НА СТАЛЯХ МЕТОДАМИ, ЗАСНОВАНИМИ НА НАСИЧЕННІ БОРОМ 114

Serhii Dobranskyi
METHODS OF INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE WORKING BODIES OF AGRICULTURAL MACHINERY 116

М. Л. Заєць, О. В. Голеніцький
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО АПАРАТА КОРМОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА 117

Serhii Dobranskyi
WAYS TO INCREASE THE WEAR RESISTANCE OF TILLAGE MACHINES 119

М. Л. Заєць, О. В. Косянчук
УДОСКОНАЛЕНОЇ ПЛОДОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ МПУ – 1А 120

М. Л. Заєць, В. Я. Куцеруба
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ 122

М. Л. Заєць, Д. М. Бендюг
ЗАДАЧІ ТА ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВЕДЕННЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА 124

М. Л. Заєць, Р. І. Назарук
ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ПРУТКОВОГО ЕЛЕВАТОРА КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГГО КОМБАЙНА 126

М. Л. Заєць, Т. В. Невмержицький
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СПОСОБИ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ 128

М. Л. Заєць, Б. М. Парфенюк
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН 130

Р. С. Грудовий, О. В. Плечко
ОГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКОШУВАННЯ ТРАВ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ КОСАРКИ 132

М. Л. Заєць, М. П. Шнит
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКОВИХ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН 134

М. Л. Заєць, А. О. Прокопенко
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРАЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТА МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ 135

М. Л. Заєць, В. Р. Савчук
НАВІСНІ ТА НАПІВНАВІСНІ ПЛУГИ ДЛЯ АГРЕГАТУВАННЯ З ЕНЕРГОНАСИЧЕНИМИ ТРАКТОРАМИ 137

Р. С. Грудовий, О. В. Плечко
ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ 139

E. B. Aliiev, I. V. Lytvynov, O. M. Patsula
DEVELOPMENT OF A BRUSH ROTARY SIFTER FOR GROUND OILSEED CAKE FROM LESS COMMON OILSEED CROPS 141

В. В. Сакундяк, М. О. Синчак
СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНОСУ ВАЛЬНИЦЬ 143

М. Г. Макаренко, І. О. Щербинський
ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ В КОНСТРУКЦІЯХ ТРАКТОРІВ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ В ЦИФРОВІ АГРОТЕХНОЛОГІЇ 145

Р. І. П'ясецький, М. О. Синчак
РЕГЕНЕРАЦІЯ ОЛИВ: ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ 147

О. Ф. Гнатюк
ПЕРСПЕКТИВНИЙ ВІБРОУДАРНИЙ ПРИСТРІЙ
ДЛЯ РОЗВАНТАЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ 149

В. Л. Куликівський, В. М. Боровський
ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ОДНОЧАСНИМ
ВНЕСЕННЯМ РІДКИХ ДОБРИВ ТА МЕЛІОРАНТІВ 154

І. М. Білоус
ДИСКОВІ ПОДРІБНЮВАЧІ ЗЕРНА ЯК АЛЬТЕРНАТИВА МОЛОТКОВИМ ДРОБАРКАМ 156

М. Г. Макаренко, І. О. Шевченко, А. В. Петренко
ЦИФРОВІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ В АГРАРНОМУ ВИ-
РОБНИЦТВІ 158

О. В. Толстенко
МОДЕЛЬ СТАРІННЯ В'ЯЗКО-ПРУЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЦИКЛІЧНОМУ
НАВАНТАЖЕННІ 158

В. М. Авдєєв, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН 161

С. С. Завалецький, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ВОДОКІЛЬЦЕВИХ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ 162

О. Г. Карпович, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТРИМКИХ
МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ 163

А. Ю. Костенюк, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко
МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ФІЛЬТРУ
ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ПІДГОТОВКИ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА 164

Д. І. Німичко, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко
АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРАВЛІЧНИХ АГРЕГАТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ
ТЕХНІКИ 165

І. О. Семенчук, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко
НЕСПРАВНОСТІ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА 166

Д. Ю. Слободян, В. В. Девін, В. С. Бончик
ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗНОШУВАННЯ НАРАЛЬНИКОВИХ
СОШНИКІВ 167

А. О. Спасюк, В. С. Бончик, В. І. Дуганець, П. П. Федірко
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТРАНСМІСІЙНОГО МАСЛА
НА ПАЛИВНУ ЕКОНОМІЧНІСТЬ ДИЗЕЛЯ ТРАКТОРА Т-25 168

О. А. Черній
ВИКОРИСТАННЯ ВІБРОЖИВИЛЬНИКІВ В ЛІНІЯХ ФЕНОТИПУВАННЯ НАСІННЯ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР 169

Т. В. Хворост, Є. М. Омельченко, О. О. Суханов
ТЕХНІКА АГРАРНИХ ГОСПОДАРСТВ ТА ПІДПРИЄМСТВА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ 170

О. В. Тесленко, Є. Г. Лабецький, В. В. Шутко
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МАШИННИХ АГРЕГАТІВ У ЗАЛЕЖНОСТІ
ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ 172

Д. П. Журавель
ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В СЕРЕ-
ДОВИЩІ БІОЛОГІЧНИХ РІДИН 174

В. І. Мельник, В. О. Лісецький, А. І. Мотузюк
АДАПТАЦІЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ ДО ВИМОГ ЄС.
ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ РЕЄСТР (ДАР) 176

П. С. Попик, Р. В. Пінчук
АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЗУВАННЯ НАСІНИН ПНЕВМОМЕХАНІЧНИМ
АПАРАТОМ З КОМІРКОЮ СПРЯМОВАНОЇ ДІЇ 177

П. С. Попик
ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ПРИСМОКТУЮЧОЇ СИЛИ ВІД ВІДСТАНІ
ДО ЗЕРНИНИ ПРИ ДОЗУВАННІ НАСІННЯ ПНЕВМОМЕХАНІЧНИМ ВИСІВНИМ АПАРАТОМ 178

М. О. Кірієнко
ТЕРМІЧНЕ ЗМІЦНЕННЯ СТАЛІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ АБРАЗИВНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ 179

О. В. Войналович, Г. Г. Писаренко, А. М. Майло
ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОГО РЕЛЬЄФУ НА ПОВЕРХНІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА БАГАТОЦИКЛОВОГО НАВАНТАЖУВАННЯ 180

М. С. Храмов
ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ МІЖ НАПРЯМНИМИ ДИСКАМИ КОМБІНОВАНОЇ ҐРУНТООБРОБНОЇ УСТАНОВКИ 182

Г. І. Дашивець
ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОЧИХ МІСЦЬ СЕРВІСНОГО ПІДПРИЄМСТВА 183

O. Alferov
DISTRIBUTION OF THE NUMBER OF LOADINGS TO FAILURE OF MACHINE ELEMENTS 185

В. О. Шаповал, О. М. Калнагуз, М. В. Горовий
ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ 186

О. М. Калнагуз, Ю. В. Сіренко
ОГЛЯД СИСТЕМ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА 187

Д. І. Водолазький,О. М. Калнагуз, М. В. Горовий
ОГЛЯД СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ 189

О. М. Калнагуз, М. В. Горовий, Д. С. Макоєдов
ОГЛЯД ПОСІВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ГОСПОДАРСТВ 191

Р. А. Голіков,О. М. Калнагуз, Ю. В. Сіренко
РОЗКИДАЧІ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ: ПРОДУКТИВНІСТЬ, РІЗНОВИДИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ 193

О. В. Семерня
ЄВРОПЕЙСЬКІ ПІДХОДИ ЩОДО УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ 195

О. В. Семерня
СТРАТЕГІЯ УПРАВЛІННЯ КРИЗОВИМИ СИТУАЦІЯМИ ТА ВИРОБНИЧИМИ РИЗИКАМИ НА ПРИКЛАДІ НІЗІВСЬКОГО ЕЛЕВАТОРА ТОВ "ЗЕРНОВА ІНДУСТРІЯ" 196

О. В. Семерня
АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ РИЗИКІВ ПРИ ЗБИРАННІ ОЗИМОГО РІПАКУ 198

С. В. Ляшенко, М. В. Перепелиця
ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗРОБЛЕНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ 199

С. В. Ляшенко, С. С. Ляшенко
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ДЕРЕВНОЇ ЗЕЛЕНІ ДЛЯ КОРМУ ТВАРИН 200

С. М. Герук
ВПЛИВ ПЕРЕДСАДИВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ НА УРОЖАЙНІСТЬ КАРТОПЛІ 203

С. М. Герук
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ І КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ 206

С. В. Ляшенко, А. В. Демченко
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ БАГАТОРІЧНИХ ТРАВ 210

Г. О. Ткаченко, А. М. Поляков, В. І. Курлов
РОЗРОБКА ЗАПОБІЖНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВОДНЕВО-КИСНЕВОЇ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ 212

Р. С. Грудовий, М. І. Тарнавський, С. С. Добранський, І. О. Бучко, О. П. Мельник
ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНА 214

Р. С. Грудовий, А. М. Ткачук, В. Г. Руденко, О. А. Шевчук, Д. В. Герасимчук
КОРМОВИРОБНИЦТВО В УКРАЇНІ: ТЕНДЕНЦІЇ, ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ 215

Р. С. Грудовий, А. М. Ткачук, Т. Б. Веремій
ВЕРТИКАЛЬНИЙ ОБРОБІТОК ҐРУНТУ 216

П. А. Василенко
СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОРИСТАННЯ ПОТУЖНОСТІ JOHN DEERE 9RX 218

С. М. Герук, Т. Б. Веремій
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ВОДНЕВОГО ДВИГУНА 219

М. В. Голотюк, О. О. Налобіна
ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГУСЕНИЧНОГО РУШІЯ ДЛЯ ТРАКТОРІВ ПІДВИЩЕНОЇ ПРОХІДНОСТІ 221

С. М. Лещенко, В. М. Сало
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧІВ В СИСТЕМІ ҐРУНТОЗБЕРЕЖЕННЯ ... 223

А. П. Довбиш, Б. В. Ємець, С. В. Мельничук, О. П. Рябчук, М. І. Шмалюк
ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТРУБЧАСТОГО СКРЕБКОВОГО ЛАНЦЮГОВОГО КОНВЕЄРА ПРИ ЗАВАНТАЖУВАННІ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЮ ПРОДУКЦІЄЮ ... 225

П. М. Ярошенко
ВИБІР ТИПУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ... 227

С. М. Хомич, Р. Ю. Площинський
ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОГО ТРУБОПРОВІДНОГО ТРАНСПОРТЕРА ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО САПРОПЕЛЮ ... 228

О. О. Лавріщев
ПРОБЛЕМАТИКА УТИЛІЗАЦІЇ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ, ЯКІ ВІДПРАЦЮВАЛИ СВІЙ ТЕРМІН ПРИДАТНОСТІ ... 230

О. М. Кириченко
МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ З ТУРБОНАДУВОМ ... 232

R. Khlopetskyi, Ph. D., V. DIDUKH
FEATURES OF NITROCELLULOSE PRODUCTION FROM OIL FLAX STEMS ... 234

П. Д. Іванцов, В. А. Шащук, О. Б. Отт, Д. П. Меленівська
ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМИ ОРГАНІЧНОГО АГРОВИРОБНИЦТВА НА ЖИТОМИРЩИНІ ... 236

Ю. А. Новицький
ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ, ВИКОРИСТАННЯ ТА ПЕРІОДИЧНІСТЬ ЗАМІНИ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ КАБІН ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ... 240

Т. О. Рожкова, Л. В. Немерицька
АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ПРЕДСТАВНИКІВ МІКОБІОМУ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ... 241

O. F. Hnatyuk
COMBINE HARVESTER PROCESS MODULES AND SENSORS ... 242

І. М. Сівак
АНАЛІТИЧНИЙ ПІДХІД ВИЗНАЧЕННЯ ШИРИНИ ЗАХВАТУ КУЛЬТИВАТОРА ТА ШВИДКОСТІ РУХУ МАШИННОГО АГРЕГАТУ ... 243

Л. Л.Тітова
АНАЛІТИЧНІСТЬ ШВИДКОЗМІННИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ У РЕАЛЬНОМУ МАСШТАБІ ЧАСУ ... 244

В. Д. Євтушенко
АНАЛІЗ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВІБРАЦІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ ... 245

І. Л. Роговський
ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ... 247

І. М. Ничай
СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ЗЕРНА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ... 248

С. В. Стецюк
ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ВЕЛИЧИНИ ВТРАТ ТА МЕХАНІЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ЗЕРНА ПРИ КОМБАЙНОВОМУ ЗБИРАННІ ... 249

О. В. Соломка
СХЕМА РОЗМІЩЕННЯ ДОСЛІДНИХ ДІЛЯНОК ЗА ДОВЖИНОЮ ГОНУ ПОЛЯ ... 251

О. В. Надточій
КОНЦЕПЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИННИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ... 252

Р. Р. Шатров
РЕГУЛЮВАННЯ ПОДАЧІ ХЛІБНОЇ МАСИ ДО ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ... 253

О. В. Швидун
ПРОГРАМА ПОЛЬОВОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ... 254

Р. Г. Білецький
СТАН ВИРОБНИЦТВА НУТУ ТА КВАСОЛІ В УКРАЇНІ ... 256

О. В. Вельгас
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ 259

О. М. Уманський
ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ АГРОДРОНІВ 260

І. О. Деркач
ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО ЗОРУ В САДІВНИЦТВІ 262

M. V. Kobernik
SMART SYSTEM TECHNOLOGY OF DESIGNING
OF LOGISTIC SCHEMES OF SUGAR BEET HARVESTING 263

І. Л. Роговський
ПРОГРАМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕТАНОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ
ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА І РОСЛИННИЦТВА
ТА ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ 265

І. В. Головач, В. В. Скітіков
КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВІБРАЦІЙНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ
ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ МОРКВИ 266

С. П. Степаненко, А. Я. Кузьмич, Д. А. Волик, І. С. Пападюк
АНАЛІЗ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗОРОВОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ 267



Учасники І-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців "Перспективи та тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарських машин та знарядь",
16-17 жовтня 2014 року. м. Житомир.



Учасники ІІ-ої Всеукраїнська науково-практична конференція "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь",
7-8 квітня 2016 року, м. Житомир



Учасники ІІІ-ої Всеукраїнська науково-практична конференція "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь",
2*9-30 березня 2017 року, м. Житомир*



Учасники IV-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь",
28-29 березня 2018 року, м. Житомир



Учасники V-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь",
28-29 березня 2019 року, м. Житомир



Учасники X-ої Міжнародної науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь"
18 квітня 2024 року, м. Житомир



Учасники XI-ої Міжнародної науково-практичної конференції присвячена 30-річчю започаткуванню підготовки ОС "Бакалавр" за спеціальністю "Агроінженерія"

Наукове видання

ЗБІРНИК ТЕЗ
XI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

ПЕРСПЕКТИВИ І ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН І ЗНАРЯДЬ

11 квітня 2025 року м. Житомир

Scientific edition
Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference "Prospects and Trends in Development of Structures and Technical Service of Agricultural Machinery and Tools. PTDSTSAMT-2025".

PROCEEDINGS

Українською і англійською мовами

https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025

Редактор: *Б. А. Сорока*

Житомирський агротехнічний фаховий коледж
Відділення "Агроінженерія"

Верстка *Тетяна Бірма*

Підписано до друку 15.08.2025 р. Формат 60x84 1/16.8 Папір крейований. Друк цифровий.
Наклад 50 прим. Ум. друк. арк. 44,14.

Видавець і виготівник ЖАТФК