

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Михайло ШУЛЯК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: « Підвищення експлуатаційної надійності
сільськогосподарських машин для основного обробітку
грунту»

Виконав:

_____ (підпис)

Ярослав ТАРАСОВ

(Прізвище, ініціали)

Група:

_____ СТЗ 2401-1м

(Науковий) керівник:

_____ (підпис)

Михайло ДУМАНЧУК

(Прізвище, ініціали)

Рецензент:

_____ (підпис)

Михайло ШУЛЯК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2025

АНОТАЦІЯ

Тарасов Ярослав Дмитрович «Підвищення експлуатаційної надійності сільськогосподарських машин для основного обробітку ґрунту»

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра з агроінженерії за освітньою програмою «Системи точного землеробства» зі спеціальності 208 Агроінженерія. Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена комплексному дослідженню питань підвищення експлуатаційної надійності машин для основного обробітку ґрунту, зокрема плугів, борін, культиваторів і глибокорозпушувачів, що є ключовими агрегатами сучасного агропромислового виробництва. Актуальність теми зумовлена тим, що якість та своєчасність виконання обробітку ґрунту безпосередньо впливають на врожайність культур, стан ґрунтового середовища, економічні показники господарства та стабільність виробничого процесу. Підвищення надійності машин дозволяє скоротити простой, зменшити витрати на ремонт і збільшити ресурс робочих органів, що є важливим у сучасних умовах інтенсивної експлуатації техніки.

У першому розділі наведено аналіз конструктивних особливостей і принципів роботи ґрунтообробних машин, досліджено вплив властивостей ґрунту (структури, вологості, щільності, мінерального складу) на ресурс їх робочих органів, охарактеризовано основні причини втрати працездатності та типові проблеми надійності. Окремо розглянуто сучасний стан використання пересувних майстерень для ремонту техніки в полі та їх ефективність у забезпеченні безперервності агротехнічних робіт.

Другий розділ присвячено дослідженню технологічних процесів ремонту та відновлення робочих органів ґрунтообробної техніки, а також розробленню та вдосконаленню технічного оснащення мобільного пункту ремонту. Представлено методи діагностики типових несправностей, описано технології ремонтних операцій у полі, наведено рекомендації щодо зміцнення поверхонь деталей та застосування сучасних способів відновлення — зокрема термічної та

електроіскрової обробки. Подано методику проведення експериментальних досліджень та результати оцінювання зносостійкості зміцнених робочих органів.

У третьому розділі розглянуто питання охорони праці при виконанні ремонтних робіт у польових умовах, наведено аналіз небезпечних виробничих факторів та заходи щодо створення безпечних умов праці персоналу мобільних майстерень і операторів техніки.

Четвертий розділ містить техніко-економічне обґрунтування впровадження вдосконаленого технологічного процесу та застосування мобільного пункту ремонту. Розрахунки підтверджують економічну доцільність запропонованих заходів завдяки зниженню витрат на ремонт, скороченню простоїв машин і подовженню ресурсу робочих органів.

Результати роботи можуть бути використані в сервісному забезпеченні сільськогосподарських підприємств, у практиці технічної експлуатації ґрунтообробної техніки та у подальших дослідженнях з підвищення її надійності.

Ключові слова: культиватор, плуг, ремонт, ресурс, зношування, ґрунт, зміцнення, твердість, електроіскрова обробка.

Abstract

Tarasov Yaroslav Dmytrovych "Improving the operational reliability of agricultural machinery for primary tillage"

Qualification work for the degree of master in agricultural engineering under the educational program "Precision farming systems" in the specialty 208 Agricultural engineering. Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The qualification work is devoted to a comprehensive study of issues of increasing the operational reliability of machinery for primary tillage, in particular plows, harrows, cultivators and deep cultivators, which are key units of modern agro-industrial production. The relevance of the topic is due to the fact that the quality and

timeliness of tillage directly affect crop yields, the state of the soil environment, economic indicators of the farm and the stability of the production process. Increasing the reliability of machines allows you to reduce downtime, reduce repair costs and increase the resource of working bodies, which is important in modern conditions of intensive operation of machinery.

The first section provides an analysis of the design features and principles of operation of tillage machines, investigates the influence of soil properties (structure, humidity, density, mineral composition) on the resource of their working bodies, characterizes the main causes of loss of performance and typical reliability problems. Separately, the current state of use of mobile workshops for repairing equipment in the field and their effectiveness in ensuring the continuity of agricultural work is considered.

The second section is devoted to the study of technological processes for repairing and restoring the working bodies of tillage machinery, as well as the development and improvement of the technical equipment of a mobile repair station. Methods for diagnosing typical malfunctions are presented, technologies for repair operations in the field are described, recommendations are given for strengthening the surfaces of parts and the use of modern methods of restoration - in particular, thermal and electric spark treatment. The methodology for conducting experimental studies and the results of evaluating the wear resistance of strengthened working bodies are presented.

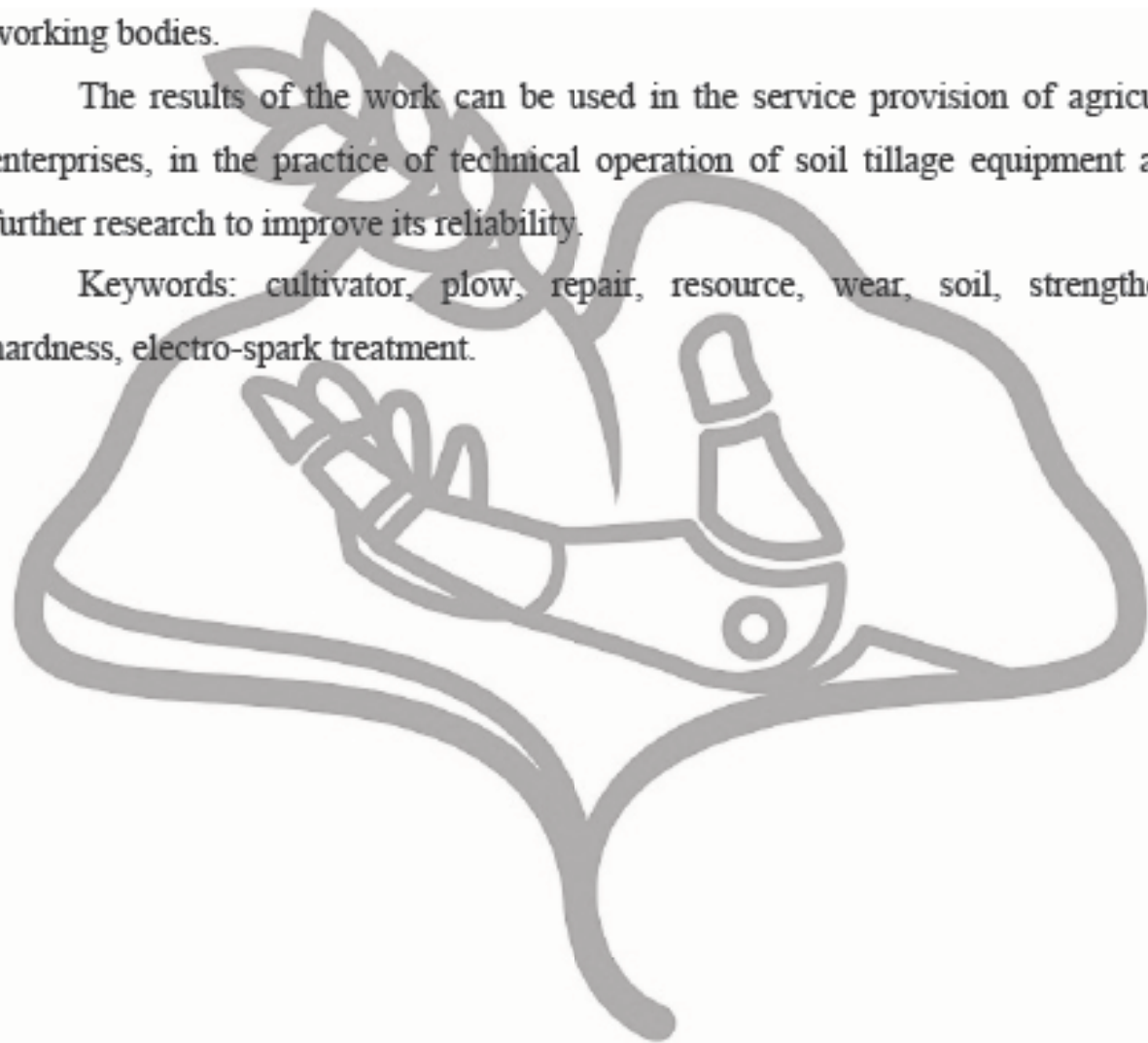
The third section considers the issue of labor protection when performing repair work in field conditions, provides an analysis of hazardous production factors and measures to create safe working conditions for mobile workshop personnel and equipment operators.

The fourth section contains a feasibility study for the implementation of an improved technological process and the use of a mobile repair station. Calculations confirm the economic feasibility of the proposed measures due to the reduction of repair costs, reduction of machine downtime and extension of the service life of

working bodies.

The results of the work can be used in the service provision of agricultural enterprises, in the practice of technical operation of soil tillage equipment and in further research to improve its reliability.

Keywords: cultivator, plow, repair, resource, wear, soil, strengthening, hardness, electro-spark treatment.



Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

Зміст

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	11
1.1 Особливості конструкції та експлуатації ґрунтообробних сільськогосподарських машин	11
1.2 Вплив властивостей ґрунту на ресурсе робочих органів ґрунтообробних машин.....	17
1.3 Проблеми надійності сільськогосподарських машин для основного обробітку ґрунту.....	20
1.4 Причини та закономірності втрати працездатності робочими органами ґрунтообробних машин.....	23
1.5 Аналіз застосування пересувних майстерень для ремонту ґрунтообробної техніки в полі	25
1.6 Висновки по розділу 1	29
РОЗДІЛ 2. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ҐРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ВИКОНАННЯ РЕМОНТНИХ РОБІТ.....	30
2.1 Умови проведення ремонту типових поломок ґрунтообробної техніки... 30	
2.2 Технічне оснащення мобільного пункту для ремонту ґрунтообробної техніки в полі.....	33
2.3 Зміцнення поверхонь робочих органів ґрунтообробних машин	36
2.4 Методика проведення досліджень.....	39
2.5 Отримані результати досліджень	41
2.4 Висновки.....	44
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	46
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	50
ВИСНОВОК.....	54

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	55
ДОДАТКИ.....	60



Інженерно- технологічний факультет СНАУ

ВСТУП

Сільське господарство є одним із ключових секторів світової економіки, адже воно забезпечує виробництво продовольства та створює робочі місця в сільських регіонах. У цьому контексті ґрунтообробна техніка відіграє надзвичайно важливу роль у підготовці землі до посіву, безпосередньо впливаючи на ефективність виробництва та фінансову стабільність аграрних підприємств. Надійність такого обладнання має першорядне значення, оскільки визначає не лише якість виконання робіт, а й загальні економічні результати господарювання.

Високонадійне ґрунтообробне обладнання є ключовим чинником підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Ретельна підготовка ґрунту є основою для отримання високих урожаїв, адже добре оброблена земля сприяє кращому розвитку рослин і більш повному засвоєнню поживних речовин. Сучасні машини, оснащені передовими технологіями, дають змогу здійснювати точну та рівномірну обробку, що покращує структуру і повітрообмін у ґрунті. Дослідження свідчать, що якісно підготовлений ґрунт може забезпечити до 20% приросту врожайності порівняно з недостатньо обробленим.

Крім того, надійна техніка сприяє підвищенню продуктивності праці та зниженню витрат. Виконання польових робіт стає швидшим і потребує меншої кількості персоналу, що дозволяє оптимізувати використання ресурсів на фермі. Така ефективність не лише збільшує виробничу віддачу, а й зменшує експлуатаційні витрати. Зниження кількості простоїв і своєчасне проведення сівби забезпечують кращий контроль за виробничим процесом і сприяють зростанню прибутковості господарства.

Отже, надійність ґрунтообробної техніки є одним із визначальних чинників ефективної діяльності аграрних підприємств. Вона поєднує технічну продуктивність із довгостроковими економічними перевагами, що підкреслює необхідність для фермерів приділяти особливу увагу вибору якісного

обладнання. Хоча ризики, пов'язані з виходом техніки з ладу чи витратами на її обслуговування, залишаються, впровадження стратегічних заходів для їх мінімізації сприяє покращенню економічних показників. У міру розвитку сільськогосподарської галузі усвідомлення значення надійності техніки стає ключовим чинником для забезпечення сталого та конкурентоспроможного аграрного виробництва. Зрештою, використання надійного ґрунтообробного обладнання приносить користь як окремим господарствам, так і всій сільськогосподарській галузі, підвищуючи її стабільність і конкурентні переваги.

Метою роботи є обґрунтування вдосконалення технічного забезпечення мобільних пунктів ремонту ґрунтообробної техніки

Об'єкт дослідження – технологічні методи виконання ремонту ґрунтообробної техніки на місці проведення польових робіт.

Предмет дослідження – технологічний процес ремонту ґрунтообробної техніки в польових умовах сільськогосподарського підприємства

Інженерно- технологічний факультет СНАУ

РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

1.1 Особливості конструкції та експлуатації ґрунтообробних сільськогосподарських машин

Сільськогосподарські машини для обробітку ґрунту є ключовими елементами сучасного аграрного виробництва, що докорінно змінили підхід до підготовки землі. Вони забезпечують створення оптимальних умов для росту культур, дозволяючи фермерам досягати стабільного та ефективного виробництва продовольства. Історія розвитку цієї техніки бере початок ще з 1830-х років, коли Джон Дір винайшов перший сталевий відвальний плуг – інновацію, яка започаткувала нову еру механізації сільського господарства. Сьогодні ґрунтообробні машини еволюціонували до високотехнологічних систем, що дають змогу виконувати роботи з максимальною точністю та продуктивністю на великих площах. Це дослідження присвячене аналізу видів, конструктивних особливостей, принципів роботи та переваг сучасних ґрунтообробних машин у контексті ефективного ведення сільського господарства.

Обробіток ґрунту – це процес надання йому бажаного стану за допомогою механічних засобів, що забезпечують подрібнення, аерацію та контроль бур'янів [1]. Винахід сталевго плуга компанією John Deere у 1830-х роках став переломним моментом в історії аграрної техніки: полірована сталева поверхня відвала дозволила значно зменшити опір ґрунту, що підвищило ефективність оранки [2]. З появою сучасних машин обробіток ґрунту зазнав справжньої трансформації – фермери отримали можливість обробляти значно більші площі за короткий час, одночасно покращуючи точність і якість виконання польових робіт [3].

Серед різновидів ґрунтообробних машин особливе місце посідає плуг, який є основним інструментом для усунення ущільнення ґрунту та поліпшення його структури [4]. Працюючи на значній глибині, він розпушує ущільнені шари, створюючи сприятливі умови для розвитку кореневої системи культур. Після оранки застосовуються борони, які вирівнюють поверхню поля та формують рівномірне насінневе ложе, необхідне для якісного посіву [4]. Додатково культиватори та борони виконують функції знищення бур'янів у міжряддях, запобігаючи їхньому розповсюдженню та покращуючи умови росту основних культур [5].

Таким чином, сучасні ґрунтообробні машини не лише підвищують ефективність виробничих процесів, а й сприяють сталому розвитку аграрного сектору, забезпечуючи високу якість обробки ґрунту та стабільність урожайності.



Рисунок 1.1 – Плуг в роботі

Ефективність ґрунтообробних машин у сільському господарстві зумовлена їхніми основними властивостями, серед яких – здатність створювати оптимальні умови ґрунту для проростання насіння та формування врожаю [7]. Процеси обробки охоплюють широкий спектр операцій, що змінюють фізичні характеристики ґрунту, зокрема його об'ємну щільність і структуру пор, які є ключовими чинниками для здорового росту рослин [7]. Важливу роль

відіграють також параметри розпилення сільськогосподарських форсунок, що використовуються разом із ґрунтообробною технікою. Від типу розпилення залежить ефективність внесення добрив і засобів захисту рослин, тому знання класифікації та особливостей різних видів розпилення є необхідним для операторів машин [6]. Усі ці фактори комплексно підвищують результативність роботи ґрунтообробної техніки, сприяючи покращенню загальної ефективності агровиробництва.

Робочі системи ґрунтообробних машин є багатокомпонентними та базуються на використанні різних джерел енергії – механічних, гідравлічних і пневматичних приводів [8]. Для досягнення якісного обробітку важливо забезпечити стабільну глибину проникнення робочих органів у ґрунт, що залежить від типу культури, умов поля та обраної технології [9]. Окрім того, велике значення має правильна експлуатація та регулярне обслуговування вимірювальних приладів, які дозволяють точно визначати параметри ґрунту та вдосконалювати технологічні процеси [10]. Завдяки інтеграції цих механізмів фермери можуть досягати оптимального стану ґрунту для вирощування культур, забезпечуючи високу ефективність і стабільність сільськогосподарського виробництва.



Рисунок 1.2 – Борона

Переваги використання ґрунтообробної сільськогосподарської техніки є численними, особливо в системах консерваційного землеробства, які суттєво

зменшують ризики водної та вітрової ерозії ґрунту [11]. Такі технології не лише сприяють збереженню родючості землі, а й підвищують її продуктивність, підтримуючи стабільну структуру та біологічне здоров'я ґрунту. Дослідження свідчать, що методи консерваційного обробітку є одним із найефективніших способів запобігання деградації ґрунтів і відновлення їх родючості, забезпечуючи довготривалу стійкість агровиробництва [7]. Додатково, зниження витрат палива при застосуванні цих систем підкреслює економічну доцільність впровадження сучасних ефективних ґрунтообробних машин [11]. Сукупність цих переваг підтверджує стратегічне значення таких машин у розвитку сучасного сільського господарства.

Екологічний аспект використання ґрунтообробної техніки має надзвичайно важливе значення, особливо у контексті збереження здоров'я ґрунтів та запобігання ерозійним процесам. Виділяють два основні типи ерозії: природну (геологічну), яка відбувається протягом тисячоліть, і антропогенну, що різко посилюється внаслідок інтенсивного землеробства [12]. Збереження родючості ґрунтів є ключовою умовою підтримання аграрної продуктивності, екологічної рівноваги та навіть кліматичного балансу [13]. Саме тому дедалі ширше впроваджуються системи консерваційного обробітку, спрямовані на утримання вологи, зменшення ерозії та підвищення ефективності використання водних ресурсів у рослинництві [14]. Завдяки мінімальному втручанню в структуру ґрунту такі технології не лише підвищують урожайність, а й сприяють екологічній стабільності та довготривалій стійкості агросистем.

Сучасне сільське господарство зазнало суттєвих змін під впливом технологічного прогресу у сфері ґрунтообробної техніки, зокрема завдяки впровадженню технологій точного землеробства. Цей підхід радикально змінив способи управління агровиробництвом, дозволяючи фермерам ефективніше використовувати ресурси та приймати рішення на основі даних у режимі реального часу [15]. Автоматизовані системи керування, оснащені тензометричними сенсорами, системами комп'ютерного бачення та

ультразвукового сканування, забезпечують точну оптимізацію процесів обробки ґрунту [16]. Додатково, новітні розробки – як-от акумуляторні фрези – демонструють перехід до енергоефективних і екологічно чистих технологій, що одночасно знижують вуглецеві викиди та підвищують продуктивність праці [17].

Економічна складова використання ґрунтообробних машин має багатовимірний характер і безпосередньо впливає на стабільність аграрного сектору. Висока вартість землі часто обмежує можливості фермерів щодо розширення виробництва, ускладнюючи покриття витрат на техніку та робочу силу [18]. У поєднанні з коливаннями цін на світовому ринку це створює складне економічне середовище для аграріїв. Попри ці виклики, дослідження показують, що близько 63% господарств, орієнтованих на обробіток ґрунту, залишалися економічно життєздатними у 2018 році, а ще 19% підтримували фінансову стабільність завдяки додатковим доходам поза фермою [18]. Ці показники підкреслюють важливу роль ґрунтообробної техніки у підвищенні продуктивності, ефективності та конкурентоспроможності сучасного сільського господарства.



Рисунок 1.3 – Культиватор

Попри численні переваги, застосування ґрунтообробних сільськогосподарських машин супроводжується певними труднощами. Однією з головних проблем є нестача необхідних інструментів, обладнання та джерел енергії, що обмежує вибір техніки та призводить до низького рівня її

поширення. Такий дефіцит часто зумовлює підвищення вартості механізації, створюючи фінансові перешкоди для більшості фермерів [19]. Крім того, інтенсивна модернізація сільського господарства спричинила значну деградацію ґрунтів і зниження їх родючості, що підкреслює потребу у впровадженні більш сталих і екологічно безпечних технологій [20]. Сучасні наукові дослідження також звертають увагу на складність впровадження систем землеробства без обробітку, аналізуючи їхні переваги та недоліки з агрономічної й екологічної точок зору [21].



Рисунок 1.4 – Глибокорозпушувач

Дивлячись у майбутнє, можна впевнено стверджувати, що розвиток ґрунтообробної сільськогосподарської техніки спрямований на впровадження інновацій, які поєднують високу ефективність із принципами сталого землеробства. Сучасні напрями вдосконалення технологій обробітку ґрунту акцентують увагу на впровадженні систем контролю робочих параметрів машин, що забезпечує більш точне, адаптивне та ресурсозберігаюче управління агротехнічними процесами [22].

Наукові дослідження нині зосереджені на вивченні впливу різних способів обробітку на фізико-механічні властивості ґрунту та врожайність культур, що дозволяє краще оцінити довгострокові наслідки застосування кожного методу [23]. Водночас розвиток комбінованих ґрунтообробно-сівальних агрегатів відображає сучасну тенденцію до зниження експлуатаційних витрат, скорочення виробничих циклів і мінімізації деградації

грунтів [24].

Загалом, ці технологічні зрушення формують нову парадигму землеробства, орієнтовану на стійкість, екологічну збалансованість і ефективне використання ресурсів у мінливих кліматичних та економічних умовах.

1.2 Вплив властивостей ґрунту на ресурс робочих органів ґрунтообробних машин

Ґрунт є основою ефективності сільського господарства, визначаючи як продуктивність ґрунтообробної техніки, так і стан сільськогосподарських культур. Глибоке розуміння його властивостей – фізичних, хімічних, біологічних, вологості та схильності до ерозії – надає важливу інформацію про взаємодію ґрунтового середовища з агротехнологічними процесами. Властивості ґрунту не лише впливають на результативність операцій з його обробки, а й визначають його довгострокову родючість і стійкість.

Фізичні властивості ґрунту відіграють ключову роль у тому, як він реагує на вплив ґрунтообробних машин. Зокрема, структура ґрунту є одним із найважливіших чинників, адже частий або інтенсивний обробіток може спричинити її руйнування. Тривале механічне втручання призводить до деградації структури, що підвищує ризик водної та вітрової ерозії [1]. Ступінь ущільнення ґрунту залежить як від типу сільськогосподарської техніки, так і від його власних фізико-механічних параметрів. Такі показники, як текстура, об'ємна щільність і рівень вологості, тісно взаємопов'язані та суттєво впливають на ефективність взаємодії з обробним обладнанням [2]. Наукові дані свідчать, що параметри на кшталт об'ємної щільності, вмісту води, частки глини та рівня органічного вуглецю мають прямий зв'язок із фізичною стабільністю ґрунту та його здатністю витримувати механічні навантаження під час обробітку [3].

Хімічні властивості ґрунту також суттєво впливають на взаємодію з технікою. Такі параметри, як кислотність (pH), вміст органічної речовини

(SOM) і гранулометричний склад, визначають рівень ущільнення ґрунту та доступність поживних елементів для рослин [4]. Поєднання методів обробітку з керуванням азотним живленням змінює розподіл поживних речовин у ґрунтовому профілі, що позначається на ефективності агротехнологічних операцій. Глибина обробітку може впливати на концентрацію поживних речовин і хімічну рівновагу в різних горизонтах ґрунту [5]. Одним із ключових показників є катіонна обмінна ємність (СЕС), що характеризує здатність ґрунту утримувати та постачати рослинам необхідні елементи живлення. Цей показник, пов'язаний із негативним зарядом частинок ґрунту, визначає рівень його родючості [6].

Біологічні властивості ґрунту формують його життєздатність і продуктивність, одночасно впливаючи на ефективність механічного обробітку. Висока мікробна активність, зокрема діяльність грибів і бактерій, сприяє кругообігу поживних речовин і розкладанню органічних решток. Грибні гіфи та бактеріальні полісахариди покращують структуру ґрунту, посилюючи його водоутримувальну здатність і повітропроникність [7]. Вміст органічної речовини відіграє буферну роль у стабілізації кислотності та підвищенні адсорбційної здатності, яка може становити від 20% до 90% загального обсягу мінеральної частини ґрунту [8]. До того ж, ґрунтові тварини, як-от дощові черв'яки, підтримують біологічну активність і сприяють мікробному різноманіттю, що позитивно впливає на родючість [9]. Таким чином, біологічні процеси опосередковано підвищують ефективність роботи ґрунтообробних машин, поліпшуючи структуру та вологість ґрунту.

Вологість ґрунту є ще одним визначальним чинником його оброблюваності. Рівень вологи впливає на зчеплення частинок і опір механічним навантаженням, тому контроль вологості має вирішальне значення для ефективного обробітку. Оптимальний вміст вологи, який становить близько 28,3–33,1%, забезпечує найкращі результати механічного впливу. Вихід за ці межі, особливо у бік надлишкової вологості, призводить до погіршення якості

обробітку та підвищеного ущільнення [10][11]. Водночас спосіб обробітку може змінювати рівень вологи, урожайність і розвиток кореневої системи, що вимагає індивідуального підходу до вибору технології залежно від вологості ґрунту [12].

Ерозія ґрунту становить одну з головних загроз сталому землеробству, особливо при неправильному застосуванні техніки. Вона включає етапи відриву, перенесення та осадження частинок, що призводить до зниження якості земельних ресурсів [13]. У регіонах із високою інтенсивністю землекористування, наприклад в Індії, деградація ґрунтів значно ускладнює підтримання продуктивності [14]. Раціональні практики, такі як сівозмінна чи використання покривних культур, сприяють запобіганню ерозії, стабілізують структуру ґрунту та одночасно підвищують ефективність його обробки [13].

Ущільнення ґрунту є серйозною агротехнічною проблемою, що безпосередньо пов'язана з типом машин і режимами їх експлуатації. Основними чинниками ризику виступають маса техніки, умови зволоження та фізичні характеристики ґрунту [15]. Рух важких агрегатів може спричинити ущільнення, яке знижує врожайність до 50% і більше залежно від ступеня деформації [16]. Це погіршує водний і поживний баланс, негативно впливаючи на розвиток культур. Застосування технологій скороченого обробітку може зменшити ризики ущільнення завдяки збереженню рослинних решток на поверхні, що пом'якшує вплив опадів і механічних навантажень [17]. У результаті підвищується стабільність структури ґрунту та ефективність його подальшого обробітку.

Вибір техніки для обробітку ґрунту повинен базуватися на детальному аналізі його властивостей, що дає змогу забезпечити максимальну продуктивність і мінімізувати деградаційні процеси. Системний підхід до оцінювання та класифікації ґрунтообробного обладнання є необхідним для оптимізації технологічних процесів [18]. Різні типи ґрунтів вимагають адаптованих конструкцій машин, які враховують їхню щільність, вологість і

механічний опір. Сучасні дослідження, що застосовують морфологічний аналіз при проектуванні ґрунтообробних механізмів, сприяли створенню більш ефективних машин, здатних працювати в специфічних умовах [19]. Такі рішення дозволяють підвищити функціональні можливості обладнання для глибокого обробітку та забезпечити стабільну якість робіт за різних умов [20]. Отже, знання властивостей ґрунту є не лише теоретичною базою, а й практичною передумовою для вибору оптимальної техніки, що відповідає цілям сталого землеробства.

1.3 Проблеми надійності сільськогосподарських машин для основного обробітку ґрунту

Ґрунтообробна техніка має ключове значення в сучасному сільському господарстві, оскільки забезпечує підготовку ґрунту, боротьбу з бур'янами та створює умови для ефективного вирощування сільськогосподарських культур. До цієї категорії машин належать плуги, борони, культиватори та інші агрегати, що покращують структуру й родючість ґрунту. Водночас ефективність роботи ґрунтообробної техніки часто знижується через різні технічні несправності, які можуть негативно впливати на виробничі процеси. Розуміння цих проблем дає змогу аграріям та інженерам своєчасно їх усувати, підвищуючи надійність і продуктивність сільськогосподарської діяльності.

Ґрунтообробна техніка відіграє базову роль у підготовці посівного ложа. Вона охоплює машини, призначені для механічного обертання, перемішування або розпушування ґрунту. До найпоширеніших типів належать відвальні плуги, дискові борони та культиватори, кожен із яких виконує специфічні функції залежно від властивостей ґрунту та агротехнічних вимог. Так, відвальний плуг ефективно подрібнює та загортає пожнивні рештки, тоді як дискові борони вирівнюють і розпушують поверхню. Надійність і правильна робота цих машин є критично важливими: будь-яка несправність може призвести до неякісної підготовки ґрунту, зниження врожайності та зростання витрат. Тому знання

принципів роботи й обслуговування ґрунтообробної техніки є необхідною умовою підвищення ефективності господарювання.

Серед найчастіших проблем, що впливають на працездатність таких машин, – механічні несправності. До них належать поломки деталей (зрізних болтів, зубців), зношення підшипників або робочих органів. Найчастіше вони виникають через недостатнє технічне обслуговування або порушення умов експлуатації. Наприклад, відсутність регулярного змащування рухомих вузлів спричиняє надмірне тертя й передчасний вихід з ладу компонентів. Неналежне конструкторське посилення окремих елементів також підвищує ризик пошкоджень при роботі під великим навантаженням. Наслідком таких збоїв стають простой техніки, підвищення ремонтних витрат і зниження економічної ефективності господарства.

Гідравлічні системи – ще один критичний елемент ґрунтообробних машин, адже саме вони забезпечують підйом, опускання та регулювання робочих органів. Найпоширенішими проблемами є витіки рідини, зниження тиску через несправні насоси або забиті фільтри. Наприклад, навіть невелике протікання гідролінії може призвести до нерівномірного обробітку поля. Такі несправності не лише знижують ефективність, а й можуть спричинити додаткові витрати палива та підвищене навантаження на систему.

Електричні системи ґрунтообробної техніки забезпечують роботу освітлення, запалювання, датчиків і систем моніторингу. Типові несправності включають пошкодження проводки, короткі замикання або відмову сенсорів. Наприклад, некоректна робота датчика вологості може призвести до неправильно встановленої глибини обробітку ґрунту. Такі проблеми здатні затримати виконання робіт, викликати додаткові витрати на ремонт і навіть спричинити поломку інших систем техніки. У зв'язку з широким упровадженням електронних технологій у сільському господарстві, підтримання справності електросистем є необхідною умовою стабільної роботи машин.

На ефективність роботи також впливають зовнішні фактори – тип і стан ґрунту, кліматичні умови. Важкі глинисті ґрунти підвищують навантаження на робочі органи, спричиняючи швидке зношення, тоді як надмірно сухі або вологі умови можуть ускладнювати виконання операцій. Для мінімізації негативного впливу середовища фермери мають адаптувати налаштування техніки під конкретні умови, використовуючи спеціалізовані агрегати або регулюючи параметри роботи.

Вагомим чинником є також людський фактор. Помилки операторів – неправильне налаштування обладнання, нехтування перевірками, недотримання режимів експлуатації – часто стають причиною поломок. Недостатня підготовка персоналу або відсутність навичок технічного обслуговування підвищують ризики пошкоджень. Тому важливо впроваджувати систематичне навчання операторів, проводити інструктажі та розвивати культуру відповідального ставлення до техніки.

Для забезпечення безвідмовної роботи машин необхідне планове технічне обслуговування та своєчасне усунення несправностей. Регулярні огляди, змащування, перевірка стану вузлів і заміна зношених деталей дозволяють запобігти серйозним поломкам. Використання сучасних діагностичних засобів і цифрових технологій, зокрема сенсорів, аналітики даних та систем точного землеробства, дає змогу контролювати стан техніки в режимі реального часу, прогнозувати потребу в ремонті та підвищувати ефективність роботи.

Отже, ґрунтообробна техніка є необхідною складовою агровиробництва, але її працездатність залежить від багатьох технічних, експлуатаційних і природних чинників. Механічні, гідравлічні, електричні збої, вплив ґрунтово-кліматичних умов та людські помилки можуть суттєво знизити її ефективність. Водночас впровадження сучасних технологій, системного обслуговування та підготовки операторів дозволяє мінімізувати ризики, підвищити надійність техніки й забезпечити стабільну продуктивність сільськогосподарських процесів.

1.4 Причини та закономірності втрати працездатності робочими органами ґрунтообробних машин

Ефективність та довговічність ґрунтообробної техніки мають першочергове значення для сучасного аграрного виробництва, адже саме ці машини забезпечують якісну підготовку ґрунту та сприяють формуванню врожайності. Проте з часом їхня працездатність може знижуватись під впливом різноманітних факторів. Усвідомлення причин і закономірностей цього процесу є важливим як для фермерів, так і для виробників техніки. У даній роботі розглядаються основні чинники, що впливають на підтримання ефективної роботи ґрунтообробних машин, та можливі шляхи підвищення їхньої надійності.

Одним із головних факторів, що зумовлюють зниження працездатності ґрунтообробних машин, є механічний знос. У процесі експлуатації виникають різні його типи – абразивний, адгезійний і втомний. Так, при роботі на грубозернистих ґрунтах абразивні частинки інтенсивно руйнують поверхні робочих органів. Недостатнє змащення, тривала експлуатація без регламентних оглядів або використання неякісних деталей прискорюють процеси зношування. Регулярне технічне обслуговування – зокрема своєчасна діагностика та заміна зношених елементів – суттєво продовжує термін служби техніки. Практика свідчить, що машини, які обслуговуються відповідно до встановлених регламентів, працюють стабільніше та зберігають продуктивність упродовж тривалішого періоду. Це підкреслює необхідність впровадження системного підходу до планового обслуговування ґрунтообробних агрегатів.

Фізико-механічні властивості ґрунту також істотно впливають на знос і ефективність роботи техніки. Текстура ґрунту – співвідношення піску, мулу та глини – визначає силу опору під час обробітку. Важкі глинисті ґрунти створюють значне навантаження на робочі органи, спричиняючи їхнє швидке спрацювання. Вологість ґрунту є ще одним критичним параметром: надто

сухий ґрунт ущільнюється, ускладнюючи проникнення знярядь, а надмірна вологість призводить до налипання частинок і втрати ефективності. Крім того, наявність каміння, органічних решток або сторонніх домішок формує нерівномірні схеми зносу. Тому адаптація конструкції машин і параметрів роботи під конкретні типи ґрунтів є ключовою умовою забезпечення їхньої довговічності.

Умови та способи експлуатації значною мірою визначають темпи зношування техніки. Надмірно висока швидкість руху може спричинити перевантаження робочих органів і втрату контролю, тоді як занадто низька швидкість веде до нераціонального використання палива і зниження продуктивності. Важливе значення має професійний рівень оператора: кваліфіковані працівники краще регулюють параметри глибини, швидкості та кута атаки, що зменшує знос агрегатів. Неправильне калібрування або ігнорування передпускових перевірок часто стає причиною передчасних поломок. Тому навчання персоналу і дотримання технологічних режимів експлуатації є необхідними передумовами збереження ефективності машин.

Фактори навколишнього середовища також впливають на роботу ґрунтообробної техніки. Кліматичні умови – інтенсивні опади, тривалі посухи, коливання температури – змінюють фізичні властивості ґрунту, що ускладнює виконання робіт. Надмірна вологість може спричинити ущільнення ґрунту та налипання, тоді як посушливі періоди підвищують твердість оброблюваного шару. Рельєф місцевості – схили, нерівності, кам'яні ділянки – збільшує навантаження на вузли машин. Тому планування робіт із врахуванням погодних умов і характеристик поля є важливою умовою для збереження ресурсу техніки.

Велике значення має якість матеріалів і конструктивні рішення. Використання зносостійких сталей, загартованих покриттів або композитних матеріалів підвищує міцність і зменшує частоту ремонтів. Новітні інженерні рішення – удосконалена форма лемеша, оптимізовані кути різання, спеціальні

покриття – довели свою ефективність у зниженні тертя та продовженні ресурсу робочих органів. Порівняльні дослідження підтверджують, що сучасні моделі з інноваційними матеріалами мають вищу зносостійкість і стабільну продуктивність навіть за інтенсивної експлуатації.

Технологічні інновації суттєво змінили підхід до використання ґрунтообробної техніки. Автоматизовані системи керування, інтелектуальні датчики й моніторингові комплекси дозволяють відстежувати технічний стан і параметри ґрунту в реальному часі. Це дає змогу оптимізувати навантаження на агрегати, зменшити знос і підвищити ефективність. Концепції точного землеробства, що базуються на аналізі просторових даних, дозволяють адаптувати режими обробітку під конкретні ділянки поля. У перспективі впровадження штучного інтелекту та роботизованих систем обіцяє ще більшу автоматизацію процесів і подовження терміну служби машин.

Отже, зниження працездатності ґрунтообробної техніки є результатом комплексної дії механічних, технологічних, експлуатаційних і природних факторів. Водночас грамотне технічне обслуговування, раціональна експлуатація, використання якісних матеріалів і впровадження інноваційних технологій дозволяють суттєво підвищити надійність та довговічність машин. Усвідомлення взаємозв'язку цих чинників є запорукою сталого розвитку аграрного виробництва та підвищення ефективності використання технічних засобів у сільському господарстві.

1.5 Аналіз застосування пересувних майстерень для ремонту ґрунтообробної техніки в полі

Мобільні майстерні – це автономні підрозділи, оснащені всім необхідним інструментом та обладнанням для виконання технічного обслуговування і ремонту техніки безпосередньо у господарстві. Їх головна функція полягає у забезпеченні безперебійної роботи сільськогосподарської техніки, зокрема ґрунтообробних машин, без потреби транспортування до стаціонарних сервісів.

Витоки концепції мобільних майстерень сягають простих ремонтних установок, однак із часом вони перетворилися на високотехнологічні мобільні комплекси з сучасними інструментами й системами діагностики. Така еволюція зумовлена зростанням вимог до оперативності й ефективності сучасного аграрного виробництва. Значення мобільності у сільському господарстві складно переоцінити: зі збільшенням обсягів робіт і потреби в швидкому усуненні несправностей мобільні майстерні стають оптимальним рішенням, яке підвищує продуктивність і мінімізує втрати часу.

Переваги пересувних ремонтних майстерень є численними. Насамперед вони зменшують простой техніки, що безпосередньо підвищує ефективність сільськогосподарських робіт. У традиційній практиці ремонт часто вимагав транспортування обладнання до стаціонарної бази, що затримувало виконання виробничих завдань. Мобільні майстерні дозволяють проводити ремонт безпосередньо в полі, завдяки чому техніка швидко повертається до роботи. Другою важливою перевагою є економічність: фермери знижують витрати, пов'язані з перевезенням техніки та оплатою простоїв. Крім того, такі майстерні забезпечують доступ до ремонтних послуг у віддалених регіонах, де відсутні постійні сервісні пункти. Це особливо актуально для фермерських господарств, які залежать від своєчасного технічного обслуговування для підтримки виробничої ритмічності та стабільності аграрного циклу.

Оснащення мобільних майстерень вимагає ретельного добору інструментів, необхідних для якісного обслуговування ґрунтообробної техніки. Основні ручні інструменти – гайкові ключі, викрутки, плоскогубці – є незамінними для виконання базових ремонтних і регулювальних робіт. Вони дозволяють проводити збирання, демонтаж і дрібні налаштування компонентів. Для більш складних ремонтів застосовуються електроінструменти, зокрема дрилі, шліфувальні машини, різальні пристрої. Вони суттєво прискорюють відновлення деталей і полегшують роботу техника. У сучасних умовах важливим елементом оснащення є також діагностичне обладнання –

мультиметри, манометри, електронні тестери, які допомагають швидко виявляти несправності в системах машин. Такий набір інструментів забезпечує універсальність мобільної майстерні та дозволяє оперативно реагувати на широкий спектр поломок.

Ремонт окремих видів ґрунтообробних агрегатів потребує спеціалізованих засобів. Так, для обслуговування плугів необхідні регулятори відвалів, пристрої для заточування лемешів і ножів; для борін – інструменти для заміни зубців та регулювання натягу; для культиваторів – пристосування для зміни лап чи налаштування глибини обробітку. Наявність такого спеціалізованого обладнання дає змогу технікам мобільних майстерень швидко усувати широкий спектр несправностей безпосередньо у полі. Це не лише економить час, а й сприяє безперервності технологічного процесу, зменшуючи ризики втрати врожаю та забезпечуючи стабільну роботу сільськогосподарських підприємств.

Незважаючи на численні переваги, мобільні майстерні стикаються з певними обмеженнями, які можуть впливати на їхню ефективність. Однією з головних проблем є обмежений простір: компактний формат мобільної майстерні може не дозволяти розміщувати все необхідне обладнання та інструменти, що іноді зменшує обсяг робіт, які можна виконати безпосередньо на місці. Крім того, погодні умови значно впливають на мобільність і можливості обслуговування: дощ, сніг або сильна спека можуть ускладнювати безпечну та ефективну роботу техніків. Ще одним викликом є потреба у висококваліфікованих спеціалістах, які працюють у мобільних майстернях. Техніки повинні мати глибокі знання не лише з ремонту механічних пристроїв, а й у сфері логістики мобільних операцій, управління часом та обслуговування клієнтів. Подолання цих викликів є ключовим для забезпечення максимальної ефективності мобільних майстерень та задоволення потреб сучасного сільського господарства.

Дослідження успішного впровадження мобільних майстерень показують

їхню ефективність у реальних умовах фермерських господарств. Ферми, розташовані в регіонах із обмеженим доступом до стаціонарних ремонтних пунктів, відзначили значне скорочення простоїв техніки після використання мобільних майстерень. Завдяки ремонту на місці обладнання швидко поверталось до роботи, що підвищувало загальну продуктивність. Аналіз цих випадків демонструє зростання задоволеності фермерів, оскільки доступність швидкого обслуговування дозволяє підтримувати стабільну роботу в критичні періоди аграрного циклу. Крім того, успішні приклади підкреслюють важливість підготовки кваліфікованих техніків та забезпечення мобільних майстерень відповідним інструментарієм для виконання специфічних завдань. Задokumentований досвід може слугувати основою для покращення практик і максимізації потенціалу мобільних майстерень у різних сільськогосподарських умовах.

У майбутньому мобільні майстерні мають значний потенціал для подальшого розвитку завдяки інноваціям. Вдосконалена діагностика, автоматизовані інструменти та інтеграція цифрових технологій дозволяють проводити ремонт більш точно і ефективно, а дистанційна діагностика скорочує час виявлення проблем. Крім того, мобільні майстерні сприяють сталим сільськогосподарським практикам, оскільки зменшують потребу в транспортуванні техніки до стаціонарних сервісів, що скорочує викиди вуглецю і знижує витрати палива. Це робить їх не лише практичним, але й важливим елементом майбутнього екологічно відповідального сільського господарства.

Т Пересувні майстерні значно підвищують ефективність і продуктивність фермерських господарств, забезпечуючи своєчасний ремонт ґрунтообробного обладнання безпосередньо на місці. Їхня історична еволюція підкреслює критичну роль у сучасному аграрному виробництві, де швидкість і мобільність ремонту визначають успішність операцій. Переваги мобільних майстерень, такі як економія часу, зниження витрат і доступність послуг, доповнюються правильно підібраним інструментом та обладнанням, що дозволяє технікам

ефективно виконувати широкий спектр ремонтних робіт.

1.6 Висновки по розділу I

Мета дослідження:

Обґрунтування заходів і методів підвищення експлуатаційної надійності сільськогосподарських машин, що використовуються для основного обробітку ґрунту, з метою забезпечення стабільної продуктивності та зниження витрат на технічне обслуговування.

Об'єкт дослідження:

Сільськогосподарські машини для основного обробітку ґрунту та їх експлуатаційні характеристики у польових умовах.

Предмет дослідження:

Технологічні, конструктивні та організаційні фактори, що впливають на надійність і довговічність роботи машин для основного обробітку ґрунту, а також методи їх оптимізації.

Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

РОЗДІЛ 2.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ВИКОНАННЯ РЕМОНТНИХ РОБІТ

2.1 Умови проведення ремонту типових поломок ґрунтообробної техніки

Сільськогосподарська техніка для обробітку ґрунту займає ключове місце у сучасному сільському господарстві, дозволяючи ефективно готувати поля до посіву та створювати умови для оптимального росту врожаю. До цього виду обладнання належать плуги, борони та культиватори, які забезпечують аерацію ґрунту, боротьбу з бур'янами та підготовку посівного ложа. Проте, як і будь-яке механічне обладнання, така техніка піддається зношуванню та поломкам, що може негативно впливати на продуктивність фермерського господарства. Тому знання технологічних процесів з усунення типових несправностей є критично важливим як для фермерів, так і для операторів машин.

Ґрунтообробне обладнання включає широкий спектр машин, призначених для підготовки ґрунту. Найпоширеніші серед них – відвальний та чизельний плуги, дискові борони та сівалки, кожен із яких виконує специфічні функції. Наприклад, відвальний плуг застосовується для перегортання ґрунту, тоді як дискові борони ефективні для розбивання грудок і вирівнювання поверхні. Важливість цих машин важко переоцінити, адже вони безпосередньо впливають на врожайність культур і стан ґрунту. Водночас інтенсивні експлуатаційні навантаження часто призводять до механічних пошкоджень, таких як зношені леза, несправні підшипники чи проблеми з гідравлічними системами, що знижує ефективність роботи та збільшує час простою.

Виявлення ознак несправності є важливим для своєчасного ремонту. До них належать нетипові шуми, нестабільна робота або видимі пошкодження деталей. Усі поломки умовно поділяють на три основні групи: механічні, електричні та гідравлічні. Механічні несправності проявляються фізичними пошкодженнями або надмірним люфтом рухомих частин, електричні – у

вигляді перегорання запобіжників чи несправності приладів, а гідравлічні – через витік рідини чи втрату тиску. Для точної діагностики оператори застосовують мультиметри для електрики, манометри для гідравліки та візуальний огляд механічних вузлів. Такий підхід дозволяє ефективно усувати несправності та зменшує ризик подальших пошкоджень.

Ремонт механічних поломок потребує системного підходу. Спершу проводиться ретельний огляд усіх механічних елементів на наявність зносу, деформацій або пошкоджень. Типові несправності включають зламані приводні ремені, зношені зірочки або пошкоджені шестерні, кожен з яких слід усувати відповідними методами. Наприклад, заміна приводного ремня передбачає зняття старого та встановлення нового з дотриманням правильного натягу та центрування. Крім того, важливу роль відіграє профілактичне обслуговування: регулярна перевірка мастила та деталей значно знижує ймовірність поломок. Своєчасне усунення потенційних проблем дозволяє продовжити термін служби ґрунтообробної техніки та підвищити продуктивність сільськогосподарських робіт.

Електричні системи в ґрунтообробних машинах є ключовим елементом їх функціонування, контролюючи різноманітні операції, такі як запалювання, освітлення та робота гідравлічного приводу. Основними складовими цих систем є акумулятори, генератори та електричні дроти. Типові електричні несправності можуть проявлятися у вигляді мерехтіння світла, неможливості запуску двигуна або переривчастої роботи систем. Діагностика таких проблем передбачає послідовну перевірку: спершу вимірюється напруга акумулятора за допомогою мультиметра, потім перевіряються контакти на наявність корозії та оцінюється стан перемикачів. Наприклад, при неможливості запуску двигуна оператор повинен насамперед перевірити заряд батареї, перш ніж перевіряти стартер чи систему запалювання. Усунення електричних несправностей зазвичай включає заміну дефектних компонентів, відновлення контактів або ремонт пошкодженої проводки, що підвищує надійність та безпеку роботи

машини.

Гідравлічні системи також відіграють вирішальну роль у функціонуванні ґрунтообробної техніки, забезпечуючи необхідну силу для підйому, опускання та регулювання різних знарядь. Вчасне виявлення гідравлічних проблем, таких як витіки рідини чи несправності, є критично важливим для підтримання ефективності роботи. Ознаками несправності можуть бути видимі течі навколо шлангів і фітингів, незвичайні шуми при роботі або відсутність реакції керованих елементів. Процедури ремонту зазвичай включають ізолювання системи, злив рідини та заміну пошкоджених шлангів або ущільнень. Наприклад, у разі протікання гідравлічного циліндра оператор повинен демонтувати його, замінити ущільнювачі та правильно зібрати перед повторним заповненням системи. Регулярне обслуговування, включно з контролем рівня рідини та заміною фільтрів, є необхідним для довговічності та надійності гідравлічних систем.

Безпека під час технічного обслуговування ґрунтообробної техніки є пріоритетною. Використання засобів індивідуального захисту, таких як рукавички, захисні окуляри та черевики зі сталевими носками, забезпечує захист операторів від потенційних травм. Важливе значення мають безпечні методи роботи, включно з правильними способами підйому та вимкненням обладнання під час ремонту. Також оператори повинні дотримуватися інструкцій із експлуатації, де містяться конкретні вказівки щодо безпечного використання та технічного обслуговування обладнання. Дотримання цих заходів дозволяє мінімізувати ризики травм і підтримувати безпечне робоче середовище.

Майбутнє ремонту ґрунтообробної техніки визначається розвитком технологій, що покращують процеси діагностики та обслуговування. Використання інтелектуальних рішень, таких як датчики та пристрої Інтернету речей, дозволяє в реальному часі відстежувати стан обладнання, що забезпечує проактивне технічне обслуговування та швидке виявлення несправностей.

Важливу роль відіграє також підготовка персоналу: із зростанням складності техніки оператори та ремонтні працівники повинні постійно оновлювати знання про нові технології та методи ремонту. Для цього критично важливими є програми безперервного навчання, включаючи семінари та онлайн-курси, які надають необхідні навички для ефективної роботи з сучасними технологічними рішеннями.

2.2 Технічне оснащення мобільного пункту для ремонту ґрунтообробної техніки в полі

Пересувні ремонтні пункти – це мобільні одиниці, обладнані необхідними інструментами та пристроями для обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки прямо в польових умовах. Їхнє основне завдання – надавати оперативну допомогу фермерам, які в іншому випадку можуть зіткнутися з тривалими простоями через несподівані поломки техніки. У сільському господарстві, де час часто прямо впливає на фінансові результати, можливість мобільного ремонту може суттєво підвищити ефективність роботи. Наприклад, пересувний пункт дозволяє швидко усунути такі проблеми, як несправність фрези або поломка трактора, що дає змогу фермерам відновити роботу з мінімальними затримками. Переваги таких мобільних майстерень виходять за межі простої зручності: вони підвищують загальну продуктивність сільськогосподарських процесів, зменшують витрати на транспортування важкої техніки до стаціонарних ремонтних пунктів і сприяють впровадженню культури своєчасного технічного обслуговування серед працівників фермерських господарств.

Для ефективного обслуговування ґрунтообробної техніки мобільний ремонтний пункт повинен бути оснащений повним набором інструментів. Базу складають ручні інструменти, такі як гайкові ключі, плоскогубці та викрутки, які необхідні для виконання широкого спектру завдань – від затягування кріплень до заміни зношених деталей. Однак для складніших ремонтних робіт

потрібні також електроінструменти, наприклад дрилі, шліфувальні машини та ударні гайковерти. Наприклад, використання ударного гайковерта дозволяє швидко відкрити тугі болти, що критично в умовах обмеженого часу. Крім того, діагностичні інструменти, такі як мультиметри та манометри, відіграють ключову роль у виявленні електричних і механічних несправностей, дозволяючи технікам точно оцінювати стан обладнання. Комбінування всіх цих інструментів спрощує ремонтні роботи, забезпечує їх виконання на високому рівні та сприяє продовженню терміну служби сільськогосподарської техніки.

Гідравлічні системи є критично важливими для роботи ґрунтообробної техніки, тому для їхнього ефективного ремонту потрібне спеціалізоване обладнання. Для техніків мобільних ремонтних пунктів знання принципів роботи гідравлічних систем особливо важливе, адже вони забезпечують функціонування ключових механізмів, таких як підйом і опускання робочого обладнання. Для обслуговування та ремонту гідравліки використовуються такі інструменти, як гідравлічні домкрати, обжимні пристрої для шлангів та комплекти для виявлення витоків. Крім того, правильне керування гідравлічною рідиною є необхідною умовою збереження цілісності системи та запобігання їй відмовам. Наприклад, техніки повинні регулярно перевіряти систему на наявність витоків і підтримувати оптимальний рівень рідини, щоб уникнути несправностей. Значення контролю за гідравлічною рідиною важко переоцінити, оскільки навіть невеликі витoki можуть призвести до тривалого простою техніки та високих витрат на ремонт. Тому оснащення мобільних ремонтних пунктів відповідними гідравлічними інструментами та дотримання протоколів технічного обслуговування є необхідним для підтримки високої продуктивності ґрунтообробної техніки.

Обслуговування шин і коліс має важливе значення для підтримки ефективності роботи ґрунтообробної техніки, тому мобільні ремонтні пункти повинні бути оснащені спеціалізованими інструментами для вирішення цих завдань. Інструменти для ремонту шин включають важелі, комплекти латок,

повітряні компресори та манометри. Підтримка правильного тиску в шинах є критичною, оскільки він безпосередньо впливає на економію палива, тягові характеристики та продуктивність техніки. Наприклад, недостатньо накачані шини збільшують опір коченню, що призводить до підвищеного споживання палива та ризику пошкодження обладнання. Для забезпечення рівномірного зношування шин та стабільної роботи техніки використовуються інструменти для вирівнювання та балансування коліс, такі як датчики та пристрої балансування. Правильне вирівнювання покращує керованість обладнання і запобігає передчасному зносу шин, що підвищує загальну ефективність сільськогосподарських операцій.

Рішення для зберігання інструментів у мобільних ремонтних пунктах грають ключову роль у підвищенні їх продуктивності. Ящики для інструментів, стелажі та переносні шафи дозволяють організувати робочий простір, скорочуючи час на пошук необхідного обладнання та прискорюючи ремонт. Використання систем з кольоровим маркуванням та підписаними відсіками підвищує ефективність роботи техніків і забезпечує швидкий доступ до інструментів. Важливо також враховувати мобільність цих рішень: вони повинні бути легкими, але міцними, щоб витримувати умови роботи на полі. Добре продумані системи зберігання дозволяють мобільним ремонтним пунктам підвищити швидкість реагування та загальну продуктивність.

Міцний і зручний верстак є невід'ємною складовою ефективного мобільного ремонту. Мобільні робочі станції часто оснащені регульованою висотою, вбудованими місцями для зберігання інструментів та достатнім простором для виконання різноманітних завдань. Раціональне використання простору в мобільному середовищі дозволяє технікам працювати продуктивніше і зменшує хаос під час ремонту. Наприклад, розмежування зон для різних типів робіт або інструментів спрощує процес ремонту, дозволяючи зосередитися на завданні. Ефективне організування верстаків сприяє прискоренню робочого циклу та підвищенню якості виконаних робіт.

Мобільні пункти ремонту ґрунтообробної техніки є важливим елементом сучасного сільського господарства, що забезпечує високий рівень ефективності та продуктивності. Вони включають широкий спектр ручних та електроінструментів, діагностичне обладнання, а також спеціалізовані інструменти для обслуговування двигунів, гідравліки та електричних систем. Додатково, обладнання для обслуговування шин і коліс, надійні рішення для зберігання інструментів та безпечні робочі місця підвищують функціональність мобільних ремонтних пунктів. Наявність зручних робочих столів і впровадження сучасних технологічних інновацій сприяє подальшому підвищенню ефективності. У сукупності ці елементи підкреслюють значення мобільного ремонту для мінімізації простоїв і оптимізації продуктивності, що сприяє сталому розвитку сільськогосподарського сектору.

2.3 Зміцнення поверхонь робочих органів ґрунтообробних машин

Для усунення виявлених недоліків було розроблено метод зміцнення поверхонь термооброблених сталевих деталей, який поєднує електроіскрове легування (EIL) з одночасним введенням азоту в легуючу зону [43]. У цьому випадку одночасно відбуваються два процеси: власне електроіскрове легування та азотування, що формує технологію нітроцементації методом електроіскрового легування (НЦЕЛІ).

Сутність методу EIL полягає в локальному нанесенні легувальних елементів на поверхню деталі за допомогою електричних імпульсів, що утворюють мікроіскри та забезпечують дифузію легуючих елементів у металеву поверхню. Додавання азоту одночасно підвищує твердість та зносостійкість, створюючи поверхневий шар із покращеними механічними властивостями.

Використання цього методу у мобільному ремонтному пункті має суттєві переваги. По-перше, технологія є локальною та не потребує великого стаціонарного обладнання, що робить її зручною для застосування

безпосередньо на місці експлуатації техніки. По-друге, завдяки підвищеній твердості та зносостійкості робочих органів ґрунтообробної техніки, застосування НЦЕЛІ дозволяє значно подовжити їх ресурс, зменшити частоту заміни деталей і скоротити час простою.

Процес нітроцементації реалізується за допомогою пристрою, що встановлюється на вібратор установки ЕЛІ (рис. 2.1), що забезпечує рівномірне легування поверхні деталі та ефективне насичення азотом. Такий підхід робить можливим швидке і ефективне відновлення зношених елементів прямо в польових умовах, підвищуючи надійність та продуктивність ґрунтообробної техніки.

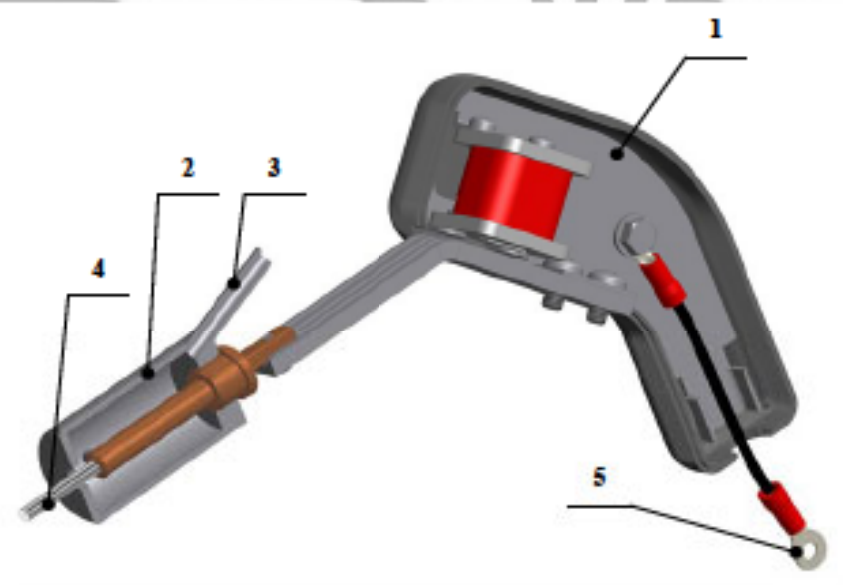


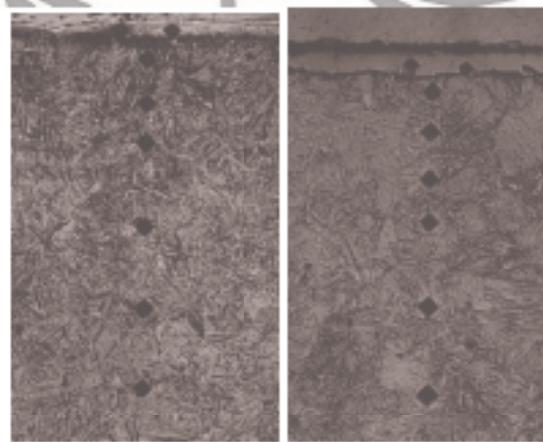
Рисунок 2.1 – Пристрій для подачі газу в зону легування складається з наступних елементів: 1 – вібратор, 2 – направляюче оправлення для подачі газу, 3 – штуцер для підведення газу, 4 – легуючий електродний матеріал, 5 – клемма для підключення до генератора ЕЛІ.

У таблиці 2.1 наведено розподіл мікротвердості в поверхневому шарі зразків сталі 40Х, термообробленої до твердості 390–400 Н/мм², підданої різним методам зміцнення, а також результати впливу цих методів на шорсткість утвореного зміцненого поверхневого шару.

Таблиця 2.1 – Результати цементації та нітроцементації в поверхневому шарі (матеріал – сталь 40Х)

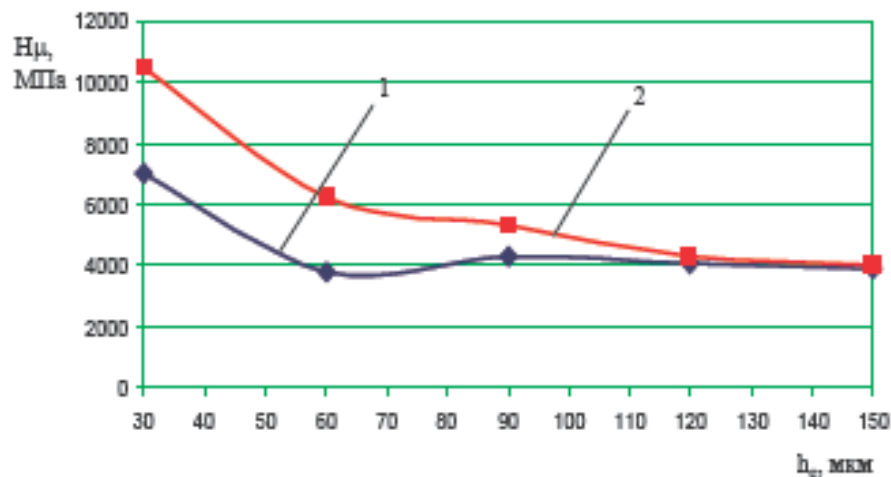
Метод	Мікротвердість по глибині, МПа					Ra, мкм
	30 мкм	60 мкм	90 мкм	120 мкм	150 мкм	
Цементация	7045	3790	4280	4040	3850	0,82
Нітроцементация	10420	6180	5310	4270	3900	0,74

Отримані фотографії сформованої мікроструктури поверхні зразків зі сталі 40Х наведено на рис. 2.2. На рис. 2.2в представлено графік залежності мікротвердості від глибини шару при цементації та нітроцементації.



а

б



в

Рисунок 2.2 – Фото мікроструктури (а, б) та графік розподілу мікротвердості за глибиною (в) зразків зі сталі 40Х: а – цементация (1); б - нітроцементация (2)

СНАУ

Процес нітроцементації EIL, виконаний у зазначених режимах, усуває типовий «провал твердості» та забезпечує підвищення її рівня з подальшим плавним зниженням у перехідній зоні. Зменшення шорсткості поверхні під час нітроцементації EIL пояснюється тим, що азотний струмінь ізолює зону легування від впливу навколишнього повітря, запобігаючи окисненню.

Для реалізації цього методу необхідна безперервна подача азоту, значне споживання якого знижує, а фактично нівелює, переваги способу.

Відомий метод, описаний у [23], передбачає підвищення зносостійкості та втомної міцності низьколегованих сталей (20...25)ХГТ (зокрема 15ХГТ, 28ХГТ) шляхом проведення хіміко-термічної обробки (ХТО) у пастоподібному карбюризаторі, що містить азот- і вуглецевмісні компоненти. У цьому способі карбюризатор у вигляді пасти (обмазки) наносять безпосередньо на поверхні, які підлягають зміцненню. Це прискорює процес утворення активних атомів азоту та вуглецю, їх адсорбцію на поверхні сталі й подальшу дифузію вглиб матеріалу. Такий підхід забезпечує мінімальні витрати компонентів карбюризатора при високій ефективності насичення.

Оскільки складові карбюризатора виявляють максимальну активність у різних температурних діапазонах (500–900 °С), метод може застосовуватися для ХТО сталевих виробів різного типу – від майже чистого азотування до нітроцементації, цементації чи ціанування.

Також запропоновано новий спосіб азотування методом EIL, який передбачає нанесення на поверхню деталі пастоподібного азотистого складу та подальше проведення EIL без очікування висихання пасти, з використанням електрода-інструмента з матеріалу, ідентичного матеріалу деталі.

2.4 Методика проведення досліджень

Запропонований новий спосіб нітроцементації реалізується методом EIL і передбачає нанесення на поверхню, що зміцнюється, спеціального насичувального технологічного середовища у вигляді пастоподібного

карбюризатора, який містить азот- і вуглецевмісні компоненти. Оброблення проводять електродом-інструментом із графіту без попереднього висушування пасти.

Для здійснення процесу нітроцементації використовувалася установка ЕЛІ типу «Елітрон-52А», що забезпечує енергію розряду в межах 0,05–6,80 Дж. У ході досліджень застосовували режими з енергією розряду $W_p = 0,13; 0,52$ та 3,4 Дж.

Металографічний аналіз оброблених зразків проводили за допомогою оптичного мікроскопа «Неофот-2», який використовували для оцінювання якості зміцненого шару, його щільності, товщини, а також будови окремих зон – дифузійної та зони термічного впливу.

Крім того, виконували дюрOMETричний аналіз розподілу мікротвердості у поверхневому шарі та по глибині шліфа. Вимірювання проводили на мікротвердомірі ПМТ-3 методом вдавлювання алмазної піраміди під навантаженням 0,05 Н відповідно до вимог, які викладено в ДСТ 9450-76.

На кожному етапі обробки додатково визначали шорсткість поверхні за допомогою профілографа-профілометра моделі 201 (виробник: завод «Калібр»), а результати фіксували за допомогою спеціальної вимірювальної приставки.

Насичувальне середовище у формі пасти (склад: 45,0% сечовина, 45,0% жовта кров'яна сіль, 10% вазелін) наносили на поверхню зразків зі сталі 20 та сталі 40 з розмірами 15мм×15мм×8мм. Без очікування висихання шару проводили нітроцементацію методом ЕЛІ, використовуючи як електрод-інструмент графітовий стрижень марки ЕГ-4 розміром 3мм×3мм×25мм.

Розподіл хімічних елементів у поверхневому шарі визначали за допомогою растрового електронного мікроскопа РЕМ-106, оснащеного камерою низького вакууму та системою енергодисперсійного мікроаналізу. Цей мікроскоп призначений для дослідження рельєфу поверхні твердих об'єктів і визначення їх елементного складу методом рентгенівського мікроаналізу за характеристичним випромінюванням у двох режимах – високого та низького

вакууму.

Спостереження у вторинних електронах дозволяє отримувати зображення з топографічним контрастом, тоді як у відбитих електронах формується елементний контраст.

Вбудований детектор XR-100FASTSDD виробництва Amptek (США) забезпечує проведення як якісного, так і кількісного елементного аналізу вибраної ділянки зразка. Крім того, прилад дозволяє в автоматичному режимі визначати зміну концентрації елементів уздовж заданої оператором лінії.

2.5 Отримані результати досліджень

На рис. 2.3 наведено мікроструктури поверхневого шару зразка сталі 20 після обробки методом ЕЛІ із використанням електрода-інструмента зі сталі 20 при енергіях розряду $W_p = 130; 520$ та 3400 мДж відповідно.

Як видно з рисунка, поверхневий шар має три характерні зони. На поверхні розташований «білий шар», який не піддається травленню стандартними реактивами. Під ним спостерігається дифузійна зона, що має темніший відтінок, а ще глибше – зона основного металу.

Зі збільшенням енергії розряду спостерігається зростання товщини як «білого» шару, так і дифузійної зони.

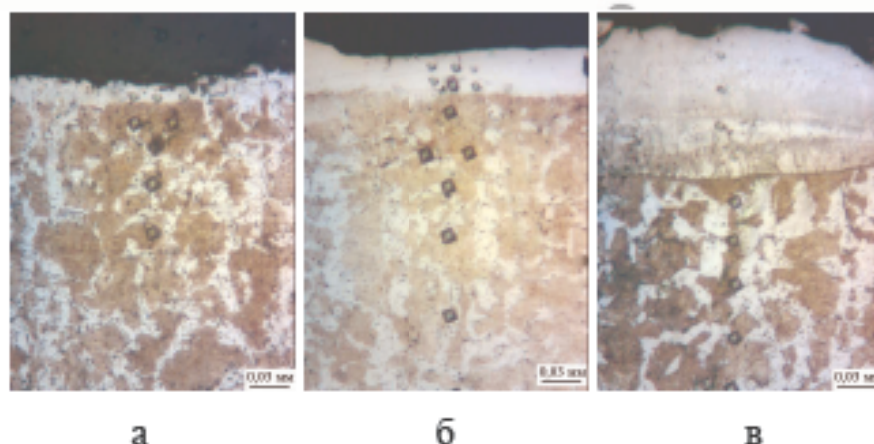


Рисунок 2.3 – Фотографії мікроструктури зразків сталі 20 в поверхневому шарі

після ЕЛІ графітним електродом: а – $W_p=130$ мДж; б - $W_p=520$ мДж;
в - $W_p=3400$ мДж

На рисунку 2.4 подано графік розподілу мікротвердості поверхневого шару сталі 20 після оброблення методом ЕЛІ із використанням графітового електрода-інструмента.

Результати дюрOMETричного аналізу свідчать, що зі збільшенням інтенсивності режиму легування підвищується як рівень мікротвердості, так і глибина зони з підвищеними значеннями цього показника.

У таблиці 2.2 наведено узагальнені дані щодо товщини, мікротвердості та суцільності «білого шару», а також величини шорсткості поверхні зразків зі сталі 40 після ЕЛІ графітовим електродом-інструментом при енергіях розряду $W_p = 130; 520$ та 3400 мДж.

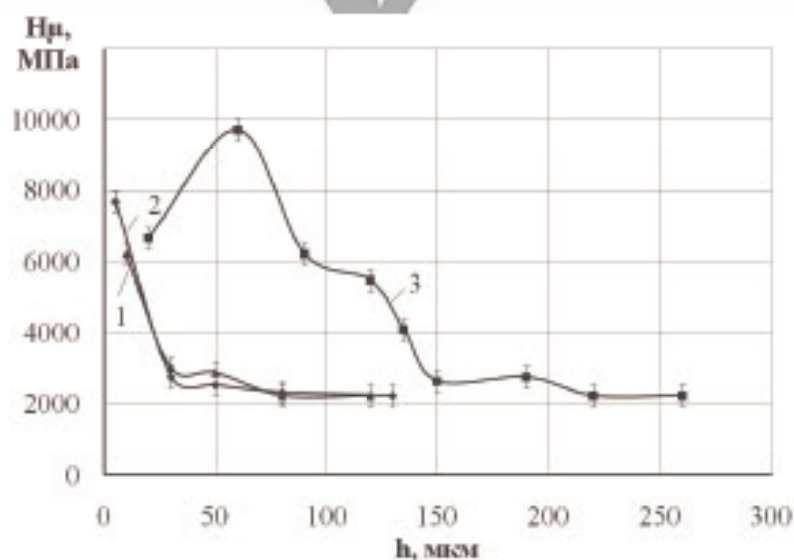


Рисунок 2.4 –Зміна мікротвердості при заглибленні під поверхню:

1 – $W_p=130$ мДж; 2 – $W_p=520$ мДж; 3 – $W_p = 3400$ мДж

Таблиця 2.2 – Якісні характеристики поверхні після НЦЕЛІ для зразків зі сталей 20 та 40

Енергія розряду, мДж	Параметри «білого шару»			Шорсткість, мкм		
	Товщина, мкм	Суцільність, %	Мікротвердість, МПа	Ra	Rz	Rmax

Матеріал зразка - сталь 20						
130	10-22	81	6658	0,80	1,93	6,57
520	29-41	89	7691	1,21	2,15	8,13
3400	82-108	100	9727	4,12	11,37	25,16
Матеріал зразка - сталь 40						
130	21-29	91	7133	0,92	2,23	7,35
520	32-48	100	7919	1,31	2,75	8,72
3400	78-119	100	9929	4,74	16,23	35,13

Аналіз даних, наведених у таблиці 2.2, показав, що заміна сталі 20 на сталь 40 призводить до суттєвого покращення характеристик зміцненого шару. Зокрема, спостерігається збільшення товщини, мікротвердості та суцільності «білого шару», що свідчить про більш інтенсивне протікання процесів дифузії та формування твердих фаз у сталі з вищим вмістом вуглецю. При цьому показник шорсткості поверхні зростає незначно, що вказує на стабільність процесу ЕІЛ і відсутність надмірного оплавлення поверхні навіть при підвищенні енергії розряду.

На рисунку 2.5 подано схеми ліній, уздовж яких виконувалося зондування розподілу хімічних елементів у поверхневому шарі зразків сталей 20 і 40 після нітроцементзації методом ЕІЛ. У таблицях 3–5 наведено результати енергодисперсійного мікроаналізу розподілу вуглецю та азоту за глибиною зміцненого шару при використанні енергій розряду 130; 520 та 3400 мДж.

Отримані результати свідчать, що у всіх режимах найбільші концентрації вуглецю та азоту спостерігаються в поверхневих шарах, що є закономірним для процесів нітроцементзації, де дифузія відбувається з поверхні вглиб матеріалу. Для сталі 40 концентрації обох елементів вищі, ніж для сталі 20, що пояснюється її більшим початковим вмістом вуглецю та сприятливішими умовами для утворення зміцнених фаз типу карбонітридів.

При енергії розряду $W_p = 130$ мДж вміст вуглецю та азоту біля поверхні досягає максимуму, після чого при поглибленні (через кожні 2 мкм) поступово зменшується. На глибині близько 20 мкм для сталі 20 концентрації становлять 0,25% С та 0,05% N, тоді як для сталі 40 – 0,44% С та 0,13% N.

За підвищення енергії розряду до $W_p = 520$ мДж (табл. 4) спостерігається дещо більша глибина зони насичення: для сталі 20 на глибині 20 мкм вміст вуглецю та азоту становить 0,21% і 0,04%, а для сталі 40 на глибині 28 мкм – 0,38% C та 0,04% N. Це свідчить про посилення процесів дифузії з підвищенням енергії імпульсу.

Найбільш інтенсивне насичення спостерігається при $W_p = 3400$ мДж (табл. 2.3). У цьому режимі для сталі 20 максимальні концентрації біля поверхні становлять 0,37% C і 0,21% N, а для сталі 40 – 0,58% C і 0,35% N. При поступовому поглибленні (крок 5 мкм) вміст елементів зменшується: на глибині близько 45 мкм у сталі 20 – до 0,23% C і 0,11% N, а в сталі 40 на глибині 55 мкм – до 0,37% C і 0,15% N.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що підвищення енергії розряду під час ЕЛІ сприяє глибшому проникненню легувальних елементів у метал, формуванню більш товстого й однорідного зміцненого шару. Сталь 40 демонструє вищу ефективність процесу нітроцементації порівняно зі сталлю 20, що обумовлено її більшою здатністю до дифузійного насичення і кращими структурно-фазовими умовами для утворення твердих зміцнених сполук. Це підтверджує перспективність використання сталі 40 у відповідальних деталях, що працюють в умовах тертя та змінних навантажень.

2.4 Висновки:

1. У результаті проведених експериментальних досліджень розроблено новий спосіб нітроцементації сталевих поверхонь, який реалізується методом електроіскрового легування (ЕЛІ). Процес передбачає нанесення на поверхню деталі спеціального насичувального середовища у вигляді пастоподібного азотвмісного компонента (наприклад, сечовини). Без очікування висихання пасти здійснюється оброблення поверхні графітовим електродом-інструментом, що забезпечує інтенсивне дифузійне насичення поверхневого шару азотом і вуглецем.

2. Під час нітроцементації сталей 20 і 40 спостерігається чітка залежність параметрів зміцненого шару від енергії розряду. При збільшенні її з 0,13 до 3,4 Дж відбувається:

- зростання товщини «білого шару» відповідно з 10 до 108 мкм для сталі 20 і з 21 до 119 мкм для сталі 40;
- підвищення мікротвердості поверхні з 6658 до 9727 МПа (сталь 20) і з 7133 до 9929 МПа (сталь 40);
- збільшення шорсткості поверхні (Ra) з 0,80 до 4,12 мкм і з 0,92 до 4,74 мкм відповідно;
- підвищення суцільності покриття з 81 до 100% для сталі 20 і з 91 до 100% для сталі 40.

3. Отже, заміна підкладки зі сталі 20 на сталь 40 не викликає істотних змін у якісних характеристиках зміцненого шару, проте забезпечує дещо більшу стабільність та рівномірність структури завдяки вищому вмісту вуглецю в основному матеріалі.

4. Аналіз розподілу елементів у поверхневому шарі показав, що за будь-яких режимів обробки максимальні концентрації вуглецю та азоту спостерігаються безпосередньо біля поверхні, а зі збільшенням глибини поступово зменшуються. Підвищення енергії розряду з 130 до 3400 мДж сприяє більш глибокому проникненню легувальних елементів: зона збагачення вуглецем розширюється з 19 до 43 мкм, а зона насичення азотом – з 18 до 54 мкм.

Таким чином, встановлено, що застосування ЕЛП із пастоподібним насичувальним середовищем забезпечує ефективне нітроцементаційне зміцнення сталей різного вмісту вуглецю, формуючи міцний, рівномірний і зносостійкий поверхневий шар.

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

У сільському господарстві мобільні ремонтні станції відіграють ключову роль у підтримці працездатності ґрунтообробної техніки, необхідної для ефективного виробництва продуктів харчування. Ці пересувні підрозділи забезпечують необхідну мобільність для усунення механічних несправностей безпосередньо на місці, гарантуючи, що обладнання залишається в робочому стані у критичні періоди посіву та збирання врожаю. Водночас специфіка роботи на таких станціях створює значні ризики для безпеки та здоров'я працівників. У контексті високого рівня виробничого травматизму та професійних захворювань в аграрному секторі особливо актуальним стає питання організації та підтримки безпечних умов праці на мобільних ремонтних станціях. У цьому есе розглядаються значення безпеки праці, основні ризики для працівників, нормативно-правова база, що регулює безпечні умови, передові практики захисту персоналу та роль роботодавців у створенні безпечного робочого середовища.

Особливе значення безпечних умов праці на мобільних ремонтних станціях важко переоцінити, адже це середовище часто пов'язане з потенційно небезпечними ситуаціями, які можуть призвести до серйозних травм або навіть летальних випадків. Мобільні станції, здатні обслуговувати техніку безпосередньо на місці, доставляють техніків туди, де виникає потреба в ремонті. Така гнучкість, хоч і необхідна, одночасно створює унікальні загрози, зокрема роботу з важкою технікою та інструментами в потенційно небезпечних умовах. Дослідження показують, що працівники аграрного сектору піддаються значно вищому ризику травм порівняно з іншими галузями, причому рівень виробничого травматизму майже вдвічі перевищує середній показник у промисловості. Небезпечні умови праці не лише загрожують здоров'ю, а й негативно впливають на продуктивність: працівники, які відчувають себе у безпеці, більш сконцентровані та ефективні, що сприяє кращим загальним

результатам сільськогосподарських операцій.

Працівники мобільних ремонтних станцій піддаються різним загрозам, які можуть суттєво впливати на їхнє здоров'я та безпеку. Найбільш поширені фізичні небезпеки пов'язані з роботою з важким обладнанням та інструментами, що підвищує ризик отримання травм, таких як переломи або рвані рани. Використання техніки додатково підсилює ймовірність нещасних випадків, особливо при недотриманні встановлених протоколів безпеки. Хімічні фактори також становлять значну загрозу: працівники можуть контактувати з маслами, розчинниками та паливом, що може викликати захворювання дихальної системи або проблеми зі шкірою. Наприклад, тривалий контакт з розчинниками без належної вентиляції здатен викликати токсичні впливи на нервову систему. Крім того, ергономічні небезпеки є поширеною проблемою: повторювані рухи, незручні пози або піднімання важких предметів можуть спричинити розлади опорно-рухового апарату. Дослідження показують, що близько 30% працівників аграрного сектору повідомляють про подібні травми, що підкреслює необхідність ергономічних заходів.

Для зниження ризиків застосовується нормативна база, що регулює безпеку мобільних ремонтних станцій. Наприклад, стандарти OSHA у США встановлюють вимоги щодо техніки безпеки, включаючи правильну вентиляцію, використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) та навчання роботі з небезпечними матеріалами. Державні органи контролюють дотримання цих норм, проводять інспекції та надають рекомендації роботодавцям щодо відповідності стандартам. Виконання галузевих інструкцій з безпеки дозволяє не лише зменшити ризик травм, але й сформувати культуру безпеки, підвищуючи моральний дух і утримання персоналу.

Впровадження передових практик безпеки є ключовим для створення безпечного робочого середовища. До таких заходів належать комплексні програми навчання працівників, що охоплюють розпізнавання ризиків,

безпечне поводження з обладнанням та алгоритми реагування на надзвичайні ситуації. Регулярне технічне обслуговування та перевірка інструментів та обладнання також критично важливі, оскільки підтримання машин у належному стані значно знижує ймовірність поломок та нещасних випадків. Крім того, надання ЗІЗ – рукавичок, захисних окулярів, респираторів – є необхідним для захисту від хімічних та фізичних небезпек. За даними Національного інституту безпеки та гігієни праці (NIOSH), правильне використання ЗІЗ здатне зменшити ризик отримання травми до 50%, що підкреслює критичну важливість їх забезпечення та застосування.

Роботодавці відіграють ключову роль у забезпеченні безпечних умов праці на мобільних ремонтних станціях. Формування культури безпеки в організації стимулює працівників приділяти першочергову увагу безпеці та активно брати участь у заходах щодо її забезпечення. Відкриті канали комунікації дозволяють співробітникам повідомляти про потенційні ризики та пропонувати поліпшення, створюючи відчуття причетності до процесів безпеки. Залучення працівників до комітетів з безпеки додатково зміцнює цю культуру, оскільки ті, хто бере участь у прийнятті рішень, частіше дотримуються встановлених протоколів. Регулярні перевірки та оцінки безпеки допомагають ідентифікувати потенційні небезпеки та оцінити ефективність існуючих заходів. Профілактичні дії роботодавців не лише захищають персонал, але й підвищують продуктивність і ефективність роботи.

Працівники також несуть відповідальність за дотримання безпеки на мобільних ремонтних станціях. Важливо своєчасно повідомляти про потенційні небезпеки та майже-інциденти, адже це дозволяє запобігти можливим нещасним випадкам. Дотримання встановлених протоколів, правильне використання інструментів, носіння ЗІЗ та дотримання правил роботи з небезпечними матеріалами є обов'язковим. Постійне навчання та оновлення знань про безпеку, участь у тренінгах і обмін досвідом із колегами додатково підвищують рівень захисту. Культура відповідальності працівників не лише

оберігає їх особисто, але й зміцнює загальну систему безпеки на станції.

У майбутньому технологічні інновації значно підвищать рівень безпеки мобільних ремонтних станцій. Використання робототехніки та автоматизації дозволяє виконувати високоризикові завдання, зменшуючи ймовірність нещасних випадків серед персоналу. Аналіз даних про безпеку допомагає виявляти повторювані проблеми, відстежувати закономірності інцидентів та впроваджувати цілеспрямовані заходи для запобігання ризикам. Співпраця в галузі та обмін передовим досвідом і ресурсами сприяють підвищенню стандартів безпеки, створюючи більш надійне робоче середовище для всіх працівників мобільних ремонтних станцій.

Забезпечення безпечних умов праці на мобільних ремонтних станціях ґрунтообробної техніки є критично важливим через численні фізичні, хімічні та ергономічні ризики. Хоча нормативна база визначає мінімальні стандарти безпеки, їхня ефективність залежить від дотримання правил і впровадження галузевих інструкцій. Найкращі практики включають навчання з питань безпеки, регулярне обслуговування обладнання та забезпечення засобами індивідуального захисту. Важливу роль відіграють як роботодавці, так і працівники у формуванні безпечного середовища. Інновації, такі як робототехніка, аналітика даних і галузеве співробітництво, обіцяють підвищити стандарти безпеки та знизити ризики. У сукупності комплексний підхід до безпеки, що поєднує нормативні вимоги, участь персоналу та технологічний прогрес, стане ключовим фактором у захисті здоров'я та підвищенні продуктивності працівників мобільних ремонтних станцій.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.

Сільськогосподарський сектор є фундаментом економіки багатьох країн, безпосередньо впливаючи на продовольчу безпеку та рівень життя в сільській місцевості. У міру зростання вимог до продуктивності та ефективності в аграрному виробництві інноваційні рішення набувають дедалі більшого значення. Одним із таких рішень є застосування мобільних майстерень для ремонту ґрунтообробної техніки безпосередньо в польових умовах. Мобільні майстерні забезпечують трансформаційний підхід до організації сільськогосподарських робіт, мінімізуючи простой та надаючи фермерам оперативний доступ до послуг ремонту. У цьому контексті розглядаються економічна ефективність пересувних майстерень, їхні переваги, вплив на економіку, порівняння зі стаціонарними ремонтними об'єктами та технологічні досягнення, що підвищують їхню функціональність. Аналіз цих аспектів дозволяє оцінити, як мобільні майстерні сприяють оптимізації сільськогосподарських процесів і зміцненню економічної стійкості аграрного сектору.

Мобільні майстерні в аграрній сфері визначаються як пересувні установки, обладнані усім необхідним інструментом і технікою для виконання ремонтних робіт безпосередньо на місці розташування сільськогосподарських машин. Їхня основна мета – задоволення критичних потреб фермерів, які часто стикаються з затримками та логістичними труднощами при транспортуванні техніки до стаціонарних ремонтних підприємств. Історично мобільні майстерні розвивалися від простих установок до складних пересувних станцій, здатних виконувати навіть складні ремонтні роботи. Поява таких майстерень пов'язана з поширенням механізації сільського господарства в середині ХХ століття, коли фермери стали потребувати швидких рішень для усунення поломок машин. Сьогодні мобільні майстерні особливо затребувані в регіонах із обмеженим доступом до стаціонарних ремонтних підприємств. Завдяки розвитку технологій і зростанню кількості техніки попит на оперативні та ефективні

ремонтні послуги продовжує зростати, що стимулює активне використання мобільних майстерень у різних сегментах сільського господарства.

Переваги мобільних майстерень для ремонту ґрунтообробної техніки багатогранні. По-перше, вони забезпечують високу доступність та зручність для фермерів, дозволяючи ремонтувати техніку безпосередньо на полі, без необхідності її транспортування. Це особливо важливо для віддалених районів, де поїздка до стаціонарної ремонтної майстерні може займати кілька годин. По-друге, мобільні майстерні значно скорочують простой, пов'язані з ремонтом техніки. Традиційні методи передбачають тривале очікування на доставку запчастин і транспортування обладнання, тоді як мобільні майстерні дозволяють оперативно вирішувати проблеми, мінімізуючи перерви у роботі. З економічної точки зору такі майстерні часто є більш вигідним рішенням порівняно зі стаціонарними ремонтними об'єктами. Наприклад, витрати на транспортування техніки до стаціонарної майстерні, включаючи плату за буксирування та втрату робочої сили, можуть перевищувати витрати на мобільний ремонт. В результаті фермери не лише економлять кошти, а й підвищують ефективність роботи обладнання та загальну продуктивність сільськогосподарських операцій.

Економічний ефект від використання пересувних майстерень у сільському господарстві є суттєвим. Ретельний аналіз показує, що вони дозволяють економити на витратах на робочу силу, оскільки фермери можуть продовжувати виконувати основні роботи під час ремонту техніки, що підвищує продуктивність праці. Крім того, збільшення часу безвідмовної роботи машин сприяє підвищенню врожайності та загальної ефективності виробництва. Наприклад, дослідження у сільськогосподарських регіонах Середнього Заходу показало, що фермери, які використовують пересувні майстерні, підвищили продуктивність на 20% завдяки скороченню простоїв обладнання. Також тематичні дослідження сільськогосподарських кооперативів демонструють фінансові вигоди мобільних майстерень: фермери заощаджували

тисячі доларів щороку, уникаючи дорогого транспортування техніки до стаціонарних ремонтних закладів. Ці дані підтверджують помітні економічні переваги мобільних майстерень і підкреслюють їхню важливість у сучасному аграрному виробництві.

Порівнюючи пересувні майстерні зі стаціонарними ремонтними підприємствами, варто враховувати переваги та обмеження кожного варіанту. Мобільні майстерні забезпечують гнучкість і оперативне обслуговування на місці, проте вони можуть мати обмежений набір інструментів і спеціалізованого обладнання порівняно зі стаціонарними ремонтними центрами. Стаціонарні майстерні, у свою чергу, здатні виконувати складні ремонти та надавати повний спектр послуг, але потребують транспортування техніки, що може призводити до затримок. Аналіз показує, що пересувні майстерні особливо ефективні для планового обслуговування та дрібного ремонту, тоді як стаціонарні центри краще підходять для масштабних або спеціалізованих робіт. Такий підхід дозволяє фермерам робити обґрунтований вибір залежно від конкретних потреб, що сприяє оптимізації продуктивності та економічної ефективності сільськогосподарських операцій.

Попри численні переваги мобільних майстерень, існують певні проблеми та обмеження. Однією з ключових складнощів є логістика та транспортування самих пересувних одиниць. Забезпечення необхідним обладнанням і правильного розташування майстерень для ефективного обслуговування фермерів може бути складним завданням. У віддалених сільських районах, де інфраструктура обмежена, доставка мобільної майстерні на місце роботи може становити серйозні перешкоди. Додатково, серед механіків, які обслуговують ці мобільні установки, спостерігається різниця у рівні підготовки. Багато техніків не мають спеціалізованої підготовки для роботи з різноманітною сільськогосподарською технікою, що потребує регулярного навчання та підвищення кваліфікації для забезпечення високого рівня обслуговування. Крім того, питання регулювання та дотримання стандартів безпеки залишаються

актуальними, оскільки мобільні майстерні повинні відповідати місцевим законам і нормам безпеки. Це стосується безпеки транспортних засобів, поводження з відходами та небезпечними матеріалами, що вимагає ретельного контролю для уникнення юридичних проблем і забезпечення безпеки техніків та фермерів.

Перспективи розвитку мобільних майстерень у сільському господарстві виглядають багатообіцяючими. Прогнози свідчать про зростання їх впровадження у зв'язку з подальшою механізацією агросектору та потребою у своєчасному ремонті техніки. Фермери, зацікавлені у підвищенні продуктивності та зменшенні простоїв, все більше схиляються до використання мобільних майстерень. Крім того, існує значний потенціал для інновацій і вдосконалення послуг: розвиток технологій та оптимізація матеріально-технічного забезпечення здатні підвищити ефективність роботи мобільних ремонтних підрозділів. Заходи для збільшення впровадження мобільних майстерень можуть включати інформаційні кампанії для підвищення обізнаності фермерів про їхні переваги, партнерські програми між кооперативами та постачальниками мобільних послуг, а також фінансові стимули для залучення користувачів. Вирішуючи існуючі проблеми та впроваджуючи інновації, мобільні майстерні можуть закріпити своє значення як важливий елемент сучасного сільськогосподарського виробництва.

Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

ВИСНОВОК

Під час реалізації проекту отримано наступні результати:

Аналіз системи технічного обслуговування та ремонту показав, що для підвищення технічної справності ґрунтообробної техніки доцільним є застосування мобільних ремонтних пунктів, здатних виконувати відновлювальні роботи безпосередньо в польових умовах.

Встановлено, що використання мобільного пункту ремонту дозволяє зменшити витрати палива у 3–5 разів порівняно з перегонем техніки до спеціалізованих СТО для ремонту та обслуговування.

Застосування мобільних пунктів ремонту сприяє значному скороченню простоїв техніки та зменшенню втрат під час збору врожаю.

Для розширення переліку виконуваних робіт пропонується обладнати мобільний пункт установкою для електроерозійного легування.

У результаті досліджень запропоновано новий метод нітроцементзації сталевих поверхонь деталей, який здійснюється методом ЕІЛ. Процес передбачає нанесення на зміцнювану поверхню насичувальної технологічної пасти з азотистим компонентом (наприклад, пастоподібної сечовини) та обробку електродом-інструментом з графіту без очікування висихання пасти.

При нітроцементзації сталі 20 та сталі 40 із збільшенням енергії розряду від 130 до 3400 мДж спостерігаються наступні зміни: товщина білого шару зростає відповідно з 10 до 108 та з 21 до 119 мкм; мікротвердість поверхневого шару підвищується з 6658 до 9727 МПа та з 7133 до 9929 МПа; шорсткість поверхні (Ra) збільшується з 0,80 до 4,12 мкм та з 0,92 до 4,74 мкм; суцільність покриття підвищується з 81 до 100 % та з 91 до 100 %.

За підсумками дослідження опубліковано дві тези доповідей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1. Ucgul, M., & Chang, C.-L. (2023). Design and Application of Agricultural Equipment in Tillage Systems. *Agriculture*, 13(4), 790. <https://doi.org/10.3390/agriculture13040790>
2. Lou, S., He, J., Lu, C., Liu, P., Li, H., & Zhang, Z. (2021). A Tillage Depth Monitoring and Control System for the Independent Adjustment of Each Subsoiling Shovel. *Actuators*, 10(10), 250. <https://doi.org/10.3390/act10100250>
3. Fizza, Syeda & Batool, E & Jamil, Iqra & Ashraf, Adeela & Rashad, Muhammad & Hassan, Javaid & Bukhari, Syeda & Amir, Muhammad & Hamza, Muhammad & Khan, Arslan & Khan, Muhammad. (2024). Soil Health and Environmental Sustainability: A Comprehensive Review of Functions, Challenges, and Conservation Practices. 13. 6574-6591. [10.21746/aps.2024.13.11.2](https://doi.org/10.21746/aps.2024.13.11.2)
4. Fowler, Richard & Rockstrom, Johan. (2001). Conservation tillage for sustainable agriculture. *Soil & Tillage Research - SOIL TILL RES.* 61. 93-108. [10.1016/S0167-1987\(01\)00181-7](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00181-7)
5. Anand, Satyam & Kumar, Pushpam & Alok, Ankit & Kumar, Rishikesh. (2023). Chapter -4 Precision Agriculture: Technology and Implementation.
6. T Anil Kumar, S M Aradhya, Eswaraiah K S, Sharana Basava (2024). Design and Development of Ecofriendly Tilling Machine for Sustainable Agricultural Practices. *Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology*. Vol. 45 No. 04. 2238-2243
7. Michael Wallace. (2020). Economic Impact Assessment of the Tillage Sector in Ireland. *Tillage Industry Ireland*. 83 p.
8. Calegari, Ademir & Araujo, Augusto & Tiecher, Tales & Bartz, Marie & Fuentes Llanillo, Rafael & dos Santos, Danilo & Capandeguy, Facundo & Zamora, Jaime & Jump, José & Moriya, Ken & Dabalá, Luciano & Cubilla, Luis & Cubilla A., Martín & Carballal, Miguel & Trujillo, Richard & Peiretti, Roberto & Derpsch, Rolf & Miguel, Santiago & Friedrich, Theodor. (2020). No-

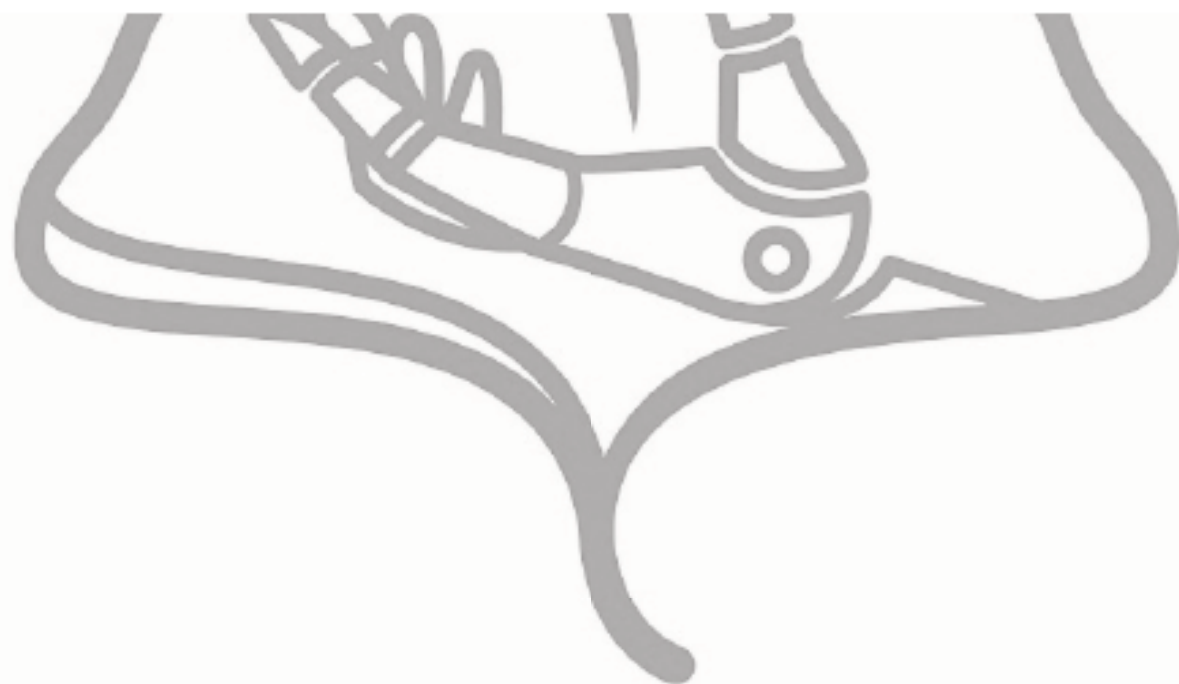
- till Farming Systems for Sustainable Agriculture Challenges and Opportunities. 10.1007/978-3-030-46409-7.
9. Vlăduțoiu, L. & Cardei, Petru & Vladut, Valentin & Lucian, Fechete. (2017). Modern trends in designing and selecting the machine/equipment for deep soil tillage. 10.22616/ERDev2017.16.N320.
 10. Steponavičienė, V., Žiūraitis, G., Rudinskienė, A., Jackevičienė, K., & Bogužas, V. (2024). Long-Term Effects of Different Tillage Systems and Their Impact on Soil Properties and Crop Yields. *Agronomy*, 14(4), 870. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040870>
 11. Yang, H., Wang, Q., He, J., Wang, C., Li, H., Li, Y., Lin, H., Wang, Q., Li, H., & Wang, L. (2024). Current Status and Future Directions for Combined Tillage and Sowing Technology and Equipment. *Applied Sciences*, 14(24), 11707. <https://doi.org/10.3390/app142411707>
 12. El Mekkaoui, A., Moussadek, R., Mrabet, R., Douaik, A., El Haddadi, R., Bouhlal, O., Elomari, M., Ganoudi, M., Zouahri, A., & Chakiri, S. (2023). Effects of Tillage Systems on the Physical Properties of Soils in a Semi-Arid Region of Morocco. *Agriculture*, 13(3), 683. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030683>
 13. Lin Lin, Shaojie Han, Pengzhi Zhao, Lu Li, Chengcheng Zhang, Enheng Wang, (2022). Influence of soil physical and chemical properties on mechanical characteristics under different cultivation durations with Mollisols, *Soil and Tillage Research*, Volume 224, 105520, <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105520>.
 14. Yared Seifu Woldeyohannis, Someshakher S Hiremath, Simie Tola, Amana Wako, (2024). Influence of soil physical and chemical characteristics on soil compaction in farm field, *Heliyon*, Volume 10, Issue 3, e25140, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25140>.
 15. Практикум з технічної діагностики: навч. посібник / О.В.Козаченко, С.П.Сорокін, О.М.Шкрєгаль та ін.; за ред. проф. О.В.Козаченка. – Х.: Факт

2013. – 456с.
16. Лімот А.С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин: навч. посіб. / А.С. Лімот.- Житомир : Держ. Агроеколог. Ун-т, 2008. – 410с.
 17. Ільченко В.Ю. Лабораторний практикум з використання машин у рослинництві. / Ільченко В.Ю., Кабанець В.С., Кухаренко П.М., Карасьов П.І. та ін.. – Дніпропетровськ : ДДАУ, 2003. – 396 с.
 18. Сорокін С.П. Практикум з використання паливно-мастильних матеріалів / Сорокін С.П., Козаченко О.В., Клімов П.М., Басенко Л.І. – Харків : ХДТУСТ, 2005. – 197 с.
 19. Бендера І.М. Технологія технічного обслуговування машин / Бендера І.М., Грушецький С.М., Роздорожнюк П.І., Михайлович Я.М. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2009. -320 с.
 20. Khodabakhshian, Rasool & Shakeri, Mohsen. (2011). Prediction of repair and maintenance costs of farm tractors by using of Preventive Maintenance. *International Journal of Agriculture Sciences*. 3. DOI: <https://doi.org/10.9735/0975-3710.3.1.39-44>.
 21. Pavlović, I., Bratić, K., Kiciński, R., & Kluczyk, M. (2024). Testing and Modeling of Shaft Vibrations Due to Misalignment. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(12), 2284. <https://doi.org/10.3390/jmse12122284>
 22. Yilmaz, Cemal & Yilmaz, Ercan & Isik, Mehmet & Usalan, Mehmet & Sönmez, Yusuf & Özdemir, Veysel. (2017). Design and implementation of real-time monitoring and control system supported with IOS/Android application for industrial furnaces. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*. 13. <https://doi.org/10.1002/tee.22689>.
 23. Krynke, Marek, et al. "Factors, Increasing the Efficiency of Work of Maintenance, Repair and Operation Units of Industrial Enterprises" *Management Systems in Production Engineering*, vol. 30, no. 1, Sciendo, 2022, pp. 91-97. <https://doi.org/10.2478/mspe-2022-0012>
 24. Stank, Theodore & Daugherty, Patricia & Gustin, Craig. (1994). Organizational

- Structure: Influence on Logistics Integration, Costs, and Information System Performance. *International Journal of Logistics Management*, The. 5. 41-52. DOI: <https://doi.org/10.1108/09574099410805199>.
25. Guedes, Leandro. (2024). Accessibility by Design: Designing Inclusive Technologies with and for People with Intellectual Disabilities. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27947.86562>.
 26. Jayasena, Nimesha & Mallawarachchi, Harshini & Silva, Lalith. (2019). Environmental sustainability of facilities management: Analytical hierarchy process (AHP) based model for evaluation. *Built Environment Project and Asset Management*. ahead-of-print. DOI: <https://doi.org/10.1108/BEPAM-12-2018-0157>.
 27. Teoh, Tharsis & Kunze, Oliver & Teo, Chee Chong. (2016). Methodology to Evaluate the Operational Suitability of Electromobility Systems for Urban Logistics Operations. *Transportation Research Procedia*. 12. 288-300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.066>.
 28. Arsova, Monika & Temjanovski, Riste. (2023). Logistics costs and their impact on performance. *Journal of Economics*. 8. 55-67. DOI: <https://doi.org/10.46763/JOE2381055a>.
 29. Vezzoli, Carlo & Ceschin, Fabrizio & Diehl, Jan Carel & Kohtala, Cindy. (2015). New Design Challenges to Widely Implement 'Sustainable Product-Service Systems'. *Journal of Cleaner Production*. 97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.061>.
 30. Matorera, Douglas & Fraser, William. (2016). The Feasibility of Quality Function Deployment (QFD) as an Assessment and Quality Assurance Model. *South African Journal of Education*. 36. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.15700/saje.v36n3a1275>.
 31. Akinbode, Sakiru & Folorunso, Olusegun & Olutoberu, Taiwo & Olowokere, Florence & Adebayo, Muftau & Azeez, Sodeeq & Hammed, Sarafadeen & Busari, Mutiu. (2023). Farmers' Perception and Practice of Soil Fertility

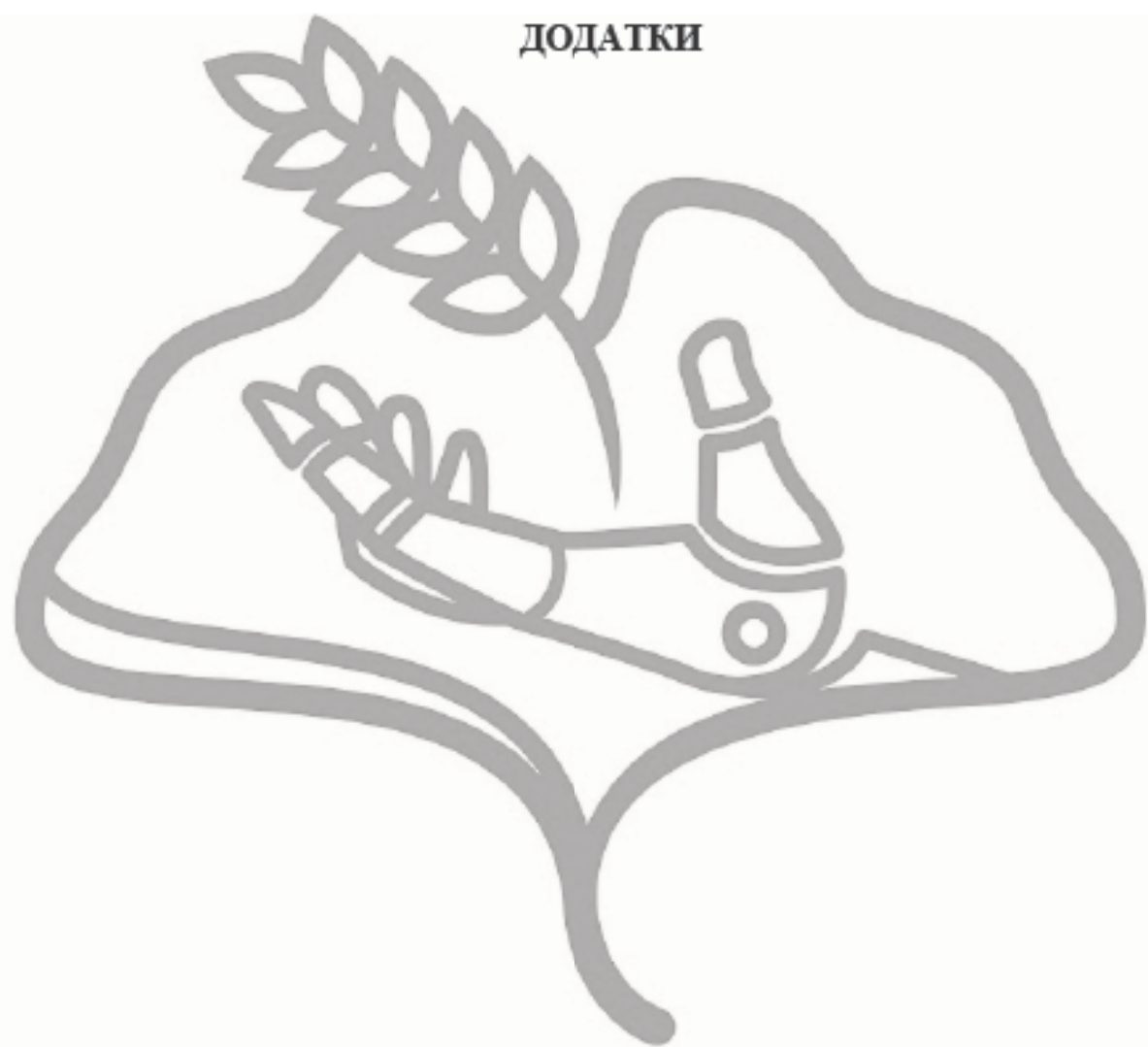
Management and Conservation in the Era of Digital Soil Information System in Southwest Nigeria. <https://doi.org/10.20944/preprints202312.0400.v1>.

32. Deng, L., Li, W., Liu, X., Wang, Y., & Wang, L. (2023). Landscape Patterns and Topographic Features Affect Seasonal River Water Quality at Catchment and Buffer Scales. *Remote Sensing*, 15(5), 1438. <https://doi.org/10.3390/rs15051438>



Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

ДОДАТКИ



Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

Прорахунок будемо проводити на прикладі оранки поля яке знаходиться в полі на відстані 50 км від ремонтної майстерні та з розцінкою послуги 3300 грн/га. Вартість придбання шасі (вантажного мікроавтобуса), обладнання та інструментів становить 3250000 грн

За одну проводиться оранка близько 1,3 га

Час на виконання ремонту – 3 год.

Розглянемо проведення ремонту за двома схемами:

1. Варіант

Перегін трактора з плугом на територію ремонтної майстерні у дві сторони 100 км., швидкість середня пересування 15 км/год. З розрахунку виходить 6,67 годин.

Виконання ремонту - 3 години.

Загальна перерва в виконанні польових робіт – 9,67 годин.

Втрати від простою при такому ремонті становить:

$$(9,67 \times 1,3) \times 3300 = 28614,3 \text{ грн.}$$

2. Варіант

При поломці викликається мобільний пункт ремонту. Час приїзду при середній швидкості 60 км/год становить $50/60=0,83$ год

Тривалість виконання ремонтних робіт – 3 годин

Загальна перерва в виконанні польових робіт – 3,83 годин.

Втрати від простою при такому ремонті становить:

$$(3,83 \times 1,3) \times 3300 = 16460 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від впровадження мобільного пункту ремонту складе:

$$E = 28614,3 - 16460 = 12183,6 \text{ грн.}$$

Термін окупності капіталовкладень становить:

$$O = K / E = 3\,250\,000 / 12183,6 = 266,8 \text{ (візди)}$$

Даний підрахунок не враховує ряд чинників: різниця в витраті палива на

переїзд на відстань 100 км трактора та мікроавтобуса, витрату цінного моторесурсу трактора та інші.

З підрахунку виходить що мобільний пункт треба використовувати на підприємствах тому що це вигідно.



Інженерно-технологічний факультет СНАУ