

**Тема:** *Підвищення довговічності деталей тракторів*

**Автор:** *Кобілева Д.Г.*

**Керівник:** *Тарельник В.Б.*

## ВСТУП

Трактори є важливою частиною сільськогосподарської промисловості. Вони використовуються для багатьох речей, як-от оранка, обробіток, посадка та і перетягування важких вантажів. Трактори служать довше і працюють краще, якщо їх підтримувати в хорошому стані та лагодити, коли вони зламалися. Це, в свою чергу, значною мірою залежить від якості запчастин, як нових, так і якісно відновлених. Запасні частини для тракторів необхідні для підтримки трактора в хорошому стані та довшої служби.

Якісні запасні частини для тракторів виготовлені відповідно до тих же стандартів і технічних характеристик, що й оригінальні запчастини. Вони виготовлені з міцних і надійних матеріалів високої якості. Це зменшує ймовірність їх поломки або зносу, що означає менше простоїв і ремонтів. Використовуючи хороші запчастини, можливо забезпечити бездоганну роботу трактора протягом тривалого часу. Це означає, що фермеру можна зосередитися на роботі, а не на тому, щоб трактор був у хорошому стані. Це допоможе бути більш продуктивним і ефективним.

Хороші запасні частини для трактора також можуть допомогти краще виконувати свою роботу. Наприклад, сучасна трансмісія може зробити трактор більш плавним і ефективним і зменшити навантаження на двигун. Таким же чином хороша паливна система може підвищити ефективність палива, що може знизити експлуатаційні витрати та зменшити забруднення. Якісні гідравлічні частини можуть зробити машину більш плавною та надійною, що знижує ризик поломки та пошкодження обладнання [1].

Якісні запасні частини для тракторів можуть коштувати дорожче, але в довгостроковій перспективі вони можуть заощадити ваші гроші, зменшивши витрати на ремонт. Високоякісні деталі створені, щоб служити довше, їх не

доведеться часто ремонтувати чи замінювати. Крім того, вони часто постачаються з гарантіями, які захищають від оплати дорогого ремонту або заміни.

Безпеку також можна підвищити, використовуючи високоякісні запасні частини для тракторів. Наприклад, хороші гальма та деталі керма можуть полегшити зупинку та забезпечити кращий контроль, що зменшує ймовірність аварії. Крім того, якісні електричні частини можуть допомогти запобігти коротким замиканням та іншим електричним проблемам, які можуть спричинити пожежі. Безпека має важливе значення в сільському господарстві і придбання хороших запасних частин може допомогти захистити як трактор, так і його операторів і працівників.

Підсумовуючи, вище сказане слід відмітити, що тема дипломної магістерської роботи «Підвищення довговічності деталей тракторів» актуальна, тому що направлена на виготовлення і використання хороших запасних частин для трактора, що може значно подовжити його роботу та підвищити його продуктивність, надійність і безпеку.

# РОЗДІЛ 1

## ПРОБЛЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ І РЕМОНТУ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ ТРАКТОРІВ

### 1.1. Основні частини трактора [1]

Трактор складається з кількох компонентів, які включають: двигун, зчеплення, диференціальний блок, головна передача, задні колеса та передні колеса, рульові механізми, гідравлічні органи керування та системи зчіпки, гальма, панель управління.

#### *Двигун*

Більшість тракторів працюють від двигуна внутрішнього згорання, який працює на бензині, гасі, зрідженому нафтовому газі або дизелі. Через карданний вал ці двигуни можуть передавати потужність на коробку передач на восьми-десяти швидкостях. Це відбувається через диференціал до двох задніх коліс. Існує два типи тракторних двигунів, і вони включають паровий двигун і дизельний двигун.

Паровий двигун використовує технологію розширення або конденсації пари для виробництва енергії. З іншого боку, дизельні двигуни використовують механізми внутрішнього згорання, які через стиснення повітря виробляють тепло, яке натомість використовується для запалювання палива. Нижче наведено частини двигуна трактора.

*Шатун і колінчастий вал* є частиною двигуна трактора від поршня до колінчастого валу.

*Свічка запалювання* – це компонент двигуна для запалювання палива, який забезпечує контрольоване розширення двигуна через іскру. Основною функцією свічки є подача іскри, необхідної для запалювання повітряно-паливної суміші.

*Клапани.* Паливо надходить у камеру згоряння через клапани і дозволяє вихлопу вийти через той самий клапан. Він завжди закритий, якщо не працює.

### *Поршень і поршневі кільця*

Поршень - це циліндрична металева частина, яка знаходиться всередині циліндра двигуна, а поршневі кільця розташовані між циліндром і поршнем. Функція поршня та поршневих кілець полягає в тому, щоб ущільнити простір і забезпечити паливно-повітряну суміш з одного боку, а також запобігти витoku у піддони.

*Відстійники.* Картери, які оточують колінчастий вал, що містить певну кількість палива.

*Зчеплення* — це частина трактора, яка використовується для передачі обертання, яку можна ввімкнути або вимкнути, і в основному використовується в пристроях, що використовують два обертові вали. Один вал у таких пристроях буквально приєднаний до двигуна, а інший вал приводить в рух інші пристрої разом з процесом. Примітно, що зчеплення з'єднує два вали, щоб або зафіксувати їх разом і обертати з однаковою швидкістю, або роз'єднати і обертати з різною швидкістю. Є різні типи зчеплень, і ми розглянемо кожен окремо.

### *Фрикційна муфта*

Це зчеплення, де одна частина може повертати іншу за допомогою тертя між ними. Фрикційна муфта здійснює затиск, використовуючи силу між двома поверхнями, і два тіла притискаються один до одного для передачі сили. При запуску двигуна натискається педаль зчеплення.

Після запуску двигуна педаль повільно відпускається, поступово збільшуючи тиск на поверхню тертя до повного усунення ковзання. При цьому місце приводу міцно закріплене на пластині приводу. Один момент, який варто відзначити, полягає в тому, що передача потужності залежить виключно від матеріалу, який використовується для елементів тертя, і ступеня сили, яка стискає їх разом. Це найбільший тип зчеплення в тракторі, і навіть зараз вони поширені в багатьох моделях тракторів.

Фрикційну муфту можна далі розділити на три категорії: однодискова муфта, багаторазова муфта та конічна муфта.

#### *Однодискове зчеплення*

У цьому типі зчеплення одна товста пластина покрита фрикційним матеріалом з обох сторін. Підпружинений натискний диск притискає диск зчеплення до маховика двигуна. Пружини, розташовані між пластиною і корпусом, створюють тиск, який утримує поверхню тертя в контакті. Після того, як педаль зчеплення відпущена, палець розчеплення штовхає назад натискний диск. В результаті з диска зчеплення знімається тиск, що призводить до відключення зчеплення, при цьому зчеплення перестає обертатися, але маховик продовжує обертатися. У той момент, коли педаль зчеплення вільна, натискний диск змушує їх обертатися разом як одне ціле. Отже, вироблена потужність передається на коробку передач для подальшої передачі на задні колеса. Управляється такий тип зчеплення трактора ножним способом.

*Багатодискове зчеплення* може мати два або три диски. Різниця між однодисковим зчепленням і багатодисковим зчепленням полягає в тому, що ободи маховика багатодискового зчеплення не діють як поверхня тертя. Багатодискові муфти також мають тонкі металеві пластини, розташовані по черзі як ведучі та ведені елементи. У численних дискових зчепленнях одна група металевих пластин прикріплена до маховика, а інша група до перемикачів зчеплення. Коли пластини стискаються разом, зчеплення включається.

Потужність передається від двигуна до коробки передач для подальшої передачі потужності на заднє колесо.

*Конусна муфта.* Конусне зчеплення — це інше зчеплення з металевим диском як основним вузлом конічного зчеплення з конічною периферійною поверхнею, яка з'єднується з виїмкою подібної форми в маховику. Звичайна гальмівна накладка та важка пружина, розташована позаду конуса, чинять достатній тиск, щоб гарантувати його надійне зачеплення. Втулка, прикріплена до конуса та розширена назад, прикручена до валу трансмісії, що забезпечує зачеплення, коли шестерні з'єднані з двигуном зчеплення. Можна викликати роз'єднання, зсуваючи конус і втулку назад на подовженні валу маховика проти тиску пружини.

### *Гідромуфта*

Гідравлічна муфта складається з ведучого та веденого елементів, що робить його радикальними лопатками робочого колеса у відповідній камері. Муфта гідромуфти має муфту, встановлену на колінчастому валу двигуна, який на 3/4 заповнений ідеальним маслом. Для забезпечення маслонепроникності валу передбачено підпружинене ущільнювальне кільце.

Під час обертання колінчастого валу масло викидається відцентровою силою безпосередньо від середини до зовнішнього краю робочого колеса, що призводить до збільшення швидкості та енергії масла. Потім масло потрапляє в бігун із зовнішньої частини і тече до центру, змушуючи бігун обертатися. За умови, що робоче колесо та бігун обертаються з різною швидкістю, масло продовжуватиме циркулювати рівномірно. Однак, коли робоче колесо та робочий ролик починають працювати одночасно, циркуляція масла припиняється. Муфта не пов'язана з підвищеним крутним моментом, а лише передає крутний момент рівномірним чином.

Гідравлічна муфта пов'язана з трьома основними функціями: поглинання ударів і вібрації, плавний запуск, простота експлуатації.

### *Диференціальний блок*

Це розташування передач, яке дозволяє заднім колесам трактора обертатися повільніше, ніж інші. Це добре видно, коли трактор повертає на криву дорогу, де одне колесо має пройти більшу відстань, ніж інше. Внутрішнє колесо під час обертання потребує менше енергії, ніж зовнішнє колесо. Диференціальний блок лише полегшує цей процес. Вихідний вал із коробки передач забезпечує конічну шестерню на кінці валу. Цей вузол диференціала складається з кількох частин: картер диференціала, шестерня диференціала, коронне колесо, піввісь і конічна шестерня.

### *Задні колеса проти передніх малих коліс*

Трактор має дві пари на колесах, де мала пара знаходиться попереду, а інша велика пара - ззаду. Ці дві пари мають стратегічне розташування, і на це є багато причин. Однією з причин великого заднього колеса є розподіл ваги. Це означає, що коли колесо має зануритися в землю, коли земля волога, воно має занурити ковш, щоб воно застрягло. Це станеться лише тоді, коли колесо опуститься майже на півдорозі між центрами обода та частиною шини, яка контактує з землею. Крім того, двигун трактора розташований спереду. Звичайно, це призводить до того, що передня частина трактора важча, ніж задня частина, і в багатьох моделях тракторів ми маємо навісне обладнання спереду, що додає вагу. Отже, для розподілу ваги задні колеса трактора великі, щоб збалансувати або розподілити. Ще одна причина, по якій у трактора заднє колесо більшого розміру. Трактор сконструйований таким чином, що нефункціональна нижня частина знаходиться далі над землею, завдяки чому він може проїхати через великий об'єкт без контакту чи пошкодження.

*Гальма* є важливою частиною не тільки трактора, але й інших автомобільних пристроїв. Вони допомагають уповільнити або зупинити трактор під час руху. Крім того, це запобігає руху трактора, що стоїть. Крім того, гальма також допомагають проходити круті повороти під час сільськогосподарських робіт, застосовуючи диференціальні гальма на двох задніх колесах.

Найбільш поширеним типом гальм є фрикційні. Вони працюють за рахунок зміни кінетичної енергії трактора, що рухається, на тепло внаслідок тертя між обертовими компонентами та нерухомими компонентами, які механічно вступають у контакт із обертовими частинами. Коли інертний матеріал, обшитий твердим фрикційним матеріалом, контактує з обертовими елементами, відбувається відповідне гальмування.

*Злітний блок* - це ще одна важлива частина трактора, яка використовується для живлення навісної або окремої машини. Знімний блок дозволяє знаряддям ефективно використовувати або отримувати енергію від двигуна трактора.

*Панель управління* – це частина трактора, яка використовується для полегшення керування двигуном при перевезенні великого вантажу. Він складається з гальмування, яке використовується для відповідної зупинки або уповільнення трактора. Це гарантує, що трактор швидко не перекинеться і потужність буде стабільною.

*Зчіпка* – це та частина трактора, яка зазвичай полегшує підйом і опускання знарядь, навісного обладнання та важких вантажів. Це особливо важливо в ситуації, коли потрібно перемістити речі або предмети з одного місця в інше.

## **1.2. Призначення тракторних запчастин**

У світовій економіці сільське господарство є життєво важливим органом, і в центрі цієї галузі лежить незамінний трактор. Ці потужні машини рухають

сільськогосподарські підприємства вперед, прискорюючи виконання завдань, розширюючи землекористування та полегшуючи робоче навантаження. Однак при тривалому використанні трактори зношуються, що вимагає заміни деяких деталей. Саме на цьому етапі якість і надійність запасних частин для тракторів стають ключовими.

Трактори служать робочими конячками, що забезпечують продуктивність сільського господарства. Як невинні союзники в полі, трактори несуть основний тягар складних завдань. З часом окремі компоненти зношуються або псується, що підкреслює вирішальну роль, яку відіграють запасні частини [2].

Запасні частини для тракторів відіграють важливу роль у підтримці працездатності трактора. Своєчасна заміна зношених деталей забезпечує довговічність і безперебійну роботу трактора. Тому якість і надійність цих запчастин мають першочергове значення.

Важливість якості запасних частин у світі тракторів проявляється в кількох критичних моментах:

**Ефективність і продуктивність:** якісні запасні частини для тракторів покращують продуктивність трактора. Надійні компоненти дозволяють швидше та ефективніше виконувати завдання. Регулярна заміна запасних частин трактора підвищує ефективність трактора. Наприклад, регулярна заміна масляних фільтрів зберігає тиск і циркуляцію масла в двигуні, зменшує знос і подовжує термін служби двигуна. Це допомагає трактору працювати довше та ефективніше.

**Надійність:** час має важливе значення в сільському господарстві. Якісні запасні частини знижують ризик поломки або несправності трактора, забезпечуючи стабільну та надійну роботу.

**Економія:** якісні запасні частини забезпечують довгострокову економію. Часті заміни та ремонти неякісних або несправних деталей можуть з часом призвести до зростання витрат.

**Безпека:** Робота на тракторі може становити небезпеку. Якісні запасні частини підвищують безпеку під час виконання небезпечних завдань, зменшуючи ризик непередбачених аварій. Запасні частини забезпечують безпечну роботу трактора. Наприклад, зношені гальмівні колодки можуть негативно вплинути на ефективність гальмування трактора та спричинити аварії. Тому встановлення нових запчастин забезпечує безпечну експлуатацію трактора.

**Знос:** запасні частини трактора можуть зношуватися або пошкоджуватися через часте використання. Знос цих деталей впливає на продуктивність і термін служби трактора. Встановлення нових запасних частин допомагає підтримувати оптимальну продуктивність і термін служби трактора.

**Вартість:** заміна запасних частин трактора забезпечує економію коштів у довгостроковій перспективі. Встановлення нових запчастин подовжує термін служби трактора та допомагає запобігти несподіваним несправностям. Це, у свою чергу, допомагає власникам тракторів платити менше за ремонт і володіти трактором, який служить довше.

Таким чином, регулярна заміна запасних частин трактора є найважливішим критерієм забезпечення здорової, безпечної, ефективної та економічної роботи трактора.

Перелік запасних частин трактора, які потребують регулярного огляду та заміни при необхідності, включає: деталі двигуна трактора, поршні та поршневі кільця, масляні фільтри, паливні фільтри, радіатор і термостат, ремені двигуна, деталі трансмісії трактора, колодки зчеплення, трансмісійний фільтр, масло коробки передач, привідні ремені, деталі шасі та підвіски трактора, гальмівні колодки, гальмівна гідравліка, підвісні системи, рульова коробка і тяги, диференціал і мости, електричні та освітлювальні частини, акумулятор, фари, сигнальні лампи, з'єднання електричних кабелів, стартер.

Запасні частини трактора, які слід частіше міняти, залежать від багатьох факторів, таких як частота використання, умови роботи та якість матеріалів деталей. Перелік запчастин трактора, які потребують частішої заміни, такий:

*Масляні фільтри:* Масляний фільтр є життєво важливим для правильної роботи двигуна трактора. Регулярна заміна масляного фільтра підтримує тиск і циркуляцію масла в двигуні, зменшує знос і продовжує термін служби двигуна.

*Радіатор і термостат:* радіатор і термостат необхідні для системи охолодження трактора. Їх слід регулярно обслуговувати, чистити та замінювати, коли це необхідно.

*Гальмівні колодки:* гальмівні колодки трактора мають вирішальне значення для зупинки та керування трактором. Гальмівні колодки слід регулярно міняти через знос.

*Акумулятор:* акумулятор забезпечує енергію, необхідну для запуску трактора. Його слід регулярно перевіряти, щоб підтримувати рівень заряду, і за необхідності замінювати.

*Поршні та кільця:* поршні та кільця, які включені до переліку запасних частин трактора, які потребують частішої заміни, є деталями, які рухаються всередині двигуна трактора. Заміна цих деталей збільшує продуктивність і термін служби двигуна.

*Диски для плугів і борін:* через часте використання деталі сільськогосподарського обладнання можуть зношуватися. Диски плуга та борони більш схильні до зношування, оскільки вони часто контактують із землею. Тому їх слід регулярно перевіряти і при необхідності замінювати.

Перераховані вище частини є такими ж важливими, як і інші частини трактора. Тому рекомендується створити програму технічного обслуговування, щоб регулярно перевіряти та замінювати всі частини трактора.

### **1.3. Загальні проблеми, що виникають у частинах трактора, і пропозиції щодо їх вирішення**

#### *Проблеми з шинами*

Тракторні шини повинні витримувати різні випробування на сільськогосподарських полях. Поширені проблеми включають спущені шини, нерівномірний знос і недостатній тиск повітря. Регулярні перевірки шин і підтримка належного рівня тиску мають вирішальне значення для запобігання проблемам із шинами.

#### *Проблеми з двигуном*

Двигуни тракторів можуть зношуватися через тривале використання, що призводить до зниження продуктивності. Такі проблеми з двигуном, як проблеми з паливом, забиті повітряні фільтри та несправності системи охолодження, можна виявити на ранній стадії за допомогою регулярного технічного обслуговування та перевірок.

#### *Проблеми з електрикою*

Проблеми з електрообладнанням часто турбують трактористів. Несправні акумулятори, корозійні дроти або несправні електричні компоненти можуть перешкодити запуску трактора або спричинити втрату продуктивності. Регулярна перевірка та технічне обслуговування електричної системи може запобігти таким проблемам.

#### *Проблеми з гальмами*

Гальма трактора мають вирішальне значення для безпеки. Зношені гальмівні колодки, витік гальмівної рідини або втрата тиску в гальмівній системі є типовими проблемами гальм трактора. Регулярна перевірка та заміна зношених деталей є важливою для забезпечення безпеки трактора .

#### *Проблеми з шасі та рульовим керуванням*

Пересічена місцевість може створювати значний тиск на шасі трактора та систему рульового керування, що призводить до ослаблення з'єднань, зношення підшипників або погнутих деталей. Регулярні перевірки шасі та системи рульового керування можуть підвищити стійкість трактора та безпеку водіння.

### *Проблеми з трансмісією*

Трансмісія трактора може зношуватися через великі навантаження. Дефіцит трансмісійної рідини, проблеми з ременем або зношені шестерні можуть перешкоджати належній роботі трактора. Регулярне обслуговування допомагає заздалегідь виявити проблеми з трансмісією.

### *Проблеми з гідравлічною системою*

Багато тракторів покладаються на гідравлічні системи для виконання таких завдань, як підйом і опускання обладнання. Витоки в гідравлічних циліндрах, низький рівень масла або бульбашки повітря можуть вказувати на проблеми з гідравлічною системою, що впливає на функціональність і продуктивність трактора. Тому регулярне технічне обслуговування та перевірки є надзвичайно важливими.

### *Проблеми з охолодженням*

Подовжений робочий день і велике навантаження в тракторах часто призводять до проблем із системою охолодження. Перегрів, проблеми з водяним насосом або блокування радіатора є поширеними явищами, які можуть знизити ефективність трактора. Профілактичним заходом є регулярна перевірка системи охолодження.

### *Проблеми з паливною системою*

Паливна система є життєво необхідною для нормальної роботи трактора. Засмічення паливного фільтра, проблеми з інжектором або несправність паливного насоса можуть негативно вплинути на роботу двигуна. Регулярне обслуговування паливної системи забезпечує безперебійну роботу вашого трактора.

### *Проблеми з стрілою екскаватора*

Стріли екскаватора в тракторах часто використовуються і можуть зношуватися або ламатися. Робота з надмірним навантаженням, неправильне використання або нерегулярне обслуговування можуть призвести до пошкодження. Тому регулярні перевірки та необхідне обслуговування стріли екскаватора мають вирішальне значення.

#### *Проблеми з електронним блоком керування*

Сучасні трактори управляються електронними блоками управління різними системами. Однак у цих електронних системах можуть виникнути збої або помилки. Збої датчиків, проблеми з програмним забезпеченням або проблеми з електричним підключенням можуть вплинути на продуктивність трактора. Професійний технік може діагностувати та вирішити проблеми.

Звертаючи увагу на ці поширені проблеми із запасними частинами трактора фермер за допомогою регулярного технічного обслуговування та перевірок, може підтримувати свій трактор в оптимальному стані — довговічно, безпечно та ефективно.

### **1.4. Основні види руйнування деталей сільськогосподарської техніки**

Основні фактори втоми та корозійної втоми вихід з ладу металоконструкцій транспортних машин, що використовуються в сільськогосподарського виробництва визначають стан їх поверхні, параметри навантаження, агресивність середовища ступенів з урахуванням різних видів добрив, погодних умов тощо [4-14]. При розгляді технічний стан сільськогосподарської техніки через 3 роки експлуатації, помічено, що корозія сприяє до приблизно 80 % усіх механічних несправностей складальних одиниць [6, 8-14]. Корозія і втомна поломка є результатом сумарного ефекту обслуговування навантажень, негативних середовищ матеріалів металоконструкцій.

Корозійні пошкодження і легкі руйнування листового металу змінюють стан поверхні заготовки та інтенсифікують процеси зношування. Вони значно погіршують триботехнічні властивості та корозійні процеси, викликаючи одночасне зниження втомної міцності. В результаті надійність і міцність транспортних засобів значно зменшується. Подібні процеси відбуваються при експлуатації газопроводів в корозійних умовах середовищах [15-21].

Процеси корозійно-втомного руйнування матеріалів у контакті з мінеральними добривами вивчені недостатньо. В результаті спільного впливу атмосферної корозії і механічних навантажень близько 70-80% деталей машин виходять з ладу, 20-25% з яких - відмови, викликані робочим перевантаженням через втрату міцності через атмосферну корозію. Значна частина металоконструкцій сільськогосподарських транспортних засобів, що використовуються для транспортування мінеральних добрив, знаходиться під безпосереднім впливом агресивних середовищ і динамічних навантажень, які виникають під час руху польовими дорогами. Досліджено насичені розчини найбільш агресивних робочих середовищ, що використовуються в сільськогосподарському виробництві, зокрема сульфату та нітрофоски амонію, для зниження опору втоми рядових груп сталей – Ст3 і Ст5 та якісних сталей – Сталь 10, Сталь 15, Сталь 20, Сталь 25 під навантаженням на всіх рівнях.

Межа втомної витривалості знижується в порівнянні з повітрям у розчині сульфату амонію до 2,02 рази, а в розчині нітрофоски - в 2,32 рази. У середовищі органічних добрив, порівняно з дистильованою водою, межа умовної втомної витривалості зростає до 9 %. Виявлено та доведено властивості даних матеріалів як інгібітора корозійно-втомного руйнування.

### **Адгезивний знос**

Коли металеві частини двигуна починають торкатися без хорошого мастила між собою, самі метали буквально починають тертися один про одного, утворюючи нерівності – мікроскопічні «шорсткі плями» – на металевій поверхні.

Незважаючи на те, що він виглядає і відчувається ідеально гладким, у будь-якому місці, де з'являються крихітні нерівності, метал може нагріватися ще сильніше, оскільки він сильніше стирається об іншу поверхню. Якщо дозволити частинам перестати тертися одна об одну – наприклад, коли вимикається двигун – тепло, що виділяється, може злити крихітні нерівності разом.

Отже, адгезивне зношення – це буквально місце, де зупинили двигун і дозволили цим нерівностям з'єднатися. Потім, коли знову запустили двигун, то ці нерівності буквально відламуються між металевими частинами.

### **Абразивний знос**

Абразивне зношування відбувається саме так, як це звучить – дві поверхні дряпаються одна об одну. Це може бути викликано декількома факторами, включаючи знос прилипання.

Інший – коли на металевих поверхнях утворюється відкладення, яке починає дряпати метал іншої поверхні. Цей скребок відламує мікроскопічні частини матеріалу поверхні, які тепер переміщуються між металевими частинами, зношуючи обидві поверхні.

Третьою причиною абразивного зношування є використання надто рідкої оливи, оскільки вона не дозволяє повністю відокремити частини машини.

### **Корозійний знос**

Коли в двигуні йде процес спалювання палива, типовим результатом цієї події згоряння є вуглецевий  $\text{CO}_2$ , який ми схильні вважати поганим. Але це також створює воду. Тому іноді з вихлопної труби витікає кілька крапель. Це конденсат у результаті згоряння. Частина цієї води потрапляє в кільця навколо поршня і вниз в масло. З часом ця вода може призвести до руйнування самої олії.

Треба також пам'ятати, що коли двигун працює, то спалюються вуглеводні. Вони, у свою чергу, виробляють органічні кислоти. Навіть повітря містить сполуки азоту та сірки, які також можуть реагувати з невеликою кількістю масла в поршні, утворюючи більше кислот. Усі ці кислоти потрапляють у моторне

масло, де вони можуть розчиняти метал. Вони буквально роз'їдають металеву поверхню.

Високоякісні моторні оливи допомагають захистити двигуни від корозійного зношування, нейтралізуючи або припиняючи вироблення цих типів кислот.

### **Втомний знос**

Якщо нагріти шматок металу, то виникне невелике теплове розширення, яке стиснеться, коли він охолоне. Якщо з часом, коли метал розширюється та стискається, у металі утворюється невеликий отвір – як тріщина – туди може потрапити відкладення. У результаті ця частина більше не розширюється і не стискається з такою ж швидкістю, як метал. Це фактично може змусити метал тріснути. З часом ці тріщини можуть спричинити відколювання шматочків металу.

### **Вплив якості моторного масла на знос двигуна**

Надпотужний двигун, як і будь-який двигун внутрішнього згорання, має багато рухомих металевих частин, які ковзають і торкаються одна одної. Простір і допуск між ними надзвичайно малі. Але цього достатньо для утворення тонкої плівки мастила, яка, у свою чергу, дозволяє двом металевим частинам рухатися одна проти одної, не торкаючись (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Захищення мастилом деталей двигуна від зносу

Посилення зносу двигуна призводить до послаблення жорстких допусків. Це створює більше простору, що ускладнює герметизацію оливи в різних областях рухомих частин двигуна. Зрештою, будь-який знос може призвести до повної втрати продуктивності двигуна.

### **1.5. Уніфікація технологічних процесів усунення дефектів типових деталей**

Аналіз ринку деталей тракторів та іншої сільськогосподарської техніки, які потребують ремонту (відновлення), показує, що багато з них мають однакову геометричну форму, конструктивні елементи, дефекти, матеріал, тощо. Тому існує можливість вибрати деталі, які подібні за конструктивною та технологічною характеристиками, для яких можна використати подібну технологію відновлення (уніфіковану технологію).

Використання уніфікованої технології допоможе прискорити підготовку виробництва, використати більш раціональний склад обладнання, переналагоджене оснащення, зменшити кількість металоріжучих і штампових інструментів, скоротити об'єм технічної документації.

Існує два види технологічної уніфікації :

- типізація технологічних процесів;
- груповий метод обробки.

Перший полягає у розробці технологічних процесів ремонту (відновлення) деталей, які мають однакові конструктивні та технологічні ознаки, наприклад - відновлення гільз циліндрів, шатунів, поршневих пальців, колінчастих валів тощо.

Груповий метод заключає в собі розробку процесів ремонту (відновлення) деталей з різними конструктивними, але однаковими технологічними ознаками,

наприклад - відновлення шліцьових валів, дисків, важелів, вилок переключення передач, корпусів тощо.

Для підприємства, що проектується можлива технологія відновлення типових деталей та класифікація, розроблена на кафедрі ремонту машин ХІМЕСГ (табл. 1.1) [23].

Таблиця 1.1 - Класифікація деталей сільськогосподарської техніки

Клас	Підклас	Основні технологічні завдання відновлення
1	2	3
Стержні круглі	01.1. Вали гладенькі і ступінчасті	Відновлення зовнішніх елементів обертання, в основному циліндричних.
	01.2. Вали шліцьові	Відновлення шліцьової частини і циліндричних поверхонь обертання, необхідність термообробки.
	01.3. Вали колінчасті	Відновлення ексцентрично розміщених поверхонь
	01.4. Вали розподільні	Відновлення потрібно профілю кулачків
Циліндри порожисті	02.1. Стакани, маточини, втулки	Відновлення зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь обертання
	02.2. Гільзи циліндрів	Відновлення внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь
Диски	03.1. Диски, маховики, шківни.	Відновлення зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь, які відрізняються великими діаметральними розмірами; необхідність балансування більшості деталей.
	03.2. Котки, напрямні колеса	Те ж, що і 03.1, але великі зноси поверхонь вимагають особливих способів відновлення (залиття рідким металом, встановлення бандажів, електрошлакового наплавлення тощо)
Дрібні деталі	04.1. Поршневі пальці	Відновлення зовнішніх циліндричних поверхонь специфічними способами(гідротермічним роздаванням, гарячим розкатуванням тощо)
	04.2. Валики вентиля торів і штовхачів, осі шестерень	Відновлення зовнішніх поверхонь з незначними зносами (переважно гальванічними способами)
Колеса зубчасті	05.1. Шестерні	Відновлення зубчастого вінця
	05.2. Зірочки	Відновлення зубів і западин зірочок

## Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Важелі	06.1. Шатуни	Відновлення нижньої і верхньої головок шатуна і кришки з високою точністю обробки і взаємного розміщення
	06.2. Тяги, важелі	Відновлення отворів і торців головок із заданою точністю їх взаємного розміщення
Корпусні деталі	07.1. Блоки циліндрів	Відновлення тріщин у перемичках між отворами під гільзи, поверхонь і неспіввісностей отворів під вкладиші
	07.2. Головки блока циліндрів	Відновлення клапанних гнізд, площини прилягання до блока
	07.3 Корпуси	Відновлення циліндричних і плоских поверхонь з високими вимогами до точності їх обробки і просторового розміщення, зароблювання тріщин.
08. Деталі просторові тонкостінні	08.1. Кришки, кожухи, картери -	Відновлення плоских поверхонь, зароблювання тріщин, відновлення гладеньких і різьбових отворів
	08.2. Тонкостінні деталі облицювання	Усунення вм'ятин, зароблювання тріщин
09. Деталі площинні	09.1. Вилки переключення передач	Відновлення плоских робочих поверхонь
10. Деталі профільні	10.1. Лемеші, лапи, диски сошників	Відновлення лез і проектної геометрії деталей
11. Пружини, ресори	11.1. Пружини	
	11.2. Ресори	
12. Деталі спеціальні	Радіатори, ланки гусениць тощо	Деталі мають специфічну технологію відновлення

**1.6. Висновки:**

1. Проведений аналіз складу основних частин тракторів.
2. Показана необхідність якісних тракторних запчастин для успішного функціонування фермерського господарства.
3. Розглянуті загальні проблеми, що виникають у частинах трактора, і пропозиції щодо їх вирішення.

4. Проаналізовані основні види руйнування деталей сільськогосподарської техніки.

5. Розглянуті основні принципи уніфікації технологічних процесів усунення дефектів типових деталей с.г. техніки.

### **1.7. Мета та задачі дослідження**

**Метою роботи** є підвищення надійності відповідальних деталей тракторів шляхом розробки технології їх ремонту (відновлення) екологічно безпечними методами.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити ряд **завдань**:

- проаналізовані основні види руйнування деталей тракторів;
- проаналізувати існуючі сучасні методи ремонту (відновлення) деталей тракторів і вибрати найкращій;
- провести порівняльні випробування.

## РОЗДІЛ 2

### УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) ДЕТАЛЕЙ ТРАКТОРІВ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИМИ МЕТОДАМИ

#### 2.1. Існуючі сучасні екологічно безпечні технології ремонту (відновлення) деталей

Аналіз літературних джерел показав, що найбільш раціональними екологічно безпечними технологіями ремонту (відновлення) деталей тракторів можуть бути електроіскрове легування (ЕІЛ) і поверхнєве пластичне деформування (ППД)

##### *Електроіскрове легування*

Технологія електроіскрового осадження (ESD), тобто - електроіскрового легування (ЕІЛ) — це новий метод ремонту та зміцнення поверхні металевих матеріалів. Цей метод має переваги простого обладнання, зручності експлуатації та широкого спектру застосування. Леговане покриття має більш високу зносостійкість, хорошу стійкість до корозії, чудові характеристики тертя та інші особливі властивості, тому воно має кращу практичну цінність і широку перспективу застосування. В [24] представлені характеристики та принцип технології ЕІЛ, аналізує статус досліджень цієї технології та вказує на майбутній напрямок розвитку цієї технології. Завдяки цій технології можна зміцнювати і відновлювати деталі тракторів та інших с.-г. машин екологічно безпечними методами.

Технологія електроіскрового осадження може ефективно покращити фізичні та хімічні властивості, механічні властивості та трибологічні властивості поверхні механічних частин, завдяки чому поверхня механічних частин має високу твердість, високу зносостійкість, високу втомну міцність, високу корозійну стійкість до опору та окислення, стійкість до високих температур, стійкість до абляції та інші спеціальні властивості. Технологія ЕІЛ широко

використовується в сільськогосподарській техніці, військовій, медицині, автомобільній, харчовій, гірничодобувній, металургійній, аерокосмічній, ядерній промисловості, морських суднах, турбінах, виробництві електроенергії, електричній трансмісії та інших галузях механічної промисловості частини поверхневого зміцнення та поверхневого ремонту пошкоджених деталей, особливо для прецизійних деталей поверхневого зміцнення та виробництва з додаванням локальних матеріалів. Порівняно з іншими технологіями обробки поверхні електроіскрове осадження має такі переваги.

(1) Відсутність підвищення температури або дуже низьке підвищення температури в частинах, відсутність змін в організаційній структурі та продуктивності, деталі не відпалюються та не деформуються.

(2) Швидке нагрівання та швидке охолодження можуть легко отримати дрібну кристалічну та навіть аморфну структуру. Коли матеріал швидко нагрівається та охолоджується, легко отримати дрібнозернисту структуру, навіть аморфну структуру під високим температурним градієнтом, щоб покращити механічні властивості, зносостійкість і корозійну стійкість поверхні матеріалу.

(3) Покриття ESD (EIL) і підкладка є металургійним зв'язком, а міцність зв'язку висока.

(4) Покриття ESD є щільним і має хорошу однорідність.

(5) Потрібна лише невелика кількість попередньої та подальшої обробки, а іноді навіть не потреба. Остаточний припуск на обробку наплавленого шару невеликий, і вартість подальшої обробки заготовки зберігається [24].

### *Поверхнєве пластичне деформування*

Сучасне ремонтне виробництво стикається з проблемою, пов'язаною з втратою працездатності деталей і вузлів машин внаслідок руйнуванню їх поверхневого шару.

У зв'язку з цим технологічні процеси реставрації вимагають приділяти більше уваги до операцій, спрямованих на поверхневе зміцнення з метою забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей.

Нещодавно було проведено серію досліджень для розробки вимоги до зміцненого поверхневого шару відновлених деталей.

Встановлено, що в окремих випадках необхідно, з метою підвищення довговічності деталей, формування поверхневого шару з неоднорідною зміцненою структурою [25].

Існуючі технології загартування не завжди дозволяють виконати вимоги до якості загартування матеріалу деталей. Тому необхідні дослідження для посилення можливості техніки загартовування.

Один з ефективних методів загартовування при відновленні деталей — метод поверхневої пластичної деформації (ППД), який забезпечує утворення зміцненого шару з підвищеними показниками якості матеріалу: глибини зміцнення, міцність, збільшення стискаючих залишкових напружень [26].

Однак можливість отримати поверхневий шар з необхідні показники зміцнення залишилися недостатніми реалізовано, що часто є перешкодою для ефективного використання серії деталей машин.

Метою роботи [27] було дослідження технологічного процесу зміцнення пустотілих циліндричних деталей автотракторних двигунів з використанням поверхневого пластичного деформування.

Попередньо проведені експериментальні дослідження на моделях у широкому діапазоні зміни різних факторів. Одержані дані перераховувались з моделі на конкретні деталі – поршневі пальці та втулки верхніх головок шатунів автотракторних двигунів. Дослідження використовували при визначенні: зусиль, напружень, формозміни, властивостей та структури матеріалу деталей. При проведенні досліджень дотримувався закон подібності, відповідно до якого моделі-зразки та деталі були геометрично подібними та фізично однакові.

Експериментально встановлені раціональна форма обробного інструменту – конусна, а також його оптимальні розміри: кут нахилу  $10^{\circ}30'$ , величина калібруючого пояска 6–7 мм, що забезпечують величину зміцнення та якість поверхні оброблюваного матеріалу. На основі одержаних лабораторних даних отримана емпірична залежність припуску на обробку із залишковою деформацією по зовнішньому діаметру поршневого пальця.

Проведеними дослідженнями статичної міцності поршневих пальців встановлено, що величина зносу залежить від наступних основних факторів: методу обробки, матеріалу та часу роботи.

Дослідженням вагового зносу поршневих пальців та втулок верхніх головок шатунів встановлено, що при вібраційному деформуванні величина зносу менша у порівнянні зі звичайною. Величина зносу поршневих пальців, що відновлені вібраційним методом, в 1,13 рази менше в порівнянні з відновленими звичайною обробкою.

## **2.2. Дослідження по удосконаленні технології ремонту деталей типу валів**

Значний інтерес для підвищення несучої здатності валів тракторів, як при виготовленні, так і при ремонті, представляє метод ЕІЛ, який усе більше використовують в промисловості для зміцнення і відновлення зношених поверхонь.

Недоліком ЕІЛ є зниження шорсткості поверхні, нерівномірність поверхневого зміцнення, зниження стомлюючої міцності.

З іншого боку є поверхнева пластична деформація (ППД), що значно знижує, або зовсім усуває недоліки ЕІЛ. Тому нами для зміцнення і відновлення деталей типу валів, що широко використовуються в тракторах, запропонована комбінована технологія ЕІЛ+ППД.

## Методика досліджень

ЕІЛ виконували на установках з ручним вібратором моделі «ЕІЛ-8А». (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Фотографія установки «ЕІЛ-8А»

Шорсткість поверхні деталей визначали на приладі профілографі-профілометрі мод. 201 заводу «Калібр».

Матеріали, застосовувані для дослідження, підрозділяються на матеріали для катода (деталі) і матеріали для анода (легуючого електрода).

Основний матеріал катода - сталь 45 як найпоширеніша, класичним представником конструкційних сталей для виготовлення деталей машин. Ця конструкційна середньо вуглеводна нелегована сталь застосовувалася для досліджень у поліпшеному стані із твердістю основи НВ 280 і сорбітною структурою.

Як анод використалися чисті метали, графіт марки ЭГ-4, твердий сплав ВК8 і мідь.

Для досліджень впливу ППД на властивості поверхневого шару виготовляли круглі зразки  $D_{\text{нар}} = 50\text{мм}$ ,  $L = 200\text{-}250\text{ мм}$ , по всій поверхні яких

проводилося ЕІЛ. Потім на кожному зразку проводилося ППД методами алмазного вигладжування (АВ) і обкатуванням кулькою (ОК) по різних режимах. Кожному режиму відповідала доріжка шириною 10-15 мм. Після зміцнення ППД із кожного зразка з кожної доріжки вирізалися сегменти й виготовлялися шліфи для дослідження структури зміцненого шару.

Зносостійкість покриттів визначалася на машині тертя СМЦ-2 за схемою диск - колодка. Як матеріал контртіла використався бабіт Б-83. Змащення поверхонь тертя вироблялося в умовах, коли нижня частина круглого зразка перебували у ванночці з маслом турбінним Т-22. Швидкість ковзання становила 0,78 м/с, питомий тиск - 5,0 МПа, тривалість випробувань - 8 ч, що відповідало шляху тертя 22,5 км. Перед випробуваннями колодку з бабіту розточували до збігу поверхні тертя з допуском на діаметр, що відповідає посадці ковзання. При цьому шорсткість поверхні контр тіла становила  $Ra = 1,6$  мкм.

Далі зразки встановлювалися на машину тертя й прироблювалися протягом 1 ч із питомим навантаженням 2,0 МПа. Прироблення вважалося кінченою, якщо частка приробленої поверхні становили не менш 95% номінальної. Для виміру лінійного зношування на робочу поверхню випробовуваного круглого зразка на твердомірі Виккерса наносилися чотири поглиблення в діаметрально протилежних сторонах. Зразки для визначення інтегрального зношування всієї поверхні перед випробуванням зважували на аналітичних вагах ВЛА-200 з точністю до 0,0001г.

Лінійні зношування визначалося методом штучних баз по різниці глибин відбитків, обмірюваних до й після проведення експерименту, а інтегральний (вагарні) зношування - як різниця ваги зразка до й після проведення випробувань.

### **2.3. Дослідження зносостійкості валів**

Результати зношування зразків, зміцнених ЕІЛ + ППД, і зразків без зміцнення наведені в табл. 2.1. Для порівняння наведені також результати

дослідження зносостійкості зразків, зміцнених пневмо відцентровою обробкою кульками  $\varnothing 12,7$  мм і обкатуванням роликом  $\varnothing 76$  мм, які були отримані в лабораторії змащення і зносостійких покриттів ВНДІ «Компресормаша» м. Суми.

Таблиця 2.1 - Зношування зміцненої сталі 45 у парі з бабітом Б-83

Зміцнення	Зношування	
	вагове $\times 10^3$ , кг	лінійне, мкм
Без зміцнення	0,079	6,516
Пнемо відцентровою зміцнення $\varnothing 12,7$	*	3,0
Обкатування роликом $\varnothing 76,0$	*	2,0
ЕІЛ Cr + АВ	0,017	1,643
ЕІЛ Gr (ЭГ-4) + ОК	0,019	1,855
ЕІЛ Cu + ЕІЛ ВК8 + ОК	0,015	1,564
* - немає даних;		

Аналіз табл. 2.1 показує, що зносостійкість зразків зі сталі 45, зміцнених ЕЕЛ + ППД, вище в порівнянні з не зміцненими і зміцненими тільки ППД.

Застосування в якості попереднього покриття м'якого антифрикційного металу міді підвищує зносостійкість комбінованих електроерозійних покриттів (КЕП).

Мідь, нанесена першим шаром, при наступному легуванні твердим сплавом ВК8 розплавляється й спливає як більше легка, заповнюючи при цьому всі нерівності і пори формованого покриття, покриваючи його тонкою мідною плівкою.

Професор Д. Н. Гаркунів в [7] затверджує, що наявність між поверхнями тертя тонкої мідної плівки, утвореної при терті в режимі вибірного переносу,

може збільшувати площу фактичного контакту в 10 – 100 разів, що може бути однієї із причин, що різко знижують інтенсивність зношування поверхонь тертя.

#### **2.4. Висновки:**

1. Для зміцнення та ремонту валів роторів РМ запропонована комбінована технологія ЕІЛ + ППД.

2. Експериментальними дослідженнями встановлено що зносостійкість зразків зі сталі 45, зміцнених ЕІЛ + ППД, вище в порівнянні з не зміцненими і зміцненими тільки ППД.

3. Кращі результати по зносостійкості отриманні на зразках з комбінованим електроіскровим покриттям (КЕП) з міді і твердого сплаву ВК8 з наступною обкаткою кулькою (ОК).

## РОЗДІЛ 3

### ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ НА ТРАКТОРІ

#### 3.1. Загальні положення

Фермери та інші сільськогосподарські працівники використовують трактори для виконання різноманітних завдань, таких як оранка полів, збирання врожаю та транспортування обладнання. Хоча трактори є дуже корисними машинами, вони також можуть бути небезпечними. Щороку трапляється велика кількість аварій із загибеллю тракторів.

Безпека трактора - це практика безпечної експлуатації трактора. Це передбачає усвідомлення потенційної небезпеки під час роботи біля тракторів і вжиття заходів для уникнення та запобігання смертельним травмам або нещасним випадкам.

Розуміючи основні принципи безпеки тракторів, оператори можуть допомогти запобігти нещасним випадкам і забезпечити безпеку всіх під час використання цієї потужної машини. Крім того, оператори також повинні знати про загрози безпеці на робочому місці, характерні для типу роботи, яку вони виконують.

Коли йдеться про експлуатацію трактора, безпека завжди є головним пріоритетом. За даними Національного інституту безпеки та гігієни праці (NIOSH), аварії на тракторах є основною причиною смерті фермерів. Отже, незалежно від того, чи ви фермер, власник ранчо чи просто той, хто використовує трактор для особистого користування, важливо розуміти потенційні небезпеки та вживати заходів, щоб їх уникнути.

Тракторні аварії часто можуть бути дуже серйозними і навіть смертельними. Тому важливо приділяти час ознайомленню з технікою безпеки трактора та дотримуватись усіх заходів безпеки під час експлуатації трактора.

### **3.2. Найбільш розповсюджені причини аварійних ситуацій при роботі на тракторі**

*Збої в роботі обладнання.* Несправності обладнання можуть виникати, коли деталі трактора ламаються або виходять з ладу. Це може статися через погане обслуговування, виробничі дефекти або знос. Поломки обладнання також можуть виникнути, якщо оператор використовує трактор для виконання завдання, для якого він не призначений, наприклад, буксирування надто важкого причепа.

*Метеорологічні умови.* Погані погодні умови можуть ускладнити керування трактором і збільшити ризик нещасних випадків. Це включає в себе такі умови, як туман, дощ, сніг і ожеледь. Наприклад, сильні дощі можуть призвести до утворення багнюки та погіршення видимості, що може спричинити серйозні аварії.

*Старий трактор.* Використання старих тракторів може бути небезпечним, оскільки вони можуть не мати тих самих функцій безпеки, що й нові моделі. Вони також можуть бути не такими надійними та можуть мати дефекти, які не перевіряються, що спричиняє нещасний випадок для водія, який їх використовує.

*Падіння.* Падіння може статися, коли трактор натикається на яму чи іншу нерівну поверхню, в результаті чого оператор втрачає рівновагу та впадає з трактора. Вони також можуть виникнути, якщо оператор неправильно закріплений на сидінні трактора та катапультиється під час перекидання або іншої аварії.

*Пожежі.* Пожежа може виникнути, якщо двигун трактора перегрівся або вихлопна система трактора не була належним чином вентилярована. Вони також можуть бути викликані іскрами від шин трактора, які вдаряються об легкозаймистий предмет. Не забудьте негайно вийти з автомобіля, якщо це можливо, і відійти якомога далі.

### **3.3. Найпоширеніші причини ДТП на тракторах**

Тракторні аварії є відносно поширеним явищем на фермах та інших сільськогосподарських підприємствах. Хоча багато з цих нещасних випадків є незначними, деякі можуть бути досить серйозними та навіть поставити під загрозу життя оператора. За даними Управління з охорони праці (OSHA), ось деякі з найпоширеніших причин аварій на тракторах:

**Перекидання.** Перекидання відбувається, коли трактор перекидається на бік або дах. Це може статися, якщо трактор наїде на канаву чи іншу нерівну поверхню або переїде крутий насип. Це також може статися, якщо трактор перевозить важкий вантаж, який зміщується і призводить до втрати рівноваги трактора.

**Наїзди.** Наїзд відбувається, коли трактор наїжджає на когось. Це може статися, якщо оператор не звертає уваги і не бачить когось на шляху трактора. Це також може статися, якщо трактор рухається заднім ходом, а оператор не бачить когось позаду трактора.

**Зіткнення.** Зіткнення тракторів може статися при зіткненні двох тракторів один з одним або при зіткненні трактора з нерухомим предметом. Це може статися, якщо оператор не звертає уваги і не бачить інший трактор або об'єкт вчасно, щоб уникнути зіткнення.

**Заплутування в рухомих частинах.** Заплутування в рухомих частинах трактора є небезпекою, яка може виникнути, якщо рухомі частини трактора не захищені належним чином або коли водій потрапляє в них під час роботи. Якщо одяг або частина тіла оператора потрапить у транспортний засіб, це спричинить серйозні травми або навіть смерть людини.

Якщо ви тракторист, важливо знати про ці поширені причини нещасних випадків і вживати заходів, щоб їх уникнути. Усвідомлюючи безпеку та дотримуючись усіх належних процедур безпеки, ви можете допомогти запобігти нещасним випадкам і захистити себе та інших.

### **3.4. Поради з безпеки роботи на тракторі**

Робота з тракторами може бути небезпечною, тому важливо знати про потенційні ризики та вживати заходів, щоб їх уникнути. Ось кілька порад щодо безпеки, про які слід пам'ятати під час користування трактором:

- Під час роботи з трактором завжди потрібно надягати належне захисне спорядження, таке як шоломи, рукавички та засоби захисту очей.
- Перед запуском трактора потрібно пристебнути ремінь безпеки.
- Ніколи неможна стояти та не сідайте на платформу трактора, що рухається.
- Неможливо ремонтувати трактор під час його роботи.
- Потрібно тримати руки та ноги подалі від рухомих частин.
- Небезпечно перевантажувати трактор або його навісне обладнання.
- Потрібно уникати водіння під час поганих погодних умов, оскільки це може спричинити серйозні аварії.
- Потрібно робити необхідні перерви, щоб уникнути перевтоми під час керування трактором, особливо під час високої температури.

**РОЗДІЛ 4**

**ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗМІЦНЕННЯ ШИЙОК ВАЛІВ**

**ЕІЛ З НАСТУПНОЮ ППД**

**4.1. Нормування робіт по зміцненню шийок валів (ШВ)**

Матеріали та обладнання для зміцнення ШВ зведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість матеріалів та обладнання

Оснащення	Ціна, грн
Установка «Елітрон – 52А»	50000
Оснастка для обкатування ШВ кулькою (ОК)	1500
Матеріали	
Мідь, 1кг	200
Твердий сплав ВК8	1500

**4.2. Розрахунок собівартості зміцнення ШВ**

Собівартість зміцнення двох шийок на 1 валі.

$$C_{\text{баз}} = 60 \text{ грн.}$$

Термін роботи 1 валу без покриття до повного зносу складає

$$T_{\text{баз}} = 2,0 \text{ роки.}$$

Собівартість затрат для зміцнення двох шийок на 1 валі з усіма затратами дорівнює складає:

$$C_{\text{мат}} = 5,0 \text{ грн.}$$

Таким чином повна собівартість буде:

$$C_{\text{нов}} = C_{\text{баз}} + C_{\text{мат}} = 60 + 5 = 65 \text{ грн} \quad (4.1)$$

Враховуючи, що 1 вал з покриттям буде працювати довше в 2,5 рази, то

$$T_{\text{нов}} = T_{\text{баз}} \times 2 = 2,0 \times 2,5 = 5,0 \text{ років.} \quad (4.2)$$

### 4.3. Розрахунок економічної ефективності розробки

$$E = C_{\text{баз}} : T_{\text{баз}} - C_{\text{нов}} : T_{\text{нов}} = 60 : 2,0 - 65 : 5 = 19,0 \text{ грн} \quad (4.3)$$

### 4.4 Розрахунок окупності капітальних затрат

Окупність капітальних вкладень (Фок) можна визнати наступним чином

$$\text{Фок} = C_{\text{об}} : E = 53\,200 : 19,0 = 2800 \text{ шт.}, \quad (4.4)$$

де  $C_{\text{об}} = 53200$  грн (див. табл. 4.1)

Згідно того, що два працівника за добу зміцнюють шийки приблизно на 200 валів то добова (Тдоб) окупність буде:

$$T_{\text{доб}} = \text{Фок} : 200 = 2800 : 200 = 14 \text{ діб.}$$

Таким чином, економічна ефективність розробки складає 19,0 грн на зміцнення 1 валу а добова окупність 14 діб.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ:

1. Проведений аналіз складу основних частин тракторів і доведена необхідність наявності їх якісних запчастин для успішного функціонування фермерського господарства.

2. Проаналізовані основні види руйнування деталей тракторів і пропозиції щодо їх вирішення.

3. Для зміцнення та ремонту деталей типу валів запропонована комбінована технологія електроіскрового легування з наступним поверхневим пластичним деформуванням (ЕІЛ + ППД).

4. Експериментальними дослідженнями встановлено що зносостійкість зразків зі сталі 45, зміцнених ЕІЛ + ППД, вище в порівнянні з не зміцненими і зміцненими тільки ППД.

5. Кращі результати по зносостійкості отриманні на зразках з комбінованим електроіскровим покриттям (КЕП) з міді і твердого сплаву ВК8 з наступною обкаткою кулькою (ОК).

6. Економічна ефективність розробки складає 19,0 грн на зміцнення 1 валу а добова окупність обладнання - 14 діб.

### Список літератури:

1. Пояснення про запасні частини трактора: <https://tractorlogic.com/guide-to-tractor-parts/> Дата звернення: 3.02.2025р.
2. Значення якості та надійності запасних частин для тракторів: <https://www.hars.com.tr/en/the-significance-of-quality-and-reliability-in-tractor-spare-parts> Дата звернення: 3.02.2025р.
3. Як якісні запчастини збільшать термін служби вашого трактора <https://www.garimaglobal.com/blogs/how-quality-spare-parts-will-increase-the-lifespan-of-your-tractor/> Дата звернення: 3.02.2025р.
4. Rajput, A. S. Abrasive wear behaviour of continuously cooled carbide-free bainitic steel / A. S. Rajput, S. Das // *Wear.* – 2025. – P. 205951. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2025.205951>
5. Gupta, B. R. 3 - Friction and wear mechanism of polymers, their composites and nanocomposites / B. R. Gupta // *Tribology and Surface Engineering, Tribology of Polymers, Polymer Composites, and Polymer Nanocomposites.* – 2023. - Pp. 51-117, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90748-4.00012-1>
6. Pawłowski, L. Physical Deposition Methods for Films and Coatings / L. Pawłowski // *Wiley & Sons Ltd.*- 2025. - P.432. DOI:10.1002/9781119713128
7. Lentz, J. Microstructures, Heat Treatment, and Properties of Boron-Alloyed Tool Steels / J. Lentz, A. Röttger, W. Theisen // *Steel Research International.* – 2020. – Vol. 91 (51). - P. 1900416. DOI:10.1002/srin.201900416
8. Wang, J. Research Progress in Electrospark Deposition Coatings on Titanium Alloy Surfaces: A Short Review / J. Wang, M. Zhang, S. Dai, L. Zhu // *Coatings.* – 2023. - Vol.13. – P.1473.
9. Haponova, O. Investigating the effect of electrospark alloying parameters on structure formation of modified nitrogen coatings / O. Haponova, V. Tarelnyk, T. P.

Mościcki, N. Tarelnyk // Bulletin of the polish academy of sciences: technical sciences. – 2024. - Vol. 72 (5). Pp.1-8. DOI: [10.24425/bpasts.2024.150802](https://doi.org/10.24425/bpasts.2024.150802)

10. Barile, C. Advancements in Electrospark Deposition (ESD) Technique: A Short Review / C. Barile, C. Casavola, G. Pappalettera, G. Renna // Coatings. - 2022. - Vol. 12. - P. 1536. <https://doi.org/10.3390/coatings12101536>

11. Radek, N. The Morphology and Mechanical Properties of ESD Coatings before and after Laser Beam Machining / N. Radek, J. Pietraszek, A. Gądek-Moszczak, Ł. J. Orman, A. Szczotok // Materials. – 2020. - Vol. 13. - P. 2331. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma13102331>

12. Abdi, F. Study on the effect of the crack closing of AlCoCrFeMnNi high entropy alloy electro-spark deposited coating by plasma nitriding on the corrosion resistance / F. Abdi, H. Aghajani, A. Taghizadeh Tabrizi, L. Nasimi, F. Fazli Shokouhi // Journal of Alloys and Compounds. – 2023. - Vol. 966 (5). - P. 171629. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.171629>

13. Mihailov, V. Synthesis of Multicomponent Coatings by Electrospark Alloying with Powder Materials / V. Mihailov, N. Kazak, S. Ivashcu, E. Ovchinnikov, C. Baciuc, A. Ianachevici, R. Rukuiza, A. Zunda // Coatings. – 2023. - Vol.13 (3).- Pp. 651. DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings13030651>

14. Nuclear Power Plant Maintenance: Impact on Longevity. Режим доступу: <https://www.dombor.com/fr/nuclear-power-plant-maintenance/> Дата звернення: 3.02.2025р.

15. Operation and maintenance of nuclear power plants. Режим доступу: <https://www.iaea.org/topics/operation-and-maintenance> Дата звернення: 3.02.2025р.

16. Майфат М.М. Технологічне забезпечення захисту деталей машин, що працюють в умовах гідроабразивного зношування, високоефективними взаємодоповнюючими комбінованими методами: дис. канд. техн. наук: 133-Галузеве машинобудування. Суми, 2024. 200 с.

18. Тарельник Н.В. Удосконалення технології електроіскрового легування деталей насосів атомних електростанцій. *ВІСНИК ХНТУ*. 2024. № 3 (90). С. 141-146. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.3.18>
19. Тарельник Н.В. Проблеми і перспективи розробки технології модифікації поверхонь деталей насосів атомних електростанцій. *Вісник СНАУ*. 2024. №3 (57). С. 32-42. <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.3>
20. Дубницький В.Ю., Кобилін А.М., Кобилін О.А., Кушнерук Ю.І., Ходирєв О.І. Обчислення значень функції Харрінгтона (функції бажаності) при інтервальному визначенні її аргументів. *Сучасні інформаційні системи*. 2023. Т. 7, № 1. С. 71-81. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi\\_2015\\_5\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2015_5_21)
21. Haponova O., Tarelnyk V., Tarelnyk N., Kurp P. The Formation of C-S Coatings by Electrospark Alloying with the Use Special Process Media. *Solid State Phenomena*, Vol. 355, 2024. P. 85–93. <https://doi.org/10.4028/p-5KfyZQ>
22. Що спричиняє знос двигуна? [https://rotella.shell.com/en\\_us/info-hub/4-ways-engine-wear-tear-occurs.html](https://rotella.shell.com/en_us/info-hub/4-ways-engine-wear-tear-occurs.html) Дата звернення: 3.02.2025р.
23. Haponova O., Tarelnyk V., Marchenko S., Tarelnyk N., Konoplianchenko I. The Development of Nanostructuring Method Metal Surfaces by Electrospark Alloying. *Advanced Structured Materials*, Vol. 214, 2024. P. 181–199. [https://doi.org/10.1007/978-981-97-2667-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-97-2667-7_7)
24. Haponova O., Tarelnyk V., Mościcki T., Tarelnyk N., Pórolniczak J., Myslyvchenko O., Adamczyk-Cieślak B., Sulej-Chojnacka J. Investigation of the Structure and Properties of MoS<sub>2</sub> Coatings Obtained by Electrospark Alloying. *Coatings*. Vol. 14, No 5. 2024. P. 563. <https://doi.org/10.3390/coatings14050563>
25. Haponova O.P., Tarelnyk V.B., Zhylenko T.I., Tarelnyk N.V., Zubko V.M., Vlasovets V.M., Konoplianchenko Ie.V., Bondarev S.G., Radionov O.V., Mayfat M.M., Okhrimenko, V.O., Tkachenko A.V. Improvement of Quality Parameters of Surface Layers of Steel Parts after Aluminizing by Electrospark Alloying. Pt. 1. Features of the Structural State of Steel Surfaces after Aluminizing. *Metallofizika i Noveishie*

Tekhnologii. Vol. 45, No 12. 2023. P. 1449–1472.  
<https://doi.org/10.15407/mfint.45.12.1449>

26. Haponova O., Tarelnyk V., Mościcki T., Tarelnyk N., Investigating the effect of electrospark alloying parameters on structure formation of modified nitrogen coatings. Bulletin of the polish academy of sciences technical sciences. 2024.  
<https://doi.org/10.24425/bpasts.2024.150802>

27. Gaponova O.P., Tarelnyk V.B., Zhylenko N.V., Tarelnik N.V., Vasilenko O.O., Pavlovsky C.B. Improvement of the Quality Parameters of the Surface Layers of Steel Parts after Aluminizing by Electrospark Alloying. Pt. 2. Results of the Influence of the Productivity of Aluminizing by Electrospark Alloying on the Structural State of Steel. Metallofizika i Noveishie Tekhnologii. Vol. 46. No 4. 2024. P. 313–324.  
<https://doi.org/10.15407/mfint.46.04.0313>

## ДОДАТКИ