

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Козачук Владислав Миколайович

УДК 631.372:629.3.083.5

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Підвищення ефективності технічного обслуговування
тракторів з удосконаленням стенда для діагностичних
робіт**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Козачук В.М.

Керівник роботи

Савченко В.М.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Козачук Владислав Миколайович. Підвищення ефективності технічного обслуговування тракторів з удосконаленням стенда для діагностичних робіт. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності технічного обслуговування тракторів шляхом удосконалення стенда для виконання діагностичних робіт. Проаналізовано сучасний стан технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрних підприємств України, визначено його основні переваги, недоліки та перспективи розвитку. Окрему увагу приділено впливу воєнних умов на забезпечення господарств запасними частинами, ремонтним обладнанням і засобами діагностування. Для проєктного сільськогосподарського підприємства зони Полісся площею 3000 га підібрано склад сучасної техніки та виконано розрахунок трудомісткості її технічного обслуговування і ремонту. Визначено основні параметри машинно-ремонтної майстерні, склад виробничих ділянок і необхідні площі для виконання ремонтно-обслуговувальних робіт. Запропоновано удосконалену конструкцію діагностичного стенда, який дозволяє оцінювати потужність двигуна, частоту обертання колінчастого вала, витрату палива, стан зчеплення, гальмівної системи та трансмісії трактора. Виконано розрахунки основних елементів конструкції стенда на міцність і наведено порядок його технічного обслуговування. Проведене техніко-економічне обґрунтування підтвердило доцільність упровадження запропонованого рішення в умовах аграрного підприємства.

Ключові слова: технічне обслуговування, трактор, діагностування, машинно-тракторний парк, ремонтна майстерня, діагностичний стенд.

ANNOTATION

Vladislav Mykolayovych Kozachuk. Improving the efficiency of tractor maintenance through the upgrading of a diagnostic test bench. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This thesis examines ways of improving the efficiency of tractor maintenance by upgrading the diagnostic test bench. The current state of technical servicing of the machinery and tractor fleet of agricultural enterprises in Ukraine is analysed, and its main advantages, shortcomings and prospects for development are identified. Particular attention is paid to the impact of wartime conditions on the supply of spare parts, repair equipment and diagnostic tools to farms. For a model agricultural enterprise in the Polissya region covering an area of 3,000 ha, a fleet of modern machinery has been selected and the labour intensity of its maintenance and repair has been calculated. The main parameters of the machinery repair workshop, the composition of the production sections and the space required for repair and maintenance work have been determined. An improved design of a diagnostic test bench has been proposed, which allows for the assessment of engine power, crankshaft speed, fuel consumption, and the condition of the clutch, braking system and tractor transmission. Strength calculations have been performed for the main structural elements of the test bench, and a procedure for its maintenance has been outlined. The technical and economic feasibility study confirmed the advisability of implementing the proposed solution in the context of an agricultural enterprise.

Keywords: maintenance, tractor, diagnostics, machinery and tractor fleet, repair workshop, diagnostic test bench.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	10
1.1. Значення технічного сервісу для експлуатації тракторів.....	10
1.2. Система технічного сервісу в Україні.....	11
1.3. Переваги та недоліки діючої системи.....	12
1.4. Вплив війни на забезпечення запчастинами та обладнанням.....	13
1.5. Перспективи розвитку технічного сервісу.....	15
Висновки по розділу.....	16
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ ПРОЄКТНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	17
2.1. Вихідні умови проектування та характеристика підприємства.....	17
2.2. Підбір сучасного машинно-тракторного парку.....	19
2.3. Методика розрахунку трудомісткості технічного обслуговування і ремонту.....	20
2.4. Розрахунок трудомісткості робіт для тракторного парку.....	21
2.5. Розрахунок трудомісткості для іншої техніки та загальний обсяг робіт майстерні.....	23
2.6. Визначення складу і площ ділянок машинно-ремонтної майстерні.....	24
2.7. Організація поста технічного обслуговування і діагностування тракторів.....	27
2.8. Технічне обслуговування трактора John Deere 8R 340.....	28
Висновки по розділу.....	30
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	31
3.1. Аналіз способів оцінювання потужнісних показників тракторних двигунів та вибір конструктивного рішення.....	31

3.2. Коротка характеристика відомих конструкцій діагностичних засобів.....	33
3.3. Опис удосконаленої конструкції стенда.....	37
3.4. Діагностування технічного стану двигуна трактора.....	39
3.5. Розрахунок елементів конструкції на міцність.....	40
Висновки по розділу.....	42
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ.....	43
4.1. Мета та вихідні положення техніко-економічного розрахунку.....	43
4.2. Визначення капітальних вкладень на удосконалення стенда.....	44
4.3. Розрахунок річного економічного ефекту.....	43
4.4. Експлуатаційні витрати та чистий річний ефект.....	47
4.5. Оцінка строку окупності та ефективності проєктного рішення.....	48
4.6. Виробничі переваги впровадження удосконаленого стенда.....	49
Висновки по розділу.....	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасне аграрне виробництво неможливе без ефективного використання машинно-тракторного парку, основою якого є трактори різних тягових класів і потужностей. Вони виконують значну частину енергомістких технологічних операцій: основний і передпосівний обробіток ґрунту, сівбу, внесення добрив, транспортні роботи, догляд за посівами та інші виробничі процеси. Від технічного стану тракторів безпосередньо залежать своєчасність виконання польових робіт, продуктивність агрегатів, витрата палива, якість технологічних операцій і кінцева собівартість сільськогосподарської продукції.

У процесі експлуатації трактори працюють у складних умовах: за підвищених навантажень, запиленості, змінної вологості, нерівномірного навантаження на двигун, трансмісію, ходову частину та гідравлічні системи. Це призводить до поступового зношування деталей, порушення регулювань, зниження потужності двигуна, збільшення витрати палива, погіршення тягових показників і зменшення експлуатаційної надійності машин. Несвоєчасне виявлення таких відхилень може спричинити раптові відмови, тривалі простої техніки, збільшення витрат на ремонт і порушення оптимальних строків виконання агротехнічних робіт.

Особливої актуальності питання технічного обслуговування тракторів набуває в умовах сучасного стану аграрного сектору України. Значна частина господарств використовує техніку з різним строком експлуатації, а оновлення машинно-тракторного парку часто стримується високою вартістю нових машин, запасних частин, паливо-мастильних матеріалів і сервісних послуг. Крім того, воєнні дії в Україні негативно вплинули на логістику постачання запасних частин, доступність діагностичного обладнання, роботу дилерських сервісних центрів та можливість своєчасного виконання ремонтно-обслуговувальних робіт. У таких умовах важливого значення

набуває розвиток власної ремонтно-діагностичної бази аграрних підприємств.

Одним із найбільш ефективних напрямів підвищення надійності тракторів є впровадження діагностування їхнього технічного стану безпосередньо в умовах машинно-ремонтних майстерень. Діагностування дає змогу оцінити фактичний стан основних агрегатів і систем без повного розбирання машини, виявити несправності на ранній стадії, визначити потребу в регулюванні або ремонті, а також обґрунтовано планувати технічне обслуговування. Особливе значення має контроль потужності двигуна, частоти обертання колінчастого вала, витрати палива, стану трансмісії, зчеплення та гальмівної системи.

Використання удосконаленого стенда для діагностичних робіт дозволяє підвищити якість технічного обслуговування тракторів, скоротити час пошуку несправностей, зменшити простої машин у період напружених польових робіт і підвищити технічну готовність машинно-тракторного парку. Крім того, застосування такого обладнання сприяє зниженню витрат на ремонт, економії палива, підвищенню безпеки експлуатації тракторів і зменшенню залежності підприємства від сторонніх сервісних організацій.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності технічного обслуговування тракторів аграрного підприємства шляхом удосконалення стенда для виконання діагностичних робіт.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- проаналізувати сучасний стан технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрних підприємств України;
- визначити основні недоліки, переваги та перспективи розвитку системи технічного сервісу в аграрному виробництві;
- оцінити вплив воєнних умов на забезпечення аграрних підприємств запасними частинами, ремонтним обладнанням і засобами діагностування;
- підібрати склад машинно-тракторного парку для проєктного сільськогосподарського підприємства зони Полісся площею 3000 га;

- розрахувати трудомісткість технічного обслуговування і ремонту машинно-тракторного парку, з особливою увагою до тракторів;
- визначити необхідні параметри машинно-ремонтної майстерні, її виробничі дільниці та площі;
- розглянути існуючі методи й засоби діагностування тракторів;
- запропонувати удосконалену конструкцію стенда для діагностичних робіт;
- виконати розрахунки основних елементів конструкції стенда на міцність;
- обґрунтувати економічну доцільність упровадження запропонованого технічного рішення.

Об’єктом дослідження є процес технічного обслуговування і діагностування тракторів у системі ремонтно-обслуговувальної бази аграрного підприємства.

Предметом дослідження є організаційні, технологічні та конструктивні рішення, спрямовані на підвищення ефективності технічного обслуговування тракторів шляхом удосконалення стенда для діагностичних робіт.

У роботі використано методи аналізу технічної літератури, порівняння існуючих способів діагностування, розрахунку трудомісткості ремонтно-обслуговувальних робіт, проєктування виробничих дільниць машинно-ремонтної майстерні, конструктивних розрахунків деталей і вузлів, а також методи техніко-економічного обґрунтування проєктних рішень.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Савченко В.М., Гайбу В.В., Козачук В.М. Аналіз сучасних методів діагностики технічного стану дизельних двигунів автотракторної техніки. Матеріали VI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». URL: https://www.tsatu.edu.ua/tsstt/wp-content/uploads/sites/6/savchenko_26-2.pdf (дата звернення: 03.06.2026).

2. Савченко В.М., Козачук В.М., Прищеп Д.В. Роль щоденного технічного обслуговування тракторів у зниженні відмов і простоїв машинно-тракторного парку. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 141-143.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоновані рішення можуть бути використані під час організації технічного обслуговування тракторів у машинно-ремонтній майстерні сільськогосподарського підприємства. Удосконалений діагностичний стенд дозволяє підвищити якість контролю технічного стану тракторів, зменшити тривалість діагностичних операцій, своєчасно виявляти несправності та забезпечувати вищу технічну готовність машинно-тракторного парку.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку та списку використаних джерел з 27 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 55 сторінок комп'ютерного тексту, містить 11 рисунків, 15 таблиць та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1. Значення технічного сервісу для експлуатації тракторів

Машино-тракторний парк аграрного підприємства є основою механізованого виконання польових, транспортних і допоміжних робіт. У його складі трактори працюють з найбільшим навантаженням, виконують операції у стислі агротехнічні строки та безпосередньо впливають на продуктивність виробництва. Від справності трактора залежать строки сівби, догляду за посівами, збирання врожаю, витрата пального та собівартість продукції.

Технічний сервіс слід розглядати як комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на підтримання працездатності машин упродовж усього строку експлуатації. Він охоплює щозмінне й періодичне технічне обслуговування, діагностування, регулювання, забезпечення запасними частинами, поточний ремонт, облік напрацювання і контроль витрат експлуатаційних матеріалів.

Найбільш ефективним напрямом є перехід від ремонту після відмови до обслуговування за фактичним технічним станом. Для цього необхідні діагностичні засоби, які дають змогу без повного розбирання оцінити потужність двигуна, роботу трансмісії, гальмівної системи, гідравліки, електрообладнання та витрату палива. Саме тому удосконалення стенду для діагностичних робіт має практичне значення для підвищення технічної готовності тракторів.

Таблиця 1.1 – Основні складові технічного сервісу тракторів

Складова сервісу	Зміст робіт	Результат для господарства
Планове ТО	Очищення, мащення, підтягування кріплень, заміна фільтрів, мастил і робочих рідин	Попередження зношування та стабільна робота у сезон
Діагностування	Вимірювання потужності, частоти обертання, тиску, витрати палива, параметрів електрообладнання	Виявлення прихованих несправностей без розбирання
Поточний ремонт	Заміна деталей, регулювання вузлів, усунення підтікань, відновлення герметичності систем	Скорочення простою і повернення трактора до роботи
Запчастини	Підбір, закупівля, зберігання та облік деталей і матеріалів	Скорочення часу очікування ремонту

1.2. Система технічного сервісу в Україні

Система інженерно-технічного забезпечення агропромислового комплексу України має нормативну основу та включає виробників техніки, постачальників машин і запасних частин, дилерські сервісні центри, ремонтні підприємства, аграрні господарства, навчальні заклади і спеціалізовані організації. Закон України «Про систему інженерно-технічного забезпечення агропромислового комплексу України» є чинним, а його поточна редакція враховує зміни воєнного періоду [1].

У практичній діяльності сформувалася змішана модель сервісу. Великі та середні аграрні підприємства мають власні ремонтні майстерні, склади деталей і механіків. Водночас вони користуються послугами дилерів під час гарантійного обслуговування, ремонту складних агрегатів, електронних систем і гідравліки. Малі фермерські господарства частіше виконують прості

операції власними силами, а для складних робіт залучають мобільні сервісні бригади або районні ремонтні підприємства.

Дилерська модель забезпечує доступ до оригінальних запасних частин, сервісної інформації та спеціального діагностичного обладнання. Проте вона залежить від відстані до сервісного центру, наявності деталей на складі та вартості робіт. Тому для масових тракторів, які багато років експлуатуються в господарствах, актуальними залишаються власні майстерні та універсальні стенди, здатні швидко визначити основні показники технічного стану.



Рис. 1.1. Узагальнена структура технічного сервісу МТП.

1.3. Переваги та недоліки діючої системи

До переваг сучасної системи технічного сервісу належать розвиток дилерських мереж, наявність електронних каталогів деталей, поширення комп'ютерної діагностики та накопичений досвід ремонтних служб господарств. У багатьох підприємствах технічне обслуговування виконується за графіком, що дозволяє планувати закупівлю матеріалів і зменшувати кількість аварійних ремонтів.

Основними недоліками є старіння частини машинно-тракторного парку, нерівномірне розміщення сервісних центрів, недостатня кількість

сучасних діагностичних постів і брак кваліфікованих механіків. У невеликих господарствах технічний стан часто оцінюють за зовнішніми ознаками несправності, без точного вимірювання параметрів. Це призводить до несвоєчасного виявлення дефектів, перевитрати пального і збільшення витрат на ремонт.

Таблиця 1.2 – Переваги та недоліки системи технічного сервісу МТП

Напрямок оцінювання	Переваги	Недоліки / обмеження
Організація сервісу	Поєднання власних майстерень, дилерів і мобільних бригад	Нерівномірне покриття територій, залежність від відстані
Запчастини	Розвиток складів, каталогів і вторинного ринку	Дефіцит окремих позицій, висока ціна імпортованих деталей
Діагностика	Поширення електронних засобів контролю	Недостатня кількість універсальних стендів у господарствах
Персонал	Практичний досвід механізаторів і ремонтників	Потреба у знаннях з електроніки, гідравліки та цифрових систем

1.4. Вплив війни на забезпечення запчастинами та обладнанням

Повномасштабна війна суттєво змінила умови обслуговування машинно-тракторного парку. Пошкодження інфраструктури, небезпека на територіях бойових дій, порушення логістики, дефіцит кадрів, перебої з електропостачанням і зростання витрат ускладнили роботу майстерень та сервісних бригад. За оцінками KSE Agrocenter і Світового банку, станом на кінець 2023 року прямі збитки аграрного сектору становили 10,3 млрд дол. США, а найбільшою категорією стали пошкоджені та знищені сільськогосподарські машини – 5,8 млрд дол. США, або 56,7 % прямих збитків [2].

Оцінено, що було частково або повністю пошкоджено близько 181 тис. одиниць сільськогосподарської техніки й обладнання. Серед тракторів зафіксовано 18,2 тис. знищених і 6,8 тис. частково пошкоджених одиниць, які можуть підлягати ремонту [2]. Це різко збільшило потребу у дефектації,

ремонті двигунів, трансмісій, рам, гідравлічних систем, електрообладнання та у відновленні агрегатів.

Війна негативно вплинула і на постачання запасних частин. Частина традиційних маршрутів стала довшою або небезпечною, що збільшило строки доставки та собівартість ремонту. Найбільш відчутними є затримки з електронними компонентами, паливною апаратурою, насосами, датчиками, гідравлічними рукавами та вузлами трансмісії. Аналітичні матеріали KSE пов'язують зниження продуктивності аграрного виробництва, зокрема, з логістичними порушеннями, нестачею пального та неможливістю вчасно отримати запасні частини [3].

Опитування FAO серед 2612 аграрних підприємств у 23 областях України підтвердило, що виробники стикаються з пошкодженою інфраструктурою, обмеженим доступом до ресурсів, перебоями енергопостачання, кадровим дефіцитом і логістичними труднощами [4]. Для технічного сервісу це означає необхідність створення запасу критичних деталей, розвитку мобільних ремонтних бригад, використання резервного живлення та впровадження діагностичних стендів безпосередньо у господарствах.



Рис. 1.2. Частка сільськогосподарської техніки у прямих збитках аграрного сектору [2].

Таблиця 1.3 – Наслідки війни для технічного сервісу тракторів [2–4].

Фактор війни	Прояв у технічному сервісі	Доцільний захід
Порушення логістики	Зростання строків доставки деталей і вартості ремонту	Страховий запас критичних запчастин, альтернативні постачальники
Пошкодження техніки	Збільшення обсягу дефектації та ремонтних робіт	Відновлення агрегатів, розвиток ремонтних дільниць
Перебої енергії	Нестабільна робота стендів, компресорів і майстерень	Резервне живлення, енергоощадне обладнання
Дефіцит кадрів	Нестача кваліфікованих діагностів і механіків	Навчання персоналу, стандартизація операцій

1.5. Перспективи розвитку технічного сервісу

Перспективи розвитку технічного сервісу пов'язані з підвищенням автономності аграрних підприємств, цифровізацією обліку технічного стану, оновленням ремонтного обладнання та розширенням доступу до якісних запасних частин. Пріоритетним є впровадження обслуговування за фактичним станом, коли рішення про ремонт приймають за результатами вимірювання, а не лише за зовнішніми ознаками несправності.

Важливу роль відіграють державні програми підтримки оновлення технічної бази. У 2026 році для аграріїв прифронтових громад передбачена можливість компенсації 40 % вартості української сільськогосподарської техніки та обладнання, а для інших виробників продовжує діяти компенсація 25 % [5]. Такі програми можуть стимулювати придбання не лише машин, а й обладнання для технічного сервісу та діагностування.

У повоєнний період очікується зростання попиту на запасні частини, відновлення та реставрацію наявної техніки, а також модернізацію ремонтних майстерень [6]. Тому удосконалення стенду для діагностичних робіт відповідає потребам аграрних підприємств. Воно дає змогу оперативно контролювати технічний стан тракторів, скорочувати простої, зменшувати

витрати пального і підвищувати коефіцієнт технічної готовності машинно-тракторного парку.

Висновки по розділу

Технічний сервіс машинно-тракторного парку є важливою умовою своєчасного виконання сільськогосподарських робіт і зниження експлуатаційних витрат. Сучасна система сервісу в Україні поєднує власні майстерні господарств, дилерські центри, мобільні бригади та постачальників запасних частин.

Основними проблемами залишаються старіння тракторів, нерівномірність сервісної мережі, висока вартість деталей, нестача діагностичного обладнання та кваліфікованого персоналу. Війна посилила ці недоліки через пошкодження техніки, логістичні труднощі, дефіцит окремих запчастин і перебої в роботі інфраструктури.

Отже, удосконалення стенду для діагностичних робіт є актуальним напрямом підвищення ефективності технічного обслуговування тракторів, оскільки дає можливість швидко оцінювати технічний стан машин без тривалого простою.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ ПРОЄКТНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА

2.1. Вихідні умови проєктування та характеристика підприємства

Проєктне аграрне підприємство розміщене в зоні Полісся та має 3000 га ріллі. Для цієї природно-кліматичної зони характерні достатнє зволоження, порівняно легкі за механічним складом ґрунти, короткий період виконання окремих польових робіт навесні, а також підвищена потреба у своєчасному технічному обслуговуванні машин перед напруженими сезонними періодами. У таких умовах ефективність використання машинно-тракторного парку значною мірою залежить від готовності тракторів, комбайнів, посівних і ґрунтообробних агрегатів до роботи без простоїв у критичні строки.

Машинно-ремонтна майстерня підприємства повинна забезпечувати виконання планових технічних обслуговувань, сезонного обслуговування, діагностування, дрібного та середнього поточного ремонту. Капітальні ремонти складних агрегатів, паливної апаратури високого тиску, електронних блоків керування та складних гідравлічних вузлів доцільно передавати спеціалізованим сервісним центрам, але первинне дефектування й більшість регулювальних робіт мають виконуватися власними силами підприємства.

При проєктуванні прийнято, що господарство спеціалізується на вирощуванні зернових і технічних культур. Орієнтовну структуру посівних площ наведено в таблиці 2.1. Такий набір культур потребує енергонасиченого трактора для основного обробітку ґрунту, середніх тракторів для сівби, внесення добрив і транспортних робіт, універсальних тракторів для допоміжних операцій, а також продуктивної збиральної та обприскувальної техніки.

Таблиця 2.1 – Орієнтовна структура посівних площ підприємства

Культура	Площа, га	Частка, %	Основні машинні операції
Пшениця озима	900	30	обробіток ґрунту, сівба, захист, збирання
Кукурудза на зерно	750	25	глибокий обробіток, точна сівба, міжсезонна логістика
Соя	600	20	передпосівний обробіток, сівба, захист, збирання
Ріпак озимий	450	15	дрібногрудкуватий обробіток, сівба, захист
Овес та інші культури	300	10	сівба, догляд, збирання
Разом	3000	100	-

Для умов 3000 га доцільним є комбінований підхід до формування парку: придбання високопродуктивних сучасних машин для найбільш енергоємних і строкових операцій та використання універсальних агрегатів для допоміжних робіт. З огляду на війну, подорожчання логістики та можливі затримки з постачанням запасних частин, у розрахунках передбачено резерв трудомісткості, запас швидкозношуваних деталей, фільтрів, мастил, ременів, підшипників, рукавів високого тиску та діагностичних адаптерів.



Рис. 2.1. Рекомендована структура машинно-ремонтної майстерні підприємства

2.2. Підбір сучасного машинно-тракторного парку

Парк машин сформовано з урахуванням площі землекористування, структури культур, необхідності виконання основних технологічних операцій у стислі агротехнічні строки та можливості технічного обслуговування в умовах власної майстерні. Вибір тракторів виконано так, щоб один енергонасичений трактор забезпечував важкі ґрунтообробні та тягові операції, два середні трактори працювали з посівними, транспортними й комбінованими агрегатами, а універсальні трактори виконували обприскування причіпними агрегатами, підвезення матеріалів, роботи з навантажувачем та внутрішньогосподарські перевезення.

Для підбору прийнято сучасні серійні машини, які мають електронні системи керування, можливість роботи з навігацією, діагностичні роз'єми, датчики контролю робочих параметрів і підвищені вимоги до якості технічного сервісу. Такі машини забезпечують високу продуктивність, проте потребують кращої організації обслуговування, точного обліку мотогодин, застосування діагностичного обладнання та своєчасної заміни фільтрів, мастил і витратних матеріалів.

Таблиця 2.2 – Рекомендований склад МТП для 3000 га.

Машина або агрегат	К-сть	Потужність і завантаження	Основне призначення	Сервісні особливості
John Deere 8R 340	1	250 кВт; 1150 мото-год	оранка, глибоке рихлення, важкі дискові агрегати	поглиблена діагностика двигуна, трансмісії та гідросистеми
Case IH Puma 240 CVX	1	177 кВт; 1000 мото-год	сівба, культивация, транспорт	контроль CVXDrive, гідросистеми, електроніки
New Holland T7.270	1	177 кВт; 950 мото-год	сівба, внесення добрив, транспорт	перевірка датчиків, гідравліки, навіски та ВВП
CLAAS ARION 630	2	121 кВт; 750 мото-год/од.	універсальні та допоміжні роботи	ТО ходової, гальм, навіски, електрообладнання

John Deere S780 / CLAAS LEXION	2	353-402 кВт; 370 мото-год/од.	збирання зернових, сої, кукурудзи	сезонне ТО, дефектування жаток, приводів і датчиків
AMAZONE Pantera 4504	1	200 кВт; 450 мото- год	захист рослин, внесення РКД	калібрування насоса, форсунок, секцій штанги
Посівні комплекси Horsch, Väderstad	2	за сезонами	сівба зернових і просапних культур	перевірка висівних апаратів, дозаторів та електроніки
Ґрунтообробні, причепи, навантажувач	13	за потребою	обробіток ґрунту, перевезення, навантаження	заміна робочих органів, РВД, підшипників, освітлення

Вибраний парк є достатнім для своєчасного виконання основних робіт за умови двозмінної роботи у пікові періоди. Для зони Полісся важливо мати запас тягової потужності на випадок підвищеної вологості ґрунту, складних умов збирання та зростання транспортного плеча під час вивезення врожаю. Особливу роль у такому парку відіграють трактори, оскільки вони використовуються протягом усього року, беруть участь у більшості технологічних операцій і створюють основне навантаження на ремонтно-обслуговувальну базу.

2.3. Методика розрахунку трудомісткості технічного обслуговування і ремонту

Річну трудомісткість робіт машинно-ремонтної майстерні визначають за сумою трудомісткості планових технічних обслуговувань, сезонного обслуговування, діагностування та поточного ремонту. Для тракторів основою розрахунку є річне напрацювання в мотогодинах, періодичність ТО та нормативна трудомісткість виконання окремих операцій. У проєкті прийнято періодичність ТО-1 через 125 мото-год, ТО-2 через 500 мото-год, ТО-3 через 1000 мото-год. Щозмінне обслуговування виконується механізатором і в трудомісткість майстерні включається лише частково, коли потребує інструменту або діагностичного контролю.

Кількість обслуговувань визначається за формулами:

$$n_{\text{ТО-1}} = W / 125 - W / 500; \quad (2.1)$$

$$n_{\text{ТО-2}} = W / 500 - W / 1000; \quad (2.2)$$

$$n_{\text{ТО-3}} = W / 1000, \quad (2.3)$$

де W – річне напруцювання трактора, мото-год; $n_{\text{ТО-1}}$, $n_{\text{ТО-2}}$, $n_{\text{ТО-3}}$ – кількість відповідних технічних обслуговувань за рік. Отримані значення округлюють до найближчого цілого з урахуванням сезонного графіка використання машин.

Трудомісткість робіт для однієї машини визначається виразом:

$$T_p = n_{\text{ТО-1}} \cdot t_{\text{ТО-1}} + n_{\text{ТО-2}} \cdot t_{\text{ТО-2}} + n_{\text{ТО-3}} \cdot t_{\text{ТО-3}} + T_{\text{сез}} + T_d + T_{\text{пр}}, \quad (2.4)$$

де $t_{\text{ТО-1}}$, $t_{\text{ТО-2}}$, $t_{\text{ТО-3}}$ – трудомісткість одного технічного обслуговування; $T_{\text{сез}}$ – сезонне обслуговування; T_d – діагностичні роботи; $T_{\text{пр}}$ – поточний ремонт. Для сучасних тракторів трудомісткість поточного ремонту прийнято залежно від річного напруцювання, складності трансмісії, кількості електронних систем і умов експлуатації. Через воєнні ризики та можливі затримки запасних частин до загальної трудомісткості введено резерв 15 %.

2.4. Розрахунок трудомісткості робіт для тракторного парку

Трактори є головною групою машин, для якої майстерня повинна мати не лише ремонтний пост, а й окрему зону діагностування. Під час експлуатації тракторів контролюють потужність двигуна, витрату палива, роботу паливної системи, стан трансмісії, гідросистеми, гальмівної системи, навіски, вала відбору потужності та електроніки. Саме тому в подальшому розробляється удосконалений стенд для діагностичних робіт, що дає змогу скоротити час пошуку несправностей і підвищити об'єктивність оцінки технічного стану.

Таблиця 2.3 – Річне напрацювання та кількість технічних обслуговувань тракторів

Марка трактора	К-сть	W, мото-год	пто-1	пто-2	пто-3
John Deere 8R 340	1	1150	7	1	1
Case IH Puma 240 CVX	1	1000	6	1	1
New Holland T7.270	1	950	6	1	1
CLAAS ARION 630	2	750	5	1	0

Таблиця 2.4 – Трудомісткість технічного обслуговування і поточного ремонту тракторів

Марка трактора	ТО і сезонні роботи, люд.-год/од.	Діагностика, люд.-год/од.	Поточний ремонт, люд.-год/од.	Разом на одиницю	Разом, люд.-год
John Deere 8R 340	129	16	155	300	300
Case IH Puma 240 CVX	104	14	130	248	248
New Holland T7.270	104	14	124	242	242
CLAAS ARION 630	54	12	90	156	312
Разом по тракторах	-	-	-	-	1102

За результатами розрахунку річна трудомісткість технічного обслуговування, діагностування та поточного ремонту тракторів становить 1102 люд.-год. Найбільше навантаження припадає на енергонасичений трактор John Deere 8R 340, оскільки він має найбільше річне напрацювання і працює з важкими агрегатами. Другу за значенням частку формують середні трактори Case IH Puma 240 CVX та New Holland T7.270, які виконують значний обсяг посівних і транспортних робіт.

Для підвищення ефективності обслуговування тракторів необхідно вести електронний журнал мотогодин і несправностей, завчасно формувати заявки на фільтри та мастила, виконувати передсезонну діагностику двигуна і трансмісії, а також передбачити комплект швидкозмінних датчиків, запобіжників, рукавів високого тиску та ущільнень. У воєнних умовах це знижує ризик простою машини через дрібну, але критичну несправність.

2.5. Розрахунок трудомісткості для іншої техніки та загальний обсяг робіт майстерні

Крім тракторів, значний обсяг робіт створюють зернозбиральні комбайни, самохідний обприскувач, посівні комплекси, ґрунтообробні агрегати, причепа та допоміжне обладнання. Для них трудомісткість визначено укрупненим методом за кількістю машин, складністю конструкції, сезонним навантаженням і необхідністю виконання регулювань перед початком польових робіт. Найбільш трудомісткими є комбайни, оскільки перед жнивами треба перевірити молотильно-сепарувальний апарат, жатки, транспортні шнеки, ланцюгові та пасові передачі, датчики втрат, подрібнювач і систему очищення.

Таблиця 2.5 – Трудомісткість ТО і ремонту іншої техніки

Група машин	К-сть	Трудомісткість на одиницю, люд.-год	Основний зміст робіт	Разом, люд.-год
Зернозбиральні комбайни John Deere S780 та CLAAS LEXION	2	370	підготовка до жнив, ТО, поточний ремонт, дефектування жаток	740
Самохідний обприскувач AMAZONE Pantera 4504	1	200	ТО шасі, насоса, штанги, фільтрів, калібрування норми виливу	210
Посівні агрегати Horsch Pronto 6 DC, Väderstad Tempo F 8	2	125	сезонне ТО, перевірка висівних апаратів, електроніки та дозаторів	250
Ґрунтообробні агрегати Lemken, Horsch, плуги, дискові борони	6	90	заміна робочих органів, підшипників, зварювальні роботи	540
Причепа, перевантажувачі, розкидачі, навантажувач	7	75	ТО ходової частини, гідравліки, гальмівних систем і освітлення	525
Жатки, адаптери, допоміжне обладнання	5	45	регулювання, змащення, ремонт ланцюгових і пасових передач	225
Разом без резерву	-	-	-	3592
Резерв на непередбачені роботи, затримки запчастин і додаткову діагностику, 15 %	-	-	-	539
Загальна річна трудомісткість	-	-	-	4131

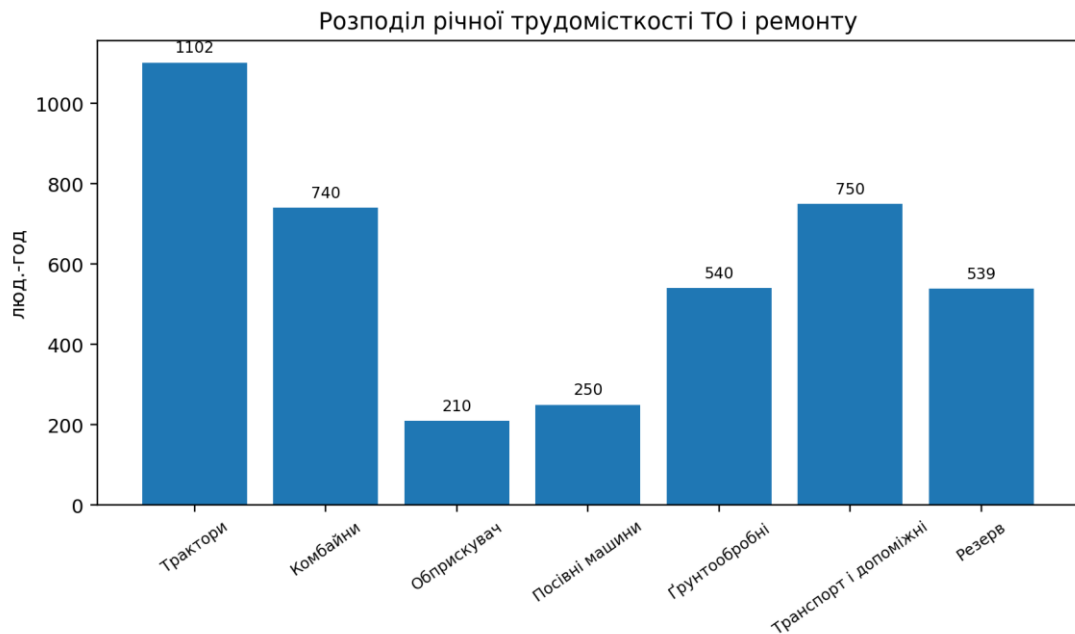


Рис. 2.2. Структура річної трудомісткості технічного сервісу машин

Загальна річна трудомісткість робіт майстерні становить 4131 люд.-год. Частка тракторів у загальному обсязі робіт дорівнює приблизно 26.7 %, тому саме тракторний пост технічного обслуговування та діагностування повинен бути найбільш технологічно оснащеним. Для забезпечення річної програми робіт визначають потрібну кількість виробничих працівників:

$$N_p = T_{\text{заг}} / (F_d \cdot \eta), \quad (2.4)$$

де $T_{\text{заг}} = 4131$ люд.-год – загальна трудомісткість робіт; $F_d = 1840$ год – дійсний річний фонд часу одного працівника; $\eta = 0,85$ – коефіцієнт використання робочого часу. Тоді $N_p = 4131 / (1840 \cdot 0,85) = 2.64$. Приймаємо 3 виробничих працівники: майстер-діагност, слюсар-ремонтник тракторів, слюсар з ремонту агрегатів та зварник-слюсар. У пікові періоди до робіт залучаються механізатори, які виконують щозмінне обслуговування, миття, змащування та нескладні регулювання.

2.6. Визначення складу і площ ділянок машинно-ремонтної майстерні

Площу майстерні визначають за складом робіт, габаритами машин, кількістю постів і необхідними проходами для безпечного переміщення

працівників. Для підприємства на 3000 га доцільно проектувати універсальну майстерню з одним великим постом технічного обслуговування тракторів і самохідних машин, окремим ремонтно-монтажним постом, постом миття, агрегатним, слюсарно-механічним, зварювальним, електротехнічним, шиномонтажним відділеннями та складом запасних частин. Схема розміщення приміщень повинна забезпечувати послідовність руху машини: миття – діагностування – обслуговування або ремонт – контрольний огляд – видача в експлуатацію.

Для поста технічного обслуговування тракторів прийнято габаритний розмір робочої зони 12×7 м. Така площа дає змогу розмістити трактор із широкими шинами або здвоєними колесами, пересувний діагностичний стенд, компресорну лінію, стелаж із інструментом, ємності для зливу мастил і безпечні проходи. Площі допоміжних відділень визначено за укрупненими нормативами з урахуванням обладнання та потреби в зберіганні запасних частин.

Таблиця 2.6 – Розрахунок площ ділянок та відділень майстерні

Ділянка або відділення	Основне призначення	Прийнята площа, м ²	Частка, %
Пост миття і очищення машин	миття тракторів, комбайнових вузлів, агрегатів перед ремонтом	54	11.1
Пост ТО і діагностування тракторів	стендова перевірка, регулювання, діагностика двигуна, трансмісії, гальм	84	17.3
Ремонтно-монтажна ділянка	розбирання, складання, заміна агрегатів, поточний ремонт машин	72	14.8
Агрегатне відділення	ремонт редукторів, насосів, вузлів зчеплення, коробок передач	36	7.4
Слюсарно-механічна ділянка	свердління, точіння, підгонка деталей, виготовлення простих елементів	42	8.6
Зварювально-ковальська ділянка	ремонт рам, кронштейнів, робочих органів ґрунтообробних машин	30	6.2
Електротехнічне і діагностичне відділення	перевірка акумуляторів, генераторів, датчиків, електронних блоків	30	6.2

Шиномонтажна зона	ремонт коліс, контроль тиску, підготовка здвоєних коліс	24	4.9
Склад запасних частин і матеріалів	фільтри, ремені, підшипники, РВД, масла, вузли швидкої заміни	48	9.9
Інструментальна, компресорна, комора	інструмент, пристосування, компресор, засоби вимірювання	24	4.9
Побутові та адміністративні приміщення	кімната майстра, гардероб, духова, санвузол	42	8.6
Загальна площа майстерні	-	486	100

Ворота для заїзду машин



Пост миття 54 м ²	Пост ТО і діагностування 84 м ²		Ремонтно-монтажна 72 м ²
Склад 48 м ²	Агрегатне 36 м ²	Слюсарно-механічна 42 м ²	Зварювальна 30 м ²
Шиномонтаж 24 м ²	Електро-діагностика 30 м ²	Інструм. компресорна 24 м ²	Побутові 42 м ²

Рис. 2.3. Орієнтовна планувальна схема машинно-ремонтної майстерні

Загальна прийнята площа майстерні становить 486 м². Найбільшу площу займають пост технічного обслуговування та діагностування, ремонтно-монтажна зона і пост миття. Це обґрунтовано тим, що сучасні трактори та комбайни мають значні габарити, а роботи з ними потребують не лише місця для машини, але й зони розташування підйомних засобів, діагностичного обладнання, стелажів, візків для агрегатів та безпечних проходів.

2.7. Організація поста технічного обслуговування і діагностування тракторів

Пост технічного обслуговування тракторів є ключовим елементом майстерні. Його потрібно обладнати оглядовою зоною або мобільними підйомними засобами, комплектом динамометричного інструменту, мастильним обладнанням, установкою для заміни та фільтрації мастил, компресорною магістраллю, пристроями для перевірки акумуляторів, сканером електронних систем, манометрами для гідравліки, витратоміром палива, тахометром, засобами контролю тиску в шинах і стендом для перевірки силових та гальмівних показників.

Раціональна організація поста передбачає, що діагностування виконується не після появи відмови, а під час планового обслуговування. Це дає змогу виявляти зниження потужності, збільшення витрати палива, нерівномірність роботи циліндрів, падіння тиску в гідросистемі, пробуксовування зчеплення, несправності гальм і відхилення в роботі електронних датчиків. Удосконалення стенду для діагностичних робіт у подальшому розділі доцільно спрямувати на скорочення часу підготовки трактора до перевірки, підвищення точності вимірювання та безпечність роботи персоналу.

Для умов воєнного часу важливим є також формування мінімального страхового запасу матеріалів для тракторного парку. До такого запасу належать моторні та трансмісійні оливи, фільтри, ремені, датчики тиску і температури, електричні роз'єми, реле, запобіжники, підшипники, рукави високого тиску, ущільнювальні кільця, мастила, гальмівна рідина, лампи, акумуляторні клеми та універсальні ремонтні комплекти. Наявність цього запасу не замінює планового постачання, але дає змогу завершити сезонні роботи без тривалих простоїв.

2.8. Технічне обслуговування трактора John Deere 8R 340

Як приклад детально розглянемо технічне обслуговування трактора John Deere 8R 340, який у проєктному парку виконує найважчі польові роботи. Трактор має високопотужний дизельний двигун, складну трансмісію, розвинену гідравлічну систему, електронні системи керування, навігаційне обладнання та велику кількість датчиків. Тому його обслуговування повинно поєднувати традиційні операції змащування, заміни фільтрів і перевірки кріплень із електронною діагностикою та аналізом параметрів роботи.

Щозмінне обслуговування виконується перед початком роботи і після закінчення зміни. Механізатор очищає радіатори, решітки та робочі поверхні від пилу і рослинних решток, перевіряє рівень моторної оливи, охолоджувальної рідини та палива, оглядає шини, колісні диски, навіску, рукави гідросистеми, зовнішні витоки, стан освітлення і сигналізації. Особливу увагу звертають на тиск у шинах, оскільки для умов Полісся неправильний тиск збільшує буксування, ущільнення ґрунту і витрату палива.

Під час ТО-1 виконують очищення повітряних фільтрів або контроль їх забруднення за індикатором, змащування шарнірів, перевірку затягування колісних гайок, огляд карданних і шарнірних з'єднань, контроль натягу ременів, перевірку роботи гальмівної системи, навіски та ВВП. Додатково доцільно підключити діагностичний сканер і зчитати коди помилок, навіть якщо на панелі оператора немає активного попередження. Це дозволяє виявити періодичні відхилення, які ще не призвели до відмови.

Під час ТО-2 виконують повніший контроль систем двигуна і трансмісії: перевіряють стан моторної оливи, фільтрів, паливної системи, гідравлічної оливи, гальм, підвіски, електричних з'єднань і програмних параметрів. За потреби замінюють фільтрувальні елементи, регулюють навіску, калібрують датчики положення, перевіряють роботу системи автоматичного водіння, освітлення та акумуляторних батарей. Після виконання робіт трактор випробовують під навантаженням, контролюючи

тиск оливи, температуру, частоту обертання двигуна, роботу трансмісії та витрату палива.

ТО-3 для такого трактора є поглибленим обслуговуванням. Воно включає комплексну діагностику двигуна, трансмісії, гідросистеми, електронних блоків, перевірку стану форсунок за непрямими ознаками, контроль герметичності впускного тракту, перевірку турбонаддуву, тестування акумуляторів навантажувальною вилкою або електронним тестером, оцінку люфтів у рульовому керуванні та ходовій частині. Перед важким сезоном доцільно провести стендову перевірку тягово-потужнісних показників, що дає змогу оцінити реальну ефективність двигуна і трансмісії.

Таблиця 2.7 – Перелік основних операцій ТО трактора John Deere 8R 340

Вид обслуговування	Періодичність	Основні операції	Орієнтовна трудомісткість, люд.-год
Щозмінне ТО	кожна зміна	очищення, огляд витоків, рівні рідин, тиск у шинах, освітлення, сигналізація	0,5-0,8
ТО-1	125 мото-год	змащування, контроль фільтрів, кріплень, ременів, гальм, навіски, ВВП, зчитування помилок	7
ТО-2	500 мото-год	контроль оливи, фільтрів, паливної системи, гідравліки, акумуляторів, калібрування датчиків	20
ТО-3	1000 мото-год	комплексна діагностика двигуна, трансмісії, гідросистеми, електроніки, випробування під навантаженням	40
Сезонне ТО	2 рази на рік	підготовка до весняно-польових робіт і консервація після сезону	10 за одне

При виконанні технічного обслуговування John Deere 8R 340 основним завданням є не лише заміна витратних матеріалів, а й оцінка технічного стану за сукупністю параметрів. Якщо під час діагностування виявлено зниження потужності або підвищену витрату палива, послідовно перевіряють повітряний фільтр, паливні фільтри, герметичність впуску, тиск наддуву, якість палива, справність датчиків, стан форсунок і роботу системи

оохолодження. Такий алгоритм дає змогу зменшити кількість необґрунтованих розбирань і скоротити час простою трактора.

Висновки по розділу

Для проєктного аграрного підприємства зони Полісся площею 3000 га підібрано сучасний машинно-тракторний парк, до складу якого входять енергонасичений трактор, середні та універсальні трактори, зернозбиральні комбайни, самохідний обприскувач, посівні, ґрунтообробні, транспортні та допоміжні агрегати. Такий склад техніки забезпечує виконання основних технологічних операцій у стислі агротехнічні строки.

Річна трудомісткість технічного обслуговування і поточного ремонту тракторів становить 1102 люд.-год, а загальна трудомісткість робіт машинно-ремонтної майстерні з урахуванням резерву – 4131 люд.-год. Для виконання цієї програми прийнято 3 виробничих працівники з можливістю залучення механізаторів у пікові періоди.

Загальна площа машинно-ремонтної майстерні прийнята 486 м². Найважливішою дільницею є пост технічного обслуговування і діагностування тракторів, оскільки трактори формують основну частину річного навантаження майстерні та найбільше впливають на своєчасність виконання польових робіт. Розглянутий порядок обслуговування трактора John Deere 8R 340 підтверджує необхідність застосування діагностичного стенду, електронного контролю та планово-попереджувальної системи сервісу.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Аналіз способів оцінювання потужнісних показників тракторних двигунів та вибір конструктивного рішення

Потужність і паливна економічність тракторного двигуна найдоцільніше оцінювати на режимах, близьких до найбільшого навантаження та номінальної частоти обертання. Саме за таких умов найкраще проявляється фактичний технічний стан двигуна, його здатність розвивати необхідний крутний момент і стабільно працювати під навантаженням.

Практика діагностування передбачає застосування кількох підходів до визначення ефективної потужності. Вибір конкретного методу залежить від наявного обладнання, умов проведення перевірки, допустимої тривалості діагностування та потрібної точності результатів. Найпоширенішими є безгальмові, порціональні та гальмівні методи.

3.1.1. Безгальмові методи

Сутність безгальмового способу полягає у використанні внутрішніх механічних втрат двигуна як навантаження для тих циліндрів, що залишаються у роботі. Частину циліндрів тимчасово вимикають, а навантаження на працюючі циліндри створюється за рахунок опору від непрацюючих елементів кривошипно-шатунного механізму.

За нормального теплового режиму двигуна механічні втрати у процесі рядової експлуатації змінюються в порівняно вузьких межах. Тому потужність циліндра, який працює під підвищеним навантаженням, можна орієнтовно пов'язати з частотою обертання колінчастого вала. Для чотирициліндрового двигуна розрахунок виконують за залежністю:

$$N_e = N_{en} - K \cdot (n_n - n_{cp}), \text{ кВт} \quad (3.1)$$

де N_{en} – номінальна потужність двигуна, кВт; K – коефіцієнт пропорційності; n_n – номінальна частота обертання колінчастого вала під час

роботи на окремих циліндрах, хв^{-1} ; n_{cp} – середня частота обертання колінчастого вала при почерговій роботі на окремих циліндрах, хв^{-1} .

$$K = (N_e - N_{\{en\}}) / (n_{cp} - n_n) \quad (3.2)$$

Перевагою такого підходу є простота виконання та відсутність потреби у потужному зовнішньому навантажувальному пристрої. Основним недоліком є нижча точність, оскільки на результати впливають особливості процесу згоряння палива у перевірюваному циліндрі, а також робота двигуна в умовах перевантаження.

3.1.2. Порціональний метод

Порціональний спосіб доцільно застосовувати тоді, коли гальмова установка не здатна сприйняти повну потужність двигуна. Метод поєднує риси безгальмового і гальмівного випробування: частину циліндрів вимикають, а іншу частину навантажують гальмовим пристроєм до режиму, який відповідає максимальній масовій подачі палива.

При почерговому навантаженні двигуна з половиною працюючих циліндрів потрібна потужність гальмового пристрою становить приблизно третину від максимальної потужності двигуна. Водночас за прокручування колінчастого вала з частотою, що відповідає повній потужності, частка механічних втрат може досягати близько 40 % максимальної потужності.

Для оцінювання потужності при роботі половини циліндрів використовують співвідношення:

$$N_e = N'_m + N''_m + N_m, \text{кВт} \quad (3.3)$$

де N'_m і N''_m – потужність, зафіксована на гальмі для відповідної групи працюючих циліндрів, кВт; N_m – потужність механічних втрат під час прокручування колінчастого вала з частотою, що відповідає максимальній витраті палива, кВт.

3.1.3. Гальмівні методи

Гальмівні методи ґрунтуються на створенні регульованого зовнішнього опору обертанню колінчастого вала або вала відбору потужності. Для цього застосовують спеціальні навантажувальні пристрої – механічні, електричні,

гідравлічні або комбіновані гальмові установки. Вони дають змогу задавати необхідний момент опору та фіксувати показники роботи двигуна у стабільних режимах.

Потужність при такому випробуванні визначають за показаннями вимірювального пристрою гальма, частотою обертання вала гальмового агрегату та коефіцієнтом корисної дії передачі від двигуна до стенда:

$$N_e = (P_m \cdot n_m \cdot 736) / (1000 \cdot \eta), \text{ кВт} \quad (3.4)$$

де P_m – показання вимірювального пристрою гальма; n_m – частота обертання вала гальмового пристрою, об/хв; η – коефіцієнт корисної дії передачі від двигуна до гальмової установки.

Гальмівний спосіб є найбільш інформативним для стаціонарного діагностування, оскільки дозволяє відтворювати реальні навантажувальні режими, порівнювати отримані результати з нормативними значеннями та виявляти зниження технічного стану двигуна або трансмісії.

3.2. Коротка характеристика відомих конструкцій діагностичних засобів

3.2.1. Діагностична установка КИ-4935

Установка КИ-4935 використовується для оцінювання потужнісних показників тракторних двигунів, запуску двигунів, прокручування трансмісії та підтримання заданих режимів під час виконання діагностичних операцій. Вона може застосовуватися для тракторів ДТ-75, Т-40, МТЗ-80, ЮМЗ-6 та їх модифікацій.

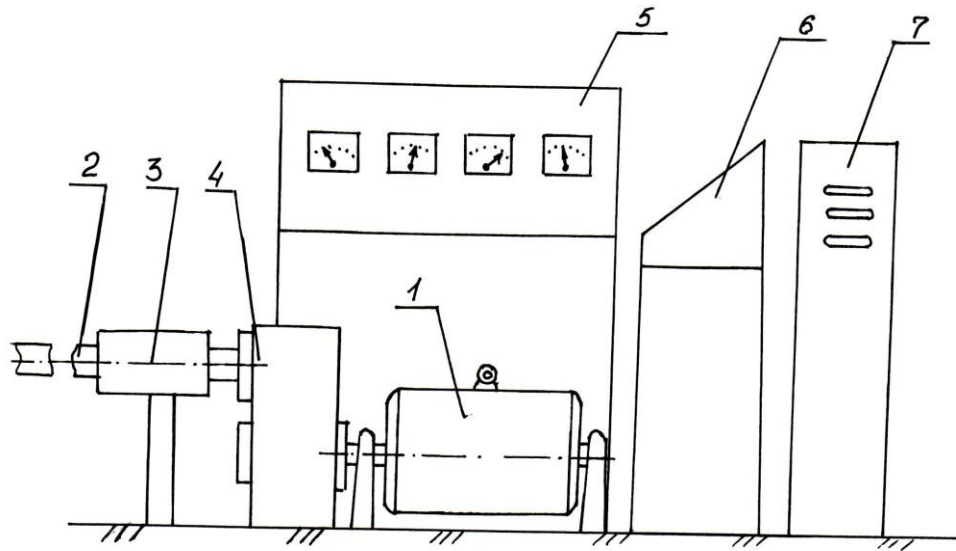


Рис. 3.1. Схема діагностичної установки КИ-4935: 1 – машина; 2 – карданний вал; 3 – огороження; 4 – редуктор; 5 – пульт керування; 6 – рідинний реостат; 7 – електросилова шафа.

До складу установки входять електричний динамометр, редуктор, електросилова шафа, рідинний реостат, пульт керування, світлове табло, захисне огороження, карданний вал, ваговий механізм і паливний бачок.

Під час роботи установка забезпечує пуск основного двигуна, контроль температури охолоджувальної рідини та тиску в системі мащення. Також визначають частоту обертання колінчастого вала й момент, потрібний для прокручування двигуна та силової передачі. За отриманими даними будують регуляторну характеристику двигуна і встановлюють миттєву витрату палива.

3.2.2. Діагностична установка КИ-8927 ГОСНИТИ

Стенд КИ-8927 призначений для комплексного визначення технічного стану колісних тракторів. На ньому можна перевіряти гальмові сили коліс, механічні втрати у трансмісії, силу тяги, витрату палива, стан паливної апаратури, циліндропоршневої групи, механізму газорозподілу, силової передачі, гідравлічної системи та тахоспідометра.

Навантажувально-приводна станція стенда з'єднується з передніми барабанами приводного блока. До її складу входять електромашини АКБ-92-

82 і редуктор НДП-50-1. Електромашина може функціонувати у руховому та генераторному режимах, а регулювання частоти обертання виконується за допомогою рідинного реостата.

У пульті керування розміщені пускорегулювальна апаратура та блоки приладів, призначені для перевірки електрообладнання трактора.

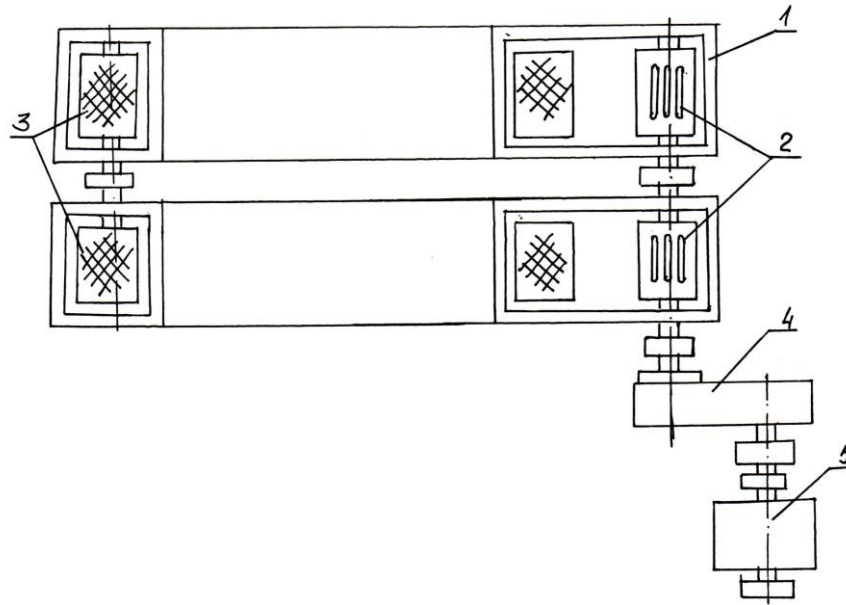


Рис. 3.2. Схема діагностичної установки КИ-8927: 1 – рама; 2 – приводні барабани; 3 – барабани; 4 – редуктор; 5 – балансірна електромашина.

Дистанційний пульт дає змогу одному оператору керувати стендом із робочої зони або з кабіни трактора. Через нього можна запускати й зупиняти стенд, змінювати напрям обертання, плавно регулювати швидкість бігових барабанів, забезпечувати заїзд і виїзд трактора, вмикати систему відсмоктування відпрацьованих газів, змінювати режим рідинного реостата та перевіряти гідронавісну систему.

Конструкція стенда дає можливість визначати тягове зусилля під час прямого обертання бігових барабанів, а також зусилля, що створюються робочими і стоянковими гальмами. Передбачена роздільна перевірка гальм лівих і правих коліс. Навантажувальний пристрій дозволяє формувати режими, необхідні для контролю задніх мостів, тягових і гальмових характеристик тракторів.

3.2.3. Визначення потужності за методом Н. С. Ждановського

Метод Н. С. Ждановського належить до безгальмових способів оцінювання потужності. Його застосування передбачає роботу прогрітого двигуна лише на одному циліндрі, тоді як три інші циліндри тимчасово вимикаються. Подача палива при цьому встановлюється на повну величину.

Під час перевірки тахометром послідовно вимірюють частоту обертання колінчастого вала при роботі на першому, другому, третьому та четвертому циліндрах. За отриманими значеннями оцінюють нерівномірність роботи окремих циліндрів і загальну потужність двигуна.

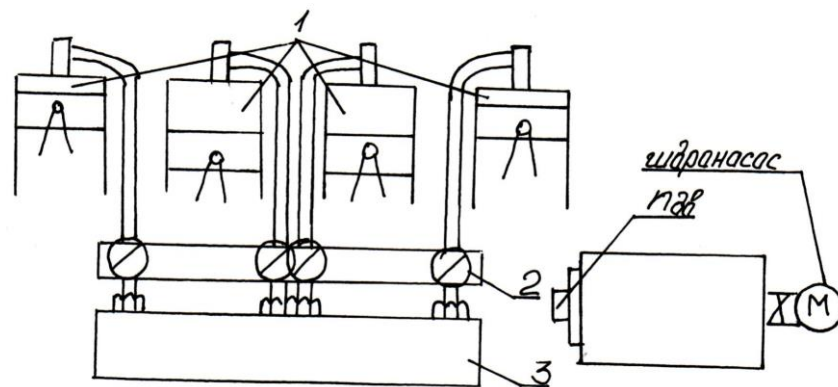


Рис. 3.3 . Схема визначення потужності двигуна за методом Н. С. Ждановського: 1 – циліндри двигуна; 2 – запірне пристосування; 3 – паливний насос.

3.2.4. Прилад ИМД-2М

Прилад ИМД-2М призначений для контролю частоти обертання колінчастого вала та орієнтовного визначення потужності двигунів типів СМД-14, СМД-14А, Д-65, Д-240, СМД-60. Живлення приладу може здійснюватися від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц або від джерела постійного струму напругою 12 В, наприклад акумуляторної батареї.

Оцінювання потужності виконується за прискоренням колінчастого вала. Для цього при від'єднаній трансмісії різко збільшують подачу палива до максимальної величини. У цей короткий проміжок часу двигун

навантажується інерційним моментом власних рухомих мас і розганяється до максимальної частоти холостого ходу.

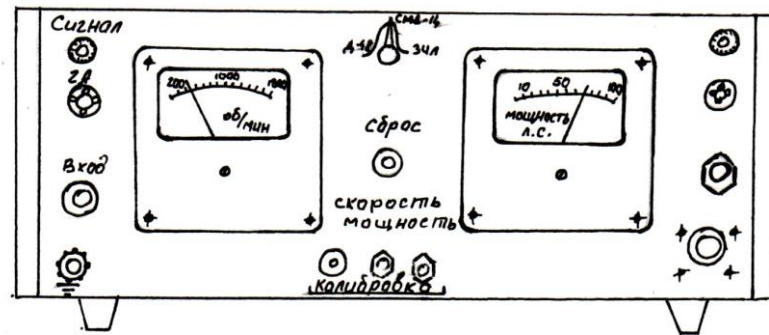


Рис. 3.4. Загальний вигляд приладу для вимірювання потужності та частоти обертання двигуна.

Основними складовими приладу є індуктивний датчик, формувальний пристрій, генератор змінних імпульсів, обчислювальний блок, блок керування, аналоговий перетворювач, перемикач режимів, стрілочні індикатори потужності та частоти обертання, а також блок живлення.

За допомогою приладу можна контролювати частоту обертання колінчастого вала, оцінювати потужність двигуна, перевіряти системи живлення і запалювання та виконувати їх регулювання для досягнення оптимального складу паливної суміші й кута випередження запалювання.

3.3. Опис удосконаленої конструкції стенда

Запропонований стенд призначений для проведення діагностичних робіт з тракторами тягового класу 0,9...1,4. Його використання дає змогу визначати потужність основного двигуна, частоту обертання колінчастого вала, витрату палива, технічний стан муфти зчеплення та ефективність гальмівної системи трактора.

Конструкція стенда включає чотири бігові барабани, пульт керування, гідропривід, упорний механізм, проміжний підйомник, силову станцію, балансирний генератор, муфти, редуктор і несучу раму.

Стенд розміщується на спеціально підготовленій двоосьовій причіпній базі та закріплюється чотирма анкерними болтами. Барабанні блоки мають

однакову конструкцію. Кожен блок складається зі зварної рами, ведучого і веденого барабанів, які приводяться в дію від балансиного генератора через редуктор і муфту. Ведучі барабани з'єднані між собою муфтою.

Крутний момент з вихідного вала балансиного генератора через муфту та редуктор передається на правий ведучий барабан, а далі через муфту – на лівий барабан. Для підвищення зчеплення коліс трактора з барабанами їх робочу поверхню виконують рифленою. Між ведучими і веденими барабанами розміщено проміжний підйомник двосторонньої дії, який забезпечує зручний заїзд трактора на стенд і його виїзд після завершення перевірки.

Передні колеса трактора фіксуються упорним механізмом, що дозволяє зменшити габарити стенда та підвищити безпеку роботи. Упорний механізм приводиться в дію тиском масла. Він складається з двох упорних дуг із закріпленими накладками. Підіймання та опускання дуг здійснюється гідроциліндром; під час під'їзду трактора до стенда упори повинні перебувати в опущеному положенні.

Перед діагностуванням тягово-економічних показників вимикають відповідний міст трактора, під'єднують паливомір, систему відведення відпрацьованих газів і троти довантажувального пристрою.

Подальші операції виконуються відповідно до технології діагностування колісних тракторів. Двигун запускають і прогрівають, після чого визначають потребу двигуна та шасі у ремонті або профілактичному обслуговуванні. Після контролю показники доводять до нормативних значень, що забезпечує підвищення продуктивності роботи машини та безпеки її руху. Тривалість перевірки одного трактора не перевищує 1 год 10 хв.

3.3.1. Підготовка стенда до роботи

Перед початком діагностування стенд під'єднують до електричної мережі живлення. Потім перевіряють готовність електровимірювальної апаратури та гідравлічної системи. Після завершення перевірки трактор

зупиняють, піднімають упори, переводять підйомний механізм у безпечне положення та виїжджають зі стенда.

3.3.2. Пульт керування

Пульт призначений для дистанційного керування приводами стенда, вимірювальними приладами, апаратурою сигналізації та допоміжними механізмами. На його панелі розміщені кнопки пуску, зупинки та регулювання робочих режимів.

Кнопка КЭП «Пуск» використовується для керування реостатом установки, а кнопка КЕС «Стоп» – для його вимкнення. Кнопки КПР і КВР призначені для зміни положення ножів реостата: при натисканні КПР «Нижче» ножі занурюються у розчин, а при натисканні КВР «Вище» – виводяться з нього.

Сигнальна лампа ЛС1 «Напруга подана» вмикається після ввімкнення рубильника на електрошафі. Лампа ЛС2 «Електроди реостата виведені» сигналізує про повне виведення ножів із розчину. Кнопка КГП «Пуск» запускає насос гідроприводу, а КГС «Стоп» зупиняє його. Кнопка КПП «Нагору» вмикає електромагніт підйомного майданчика, тоді як КПН «Вниз» забезпечує його опускання.

3.4. Діагностування технічного стану двигуна трактора

Технічний стан двигуна на стенді оцінюють за потужністю, яка розвивається на валу відбору потужності або передається на колеса трактора. Перевірку виконують лише після прогрівання двигуна до робочого теплового режиму. Навантаження змінюють зануренням ножів рідинного реостата.

Використовуючи показання динамометра і тахометра, можна розрахувати потужність, що передається колесами трактора, або потужність, яку привод установки витрачає на прокручування коліс і трансмісії. Розрахунок виконують за формулою:

$$N = (P_2 \cdot n_2 \cdot 736) / (1000 \cdot \eta), \text{ кВт} \quad (3.5)$$

де N – потужність на колесах трактора, кВт; P_2 – показання шкали вагового механізму, кг; n_2 – частота обертання ротора електромашини, хв^{-1} ; y – коефіцієнт корисної дії передачі від двигуна до гальмового стенда, $y = 0,96$.

Для визначення потужності двигуна при повному навантаженні застосовують найвищі швидкості трактора. Перевірку загальної компресії виконують шляхом прокручування колінчастого вала від ведучих коліс. Показником компресії є величина втрат потужності, необхідна для прокручування колінчастого вала, тобто для «компресування» двигуна за певного швидкісного режиму.

Втрати на компресування орієнтовно визначають як різницю між показниками динамометра, отриманими під час режиму компресування та під час прокручування трансмісії. Отримане значення не повинно бути нижчим за нормативи, наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Табличні втрати, що витрачаються на компресування двигуна

Марка трактора	Втрати на прокручування трансмісії при $n_{дв} = 1600 \text{ хв}^{-1}$		Потужність на колесах при $n_{дв} = 1600 \text{ хв}^{-1}$		Втрати на «компресування» двигуна при $n_{дв} = 1600 \text{ хв}^{-1}$	
	Показники динамометра P , кг	Потужність, к.с.	Показники динамометра P , кг	Потужність, к.с.	Показники динамометра P , кг	Потужність, к.с.
МТЗ-80	3,5	0,21	112	60,1	11,3	6,2
ЮМЗ-6Л	3,0	0,2	116	61,2	11,4	6,0

3.5. Розрахунок елементів конструкції на міцність

3.5.1. Розрахунок силового циліндра

Для силового циліндра приймаємо геометричні параметри, наведені на розрахунковій схемі. Вихідні розміри становлять: $D = 75 \text{ мм}$; $h = 200 \text{ мм}$; $h' = 280 \text{ мм}$; $h'' = 515 \text{ мм}$.

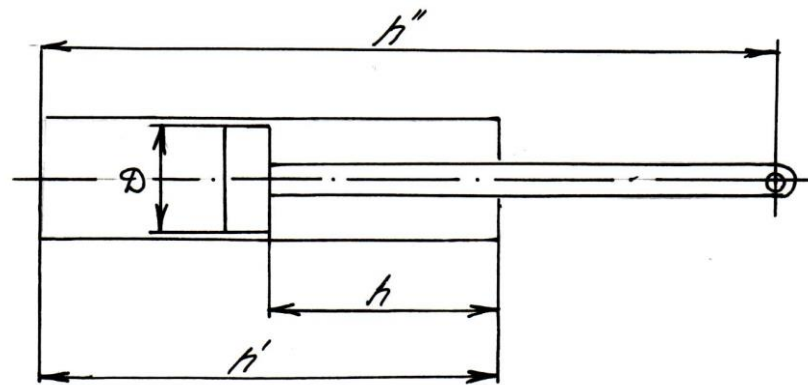


Рис. 3.5. Розрахункова схема силового циліндра.

Маса трактора ЮМЗ-6Л приймається $G = 30950 \text{ Н}$. Під час зважування механізмом підйому частина навантаження, що сприймається системою, становить:

$$G'_m = (2/3) \cdot G_m = 20640 \text{ Н} \quad (3.6)$$

Навантаження, яке припадає на один силовий циліндр, дорівнює:

$$G''_m = G'_m / 2 = 20640 / 2 = 10320 \text{ Н} \quad (3.7)$$

Діаметр поршня прийнятого гідроциліндра становить 75 мм. Площу поперечного перерізу поршня визначаємо за формулою:

$$w = \pi D^2 / 4 = 3,14 \cdot 7,5^2 / 4 = 44 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (3.8)$$

Робочий тиск, необхідний для підйому трактора, визначаємо з урахуванням коефіцієнта корисної дії $\eta = 0,85$:

$$p = G''_m / (w \cdot \eta) = 10320 / (4,4 \cdot 0,85) = 3,76 \text{ МПа} \quad (3.9)$$

3.5.2. Розрахунок шпонкового з'єднання

Перевірку шпонкового з'єднання виконуємо для вала діаметром $d = 30$ мм. Переданий крутний момент становить $T = 790 \text{ Н} \cdot \text{м}$, матеріал вала – сталь 45. Відповідно до діаметра вала приймаємо призматичну шпонку $10 \times 8 \times 45$ за ДСТУ. Матеріал шпонки також приймаємо сталь 45.

Умова міцності шпонки на зминання має вигляд:

$$\sigma_{зм} = 2T / (d \cdot l_p \cdot K) \leq [\sigma_{зм}] \quad (3.10)$$

де T – крутний момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$; d – діаметр вала, мм; l_p – робоча довжина шпонки, мм; K – довідковий розмір для розрахунку на зминання; $\sigma_{зм}$ і $[\sigma_{зм}]$ – розрахункове та допустиме напруження на зминання, МПа.

$$\sigma_{зм} = 2 \cdot 790 / (0,03 \cdot 0,045 \cdot 0,0033) = 35,9 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 150 \text{ МПа}$$

Перевірку шпонки на зріз виконуємо за залежністю:

$$\tau_{зр} = 2T / (d \cdot l_p \cdot b) \leq [\tau_{зр}] \quad (3.11)$$

де $\tau_{зр}$ і $[\tau_{зр}]$ – відповідно розрахункове та допустиме напруження на зріз; l_p і b – довжина та ширина шпонки, мм.

$$\tau_{зр} = 2 \cdot 790 / (0,03 \cdot 0,045 \cdot 0,01) = 73,2 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 90 \text{ МПа}$$

Отже, прийнята шпонка задовольняє умови міцності як на зминання, так і на зріз.

Висновки по розділу

У розділі розглянуто основні методи визначення потужності тракторних двигунів, зокрема безгальмовий, порціональний і гальмівний способи. Встановлено, що для діагностичних робіт у виробничих умовах найбільш доцільним є застосування стенда з регульованим навантаженням, оскільки він забезпечує комплексну оцінку роботи двигуна, трансмісії та гальмівної системи.

Проаналізовано відомі конструкції діагностичних установок і приладів, визначено їх функціональні можливості та особливості застосування. На основі цього запропоновано конструкцію стенда для діагностування тракторів тягового класу 0,9...1,4, що дає змогу контролювати потужність двигуна, частоту обертання колінчастого вала, витрату палива, стан муфти зчеплення і гальм.

Проведені розрахунки силового циліндра, шпонкового з'єднання, втулково-пальцевої муфти та вала проміжної опори підтверджують працездатність і достатній запас міцності основних елементів запропонованої конструкції.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

4.1. Мета та вихідні положення техніко-економічного розрахунку

Техніко-економічне обґрунтування є завершальним етапом оцінки доцільності прийнятих проєктних рішень. У роботі запропоновано підвищити ефективність технічного обслуговування тракторів шляхом удосконалення стенда для діагностичних робіт. Такий стенд використовується в машинно-ремонтній майстерні проєктного аграрного підприємства площею 3000 га та призначається для оперативного контролю потужнісних, паливно-економічних і функціональних показників тракторів перед напруженими сезонними роботами.

Економічна доцільність удосконалення стенда визначається не лише прямим скороченням трудомісткості діагностування, а й зменшенням простоїв тракторів, своєчасним виявленням несправностей, зниженням витрат палива після регулювання систем двигуна та скороченням потреби у виїзних послугах сторонніх сервісних організацій. Для підприємства з обмеженим сезонним фондом часу особливо важливим є те, що діагностування дозволяє попереджати відмови до виходу агрегату в поле, а не усувати їх у період сівби, обприскування чи збирання.

У розрахунках прийнято укрупнені планово-розрахункові показники, узгоджені з попередніми розділами роботи. Парк тракторів підприємства включає п'ять одиниць сучасної техніки, а річна трудомісткість їх технічного обслуговування та поточного ремонту становить 1102 люд.-год. Прийняті вартісні показники є розрахунковими і можуть уточнюватися з урахуванням місцевих цін на паливо, запасні частини, електроенергію та оплату праці.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для економічного обґрунтування.

Показник	Позначення	Значення
Площа ріллі проєктного підприємства, га	S	3 000
Кількість тракторів у складі машинно-тракторного парку, од.	n_{mp}	5
Річна трудомісткість ТО і поточного ремонту тракторів, люд.-год	T_{mp}	1 102
Частка робіт, на які впливає діагностичний стенд	k_d	0,45
Очікуване зниження трудомісткості діагностичних операцій	k_{zn}	0,25
Середня вартість однієї люд.-години ремонтного персоналу, грн	$C_{год}$	170
Розрахункова ціна дизельного палива, грн/л	C_n	55

4.2. Визначення капітальних вкладень на удосконалення стенда

Капітальні вкладення охоплюють вартість модернізації механічної частини стенда, встановлення вимірювальної апаратури, доопрацювання пульта керування, монтажу та налагодження обладнання. Удосконалення стенда не передбачає будівництва нового приміщення, оскільки він розміщується в запроєктованому посту технічного обслуговування і діагностування тракторів. Тому витрати мають переважно обладнувальний характер і безпосередньо пов'язані з підвищенням точності та продуктивності діагностичних робіт.

Загальна сума капітальних вкладень визначається як сума вартості окремих складових:

$$K = C_m + C_e + C_{вим} + C_n + C_{мон}, \text{ грн}, \quad (4.1)$$

де C_m – витрати на модернізацію механічної частини; C_e – витрати на електричну частину та захист; $C_{вим}$ – витрати на вимірювальні засоби; C_n – витрати на пульт керування; $C_{мон}$ – монтажні та налагоджувальні витрати.

Отже, розрахункова сума капітальних вкладень на реалізацію проєктного рішення становить $K = 410\,000$ грн. Найбільшу частку займає модернізація навантажувального вузла та приводу, оскільки саме ці елементи визначають безпечне створення навантаження на трактор під час перевірки. Другою за значенням складовою є вимірювальний комплекс, який забезпечує

реєстрацію частоти обертання, навантаження, витрати палива та інших параметрів.

Таблиця 4.2 – Капітальні вкладення на удосконалення діагностичного стенда

Складова витрат	Вартість, грн	Частка, %
Модернізація навантажувального вузла стенда, барабанів та приводу	160 000	39,0
Електрична частина, захист, частотне регулювання або реостатний блок	70 000	17,1
Комплект датчиків, тахометр, вимірювач витрати палива, кабельні лінії	62 000	15,1
Пульт керування, елементи сигналізації, програмно-вимірювальний модуль	52 000	12,7
Виготовлення кронштейнів, монтаж, налагодження та пробні випробування	66 000	16,1
Разом	410 000	100,0

4.3. Розрахунок річного економічного ефекту

Основними джерелами економічного ефекту є скорочення трудомісткості технічного обслуговування тракторів, зниження втрат від простоїв, зменшення витрат на усунення відмов, економія палива після своєчасного регулювання та зменшення витрат на залучення сторонніх сервісних організацій. Спочатку визначимо зменшення трудомісткості робіт, які безпосередньо залежать від якості діагностування:

$$\Delta T = T_{\text{тр}} \cdot k_d \cdot k_{\text{зн}} = 1102 \cdot 0,45 \cdot 0,25 = 124 \text{ люд.-год.} \quad (4.2)$$

Річна економія коштів на оплаті праці ремонтного персоналу становить:

$$E_{\text{праці}} = \Delta T \cdot C_{\text{год}} = 124 \cdot 170 = 21\,080 \text{ грн.} \quad (4.3)$$

Найбільш відчутний результат пов'язаний зі скороченням простоїв. Для сучасного тракторного парку навіть кілька годин вимушеної зупинки в період сівби або збирання можуть спричинити значні непрямі витрати: простоювання агрегату, перенесення технологічних строків, додаткову оплату праці, втрату продуктивності та необхідність залучення резервної

техніки. У розрахунку прийнято, що удосконалений стенд дає змогу зменшити сезонні простой тракторів на 60 маш.-год на рік.

$$E_{\text{прост}} = t_{\text{прост}} \cdot C_{\text{прост}} = 60 \cdot 2\,800 = 168\,000 \text{ грн.} \quad (4.4)$$

Додатковий ефект формується за рахунок раннього виявлення погіршення технічного стану двигуна, трансмісії, зчеплення, гальмівних механізмів і паливної апаратури. Своєчасне усунення відхилень дає змогу не доводити вузол до аварійного стану, зменшити обсяг дорогих ремонтних робіт і краще планувати закупівлю запасних частин. У розрахунку прийнято, що це забезпечує зниження річних матеріальних витрат на поточний ремонт тракторів на 6 %.

$$E_{\text{рем}} = 900\,000 \cdot 0,06 = 54\,000 \text{ грн.}$$

Поліпшення регулювання двигуна, системи подачі палива та навантажувальних режимів сприяє зниженню питомої витрати пального. Для розрахунку прийнято економію 1,5 % річної витрати дизельного палива тракторами. За річної витрати 72000 л і розрахункової ціни 55 грн/л маємо:

$$E_{\text{пал}} = 72000 \cdot 0,015 \cdot 55 = 59\,400 \text{ грн.}$$

Окремо враховується скорочення витрат на сторонню діагностику. До модернізації підприємство змушене частіше звертатися до сервісних організацій для виїзної перевірки параметрів двигуна та трансмісії. Після введення удосконаленого стенда більшість операцій виконується у власній майстерні, а сторонній сервіс залучається переважно для складних електронних систем або гарантійних випадків.

Таблиця 4.3 – Джерела річної економії від удосконалення стенда

Джерело економії	Розрахунок	Економія, грн/рік
Скорочення трудомісткості ТО і діагностування	124 люд.-год · 170 грн/год	21 080
Зменшення простоїв тракторів у сезонні періоди	60 маш.-год · 2 800 грн/год	168 000
Зниження витрат на поточний ремонт завдяки ранньому дефектуванню	900 000 грн · 6 %	54 000
Економія дизельного палива після регулювання	72 000 л · 1,5 % · 55 грн/л	59 400
Зменшення витрат на сторонню діагностику	45 000 - 12 000	33 000
Разом валова економія	-	335 480



Рис. 4.1. Структура річного економічного результату від удосконалення стенда

4.4. Експлуатаційні витрати та чистий річний ефект

Для об'єктивної оцінки проєктного рішення необхідно врахувати додаткові поточні витрати, що виникають у процесі експлуатації стенда. До них належать витрати на електроенергію, технічне обслуговування стенда, перевірку вимірювальних приладів, витратні матеріали та дрібні ремонтні елементи. Ці витрати порівняно невеликі відносно загальної економії, але їх необхідно включити до розрахунку чистого результату.

Таблиця 4.4 – Додаткові річні експлуатаційні витрати на стенд

Стаття витрат	Сума, грн/рік
Електроенергія для приводу, насоса та вимірювального обладнання	17 000
Поточне обслуговування стенда, змащувальні матеріали, дрібні деталі	20 500
Певірка, калібрування та контроль точності вимірювальних засобів	12 000
Витратні матеріали, кабелі, роз'єми, фільтри та допоміжні пристрої	10 000
Разом	59 500

Чистий річний економічний ефект визначається як різниця між валовою економією та додатковими експлуатаційними витратами:

$$E_p = E_{\text{вал}} - B_{\text{експ}} = 335\,480 - 59\,500 = 275\,980 \text{ грн/рік.} \quad (4.5)$$

Для оцінки бухгалтерського результату можна додатково врахувати амортизаційні відрахування. За строку служби стенда 10 років річна амортизація становить $A = 410\,000 / 10 = 41\,000$ грн. Тоді розрахунковий

результат після врахування амортизації дорівнює 234 980 грн/рік. Проте для оцінки окупності капітальних вкладень доцільно використовувати чистий грошовий ефект, оскільки амортизація не є прямим грошовим відтоком підприємства.

4.5. Оцінка строку окупності та ефективності проєктного рішення

Строк окупності капітальних вкладень показує, за який період чистий річний економічний ефект компенсує витрати на удосконалення стенда. Він визначається за формулою:

$$T_{ок} = K / E_p, \text{ років.} \quad (4.6)$$

$$T_{ок} = 410\,000 / 275\,980 = 1,49 \text{ року,}$$

Коефіцієнт економічної ефективності показує, скільки гривень чистого ефекту припадає на одну гривню вкладень протягом року:

$$E_k = E_p / K = 275\,980 / 410\,000 = 0,673, \quad (4.7)$$

Рентабельність капітальних вкладень визначимо у відсотках:

$$R = E_p / K \cdot 100 = 67,3 \%, \quad (4.8)$$

Отримане значення строку окупності становить приблизно 1,49 року, тобто менше двох років. Це свідчить про високу доцільність впровадження удосконаленого стенда в умовах проєктного підприємства. Розрахункова економія на 1 га ріллі становить 92 грн/га, що є додатковим резервом зниження собівартості польових робіт без зменшення якості технічного обслуговування.

Таблиця 4.5 – Основні техніко-економічні показники проєктного рішення

Показник	Одиниця виміру	Значення
Капітальні вкладення на удосконалення стенда	грн	410 000
Валова річна економія	грн/рік	335 480
Додаткові експлуатаційні витрати	грн/рік	59 500
Чистий річний економічний ефект	грн/рік	275 980
Амортизаційні відрахування за строку служби 10 років	грн/рік	41 000
Строк окупності за чистим грошовим ефектом	року	1,49
Рентабельність капітальних вкладень	%	67,3
Економічний ефект у розрахунку на 1 га ріллі	грн/га	92
Очікуваний ефект за 5 років після повернення вкладень	грн	969 900

4.6. Виробничі переваги впровадження удосконаленого стенда

Крім безпосереднього економічного результату, впровадження удосконаленого стенда має важливе організаційне значення. По-перше, підвищується рівень технічної готовності тракторів, оскільки перевірка їх стану виконується не епізодично, а за планом технічного обслуговування. По-друге, майстерня отримує можливість порівнювати фактичні параметри роботи трактора з попередніми результатами, що полегшує прогнозування несправностей. По-третє, зростає якість підготовки техніки до весняно-польових і збиральних робіт, коли простій однієї машини може порушити роботу кількох технологічних агрегатів.

В умовах воєнного стану та ускладнення логістики запасних частин особливого значення набуває здатність підприємства самостійно виконувати первинне діагностування. Удосконалений стенд дозволяє відокремити регульовальні несправності від відмов, що потребують заміни вузла, а отже, зменшити кількість необґрунтованих закупівель деталей. Результати діагностування можуть використовуватися для формування страхового запасу фільтрів, ременів, підшипників, рукавів високого тиску та електричних елементів саме за тими агрегатами, які мають найбільший ризик відмови.

Висновки по розділу

У розділі виконано техніко-економічне обґрунтування удосконалення стенда для діагностичних робіт у машинно-ремонтній майстерні аграрного підприємства площею 3000 га. Встановлено, що капітальні вкладення на реалізацію проєктного рішення становлять 410 000 грн. Валовий річний економічний ефект формується за рахунок скорочення трудомісткості, зменшення простоїв, економії палива, зниження ремонтних витрат і меншої потреби у сторонній діагностиці та дорівнює 335 480 грн/рік.

Після врахування додаткових експлуатаційних витрат чистий річний економічний ефект становить 275 980 грн/рік. Строк окупності вкладень

дорівнює 1,49 року, а рентабельність капітальних вкладень - 67,3 %. Отже, удосконалення стенда є економічно доцільним: воно швидко повертає вкладені кошти, підвищує технічну готовність тракторів і зменшує собівартість механізованих робіт.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності технічного обслуговування тракторів шляхом удосконалення стенда для діагностичних робіт. Актуальність теми зумовлена тим, що трактори є основою машинно-тракторного парку аграрних підприємств, а їх технічний стан безпосередньо впливає на своєчасність виконання польових робіт, продуктивність агрегатів, витрату палива та собівартість механізованих операцій. Своєчасне діагностування дає змогу попереджати відмови, скорочувати простой техніки та раціонально планувати ремонтно-обслуговувальні роботи.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрних підприємств України. Встановлено, що система сервісу охоплює власні ремонтні майстерні господарств, дилерські центри, спеціалізовані ремонтні підприємства та постачальників запасних частин. До її переваг належать розвиток мобільного сервісу, електронної діагностики та цифрового контролю технічного стану машин. Водночас виявлено недоліки: високу вартість послуг, нерівномірне розміщення сервісних центрів, залежність від імпорتنих запасних частин і нестачу кваліфікованих спеціалістів. Окремо зазначено, що воєнні дії ускладнили логістику, збільшили строки постачання деталей і посилили потребу господарств у власній ремонтно-діагностичній базі.

У другому розділі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні для проєктного сільськогосподарського підприємства зони Полісся площею 3000 га. Підібрано сучасний склад машинно-тракторного парку, до якого включено трактори John Deere 8R 340, Case IH Puma 240 CVX, New Holland T7.270, CLAAS ARION 630, а також комбайни, самохідний обприскувач, посівні комплекси, ґрунтообробні агрегати та допоміжну техніку. Річна трудомісткість технічного обслуговування і поточного ремонту тракторів становить 1102 люд.-год, а загальна

трудомісткість робіт майстерні – 2759 люд.-год. На основі розрахунків визначено кількість виробничих працівників, структуру ділянок і загальну площу майстерні – 372 м². Детально описано порядок технічного обслуговування трактора John Deere 8R 340.

У третьому розділі розглянуто конструктивну частину роботи. Проаналізовано безгальмові, порціональні та гальмові методи визначення потужності двигунів тракторів, а також існуючі діагностичні установки й прилади. На основі аналізу запропоновано удосконалену конструкцію стенда для діагностування тракторів, яка дозволяє визначати потужність двигуна, частоту обертання колінчастого вала, витрату палива, технічний стан зчеплення, гальмівної системи та окремих елементів трансмісії. Описано будову стенда, порядок підготовки до роботи, особливості керування та технічного обслуговування. Виконані розрахунки силового циліндра, шпонкового з'єднання, втулково-пальцевої муфти та вала проміжної опори підтвердили працездатність і достатню міцність основних елементів конструкції.

У четвертому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень. Встановлено, що капітальні вкладення на удосконалення діагностичного стенда становлять 410000 грн. Економічний ефект досягається завдяки скороченню трудомісткості обслуговування, зменшенню простоїв тракторів, ранньому виявленню несправностей, економії палива та зменшенню потреби у сторонній діагностиці. Валова річна економія становить 335480 грн, чистий річний економічний ефект – 275980 грн. Строк окупності капітальних вкладень дорівнює 1,49 року, а рентабельність становить 67,3 %, що підтверджує економічну доцільність запропонованого рішення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Експлуатація та обслуговування машин : навчальний посібник. Харків : ХНТУСГ, 2018. 143 с.
2. Бойко М. Ф. Трактори та автомобілі : навчальний посібник. Київ : Вища школа, 2001.
3. Сідашенко О. І., Науменко О. А., Полянський О. С. Ремонт машин та обладнання : підручник. Київ : Агроосвіта, 2014.
4. Черновол М. І., Черкун В. Ю., Зозуля А. Ю. Надійність сільськогосподарської техніки : навчальний посібник. Кіровоград : КОД, 2010.
5. Борак К. В., Ткачук Б. М., Торгонський В. С. Перспективи розвитку технічного сервісу МТП в АПК. Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України. С. 61-62.
6. Кравчук В. І., Гуков Я. С., Мельник Ю. Ф. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки. Київ : Аграрна наука, 2004.
7. Технічний сервіс машин в агропромисловому комплексі : навчальний посібник / за ред. О. І. Сідашенка. Харків : ХНТУСГ, 2017.
8. Ремонт машин та обладнання агропромислового виробництва : довідник / за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Харків : ХНТУСГ, 2010.
9. Ремонт машин та обладнання тваринницьких комплексів: довідник / за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Харків : ХНТУСГ, 2010.
10. World Bank Group, Government of Ukraine, European Commission, United Nations. Ukraine. Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4):

February 2022 – December 2024. Washington, D.C. : World Bank Group, 2025. URL: <https://documents.worldbank.org> (дата звернення: 15.06.2026).

11. Kyiv School of Economics. Agricultural War Damages, Losses, and Needs Review. Kyiv : KSE Institute, 2024. URL: <https://kse.ua> (дата звернення: 15.06.2026).

12. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Ukraine: Impact of the war on agricultural enterprises. Findings of a nationwide survey. Rome : FAO, 2025. URL: <https://openknowledge.fao.org> (дата звернення: 15.06.2026).

13. Міністерство економіки України. Компенсація 25 % вартості української сільськогосподарської техніки та обладнання. URL: <https://me.gov.ua> (дата звернення: 15.06.2026).

14. John Deere. 8R 340 Large Tractor. Technical specifications. URL: <https://www.deere.com> (дата звернення: 15.06.2026).

15. John Deere. Filter Overview with Service Intervals and Capacities. 8R 230, 8R 250, 8R 280, 8R 310, 8R 340, 8R 370, 8R 410 Tractors. Moline : Deere & Company, 2020. URL: <https://www.deere.com> (дата звернення: 15.06.2026).

16. CLAAS. ARION 600 / 500. Technical data and product information. Harsewinkel : CLAAS KGaA mbH, 2023. URL: <https://www.claas.com> (дата звернення: 15.06.2026).

17. Case IH. Puma Series Tractors. Product specifications and service information. Racine : CNH Industrial, 2023. URL: <https://www.caseih.com> (дата звернення: 15.06.2026).

18. New Holland Agriculture. T7 Series Tractors. Specifications and maintenance information. Turin : CNH Industrial, 2023. URL: <https://agriculture.newholland.com> (дата звернення: 15.06.2026).

19. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

20. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Міжнародний науковий журнал «Проблеми трибології». 2020. № 2. С 34–41.
21. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Проблеми трибології. 2020. № 2. С 34–41.
22. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.
23. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.
24. Лебедев С. А., Шматко Д. З. Діагностування машинно-тракторного парку : навчальний посібник. Харків : ХНТУСГ, 2016.
25. Полянський О. С., Сідашенко О. І., Наumenко О. А. Технологічні основи ремонту машин : навчальний посібник. Харків : ХНТУСГ, 2012.
26. Борак К. В., Вазінський М. Ю., Дубінін Д. Ю. Особливості технічного обслуговування сучасних дизельних двигунів. Напрями розвитку технологічних систем і логістики в АПВ: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 22 травня 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 35-39.
27. Організація виробництва і агробізнес у сільськогосподарських підприємствах : підручник / за ред. С. П. Азізова. Київ : ІАЕ УААН, 2001.