

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

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

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Кальник Олександр Романович

УДК 631.3.004.5:621.43

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Організація технічного сервісу МТП з розробкою пристрою
для обкатки двигунів**

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 _____ Кальник О.Р.

Керівник роботи

Куликівський В.Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Кальник Олександр Романович. Організація технічного сервісу МТП з розробкою пристрою для обкатки двигунів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності технічного сервісу сільськогосподарської техніки шляхом удосконалення ремонтно-обслуговуючої бази підприємства та впровадження пристрою для післяремонтної обкатки двигунів.

У роботі розглянуто організацію технічного сервісу машинно-тракторного парку сільськогосподарського підприємства, розташованого в зоні Полісся Житомирської області. Для господарства площею 2750 га підібрано склад тракторів, комбайнів, автомобілів і сільськогосподарських машин, що забезпечує виконання основних технологічних операцій у встановлені агротехнічні строки. Виконано розрахунок обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт, визначено їх трудомісткість, потребу у виробничих робітниках та обґрунтовано параметри машинно-ремонтної майстерні розміром 18×40 м.

Проаналізовано технологічний процес обкатки двигунів після ремонту, її призначення, основні види, особливості холодної та гарячої обкатки, а також застосування стендового обладнання й контролю параметрів роботи двигуна. Встановлено, що якісна обкатка забезпечує припрацювання деталей, перевірку правильності складання, виявлення прихованих дефектів і підвищення експлуатаційної надійності двигуна.

У конструкторській частині обґрунтовано розробку пристрою для обкатки двигунів в умовах машинно-ремонтної майстерні. Запропоноване технічне рішення дає змогу перевіряти роботу двигуна після ремонту без його встановлення на трактор або іншу машину, що скорочує тривалість ремонтного циклу, зменшує простої техніки та підвищує якість ремонтних робіт.

У розділі з охорони праці розглянуто небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час ремонту й обкатки двигунів, а також запропоновано заходи щодо безпечної організації робочого місця, вентиляції, освітлення, електробезпеки, пожежної безпеки та використання засобів індивідуального захисту.

Техніко-економічне обґрунтування підтвердило доцільність впровадження пристрою для обкатки двигунів у ремонтно-обслуговуючу базу підприємства. Розраховано капітальні вкладення, експлуатаційні витрати, собівартість обкатки, річну економію, строк окупності та економічну ефективність проектного рішення.

Ключові слова: машинно-тракторний парк, технічний сервіс, машинно-ремонтна майстерня, двигун внутрішнього згоряння, ремонт двигунів, обкатка двигуна.

ANNOTATION

Oleksandr Romanovych Kalnyk. Organization of Technical Service for a Machine and Tractor Fleet, Including the Development of a Device for Engine Break-in. – Qualification work on the rights of the manuscript.

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

This thesis focuses on improving the efficiency of agricultural machinery maintenance by upgrading the enterprise's repair and maintenance facilities and introducing a device for post-repair engine break-in.

The thesis examines the organization of technical service for the machinery and tractor fleet of an agricultural enterprise located in the Polissya region of Zhytomyr Oblast. For a farm with an area of 2,750 hectares, a fleet of tractors, combines, vehicles, and agricultural machinery has been selected to ensure the performance of key agricultural operations within established agronomic deadlines. The volume of repair and maintenance work was calculated, its labor intensity and the need for production workers were determined, and the parameters of a 18×40 m machine repair shop were justified.

The technological process of engine running-in after repair, its purpose, main types, features of cold and hot running-in, as well as the use of test bench equipment and monitoring of engine operating parameters have been analyzed. It has been established that high-quality running-in ensures the running-in of parts, verification of correct assembly, detection of hidden defects, and improvement of the engine's operational reliability.

In the design section, the development of a device for engine running-in in a machine repair shop is justified. The proposed technical solution allows for testing the engine's operation after repair without installing it on a tractor or other machine, which shortens the repair cycle, reduces equipment downtime, and improves the quality of repair work.

The section on occupational safety examines hazardous and harmful production factors during engine repair and running-in, and proposes measures for safe workplace organization, ventilation, lighting, electrical safety, fire safety, and the use of personal protective equipment.

The technical and economic feasibility study confirmed the advisability of introducing an engine running-in device into the enterprise's repair and maintenance facility. Capital investments, operating costs, the cost of running-in, annual savings, the payback period, and the economic efficiency of the project solution were calculated.

Keywords: machine and tractor fleet, technical service, machine repair shop, internal combustion engine, engine repair, engine running-in.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ ПРОЕКТНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	10
1.1. Вихідні умови проектування та виробнича характеристика підприємства..	10
1.2. Підбір сучасної техніки для проектного підприємства.....	11
1.3. Методика розрахунку обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт.....	13
1.4. Розрахунок обсягу ТО та трудомісткості робіт для самохідних машин.....	14
1.5. Розрахунок трудомісткості робіт для причіпних машин, автомобілів і допоміжних операцій.....	15
1.6. Визначення чисельності ремонтних працівників і кількості постів.....	17
1.7. Перевірка відповідності площі майстерні розрахованому обсягу робіт.....	19
Висновки по розділу.....	20
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБКАТКИ ДВИГУНІВ ТА ЙОГО ВПЛИВУ НА НАДІЙНІСТЬ.....	21
2.1. Сутність і призначення обкатки двигунів після ремонту.....	21
2.2. Види обкатки двигунів та їх особливості.....	22
2.3. Загальна технологічна схема проведення обкатки.....	23
2.4. Особливості стендової обкатки у майстерні МТП.....	24
2.5. Сучасні тенденції в обкатці та випробуванні двигунів.....	25
2.6. Переваги обкатки та її вплив на надійність двигуна.....	26
Висновки по розділу.....	27
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	28
3.1 Огляд конструкцій.....	28
3.2 Обґрунтування модернізації, будова та робочий процес.....	33
3.3 Конструкторські розрахунки.....	36

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	43
4.1. Загальна характеристика умов праці.....	43
4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	43
4.3. Вимоги безпеки під час ремонту та обкатки двигунів.....	44
4.4. Розрахунок вентиляції майстерні.....	45
4.5. Розрахунок штучного освітлення.....	46
4.6. Електробезпека, пожежна безпека та виробнича санітарія.....	47
Висновки по розділу.....	48
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ.....	49
5.1. Мета і вихідні дані для економічного обґрунтування.....	49
5.2. Розрахунок капітальних вкладень у пристрій для обкатки двигунів.....	50
5.3. Розрахунок поточних експлуатаційних витрат.....	51
5.4. Визначення економії від впровадження проектного рішення.....	52
5.5. Розрахунок строку окупності та рівня економічної ефективності.....	53
5.6. Техніко-економічні переваги впровадження пристрою.....	53
Висновки по розділу.....	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасне сільськогосподарське виробництво значною мірою залежить від технічного стану машинно-тракторного парку, його готовності до виконання польових, транспортних і допоміжних робіт у встановлені агротехнічні строки. В умовах інтенсивного використання тракторів, комбайнів, автомобілів та іншої сільськогосподарської техніки особливої актуальності набуває питання якісної організації технічного сервісу, своєчасного технічного обслуговування, діагностування та ремонту машин.

Одним із найбільш відповідальних агрегатів машинно-тракторного парку є двигун внутрішнього згоряння. Від його технічного стану залежать продуктивність, паливна економічність, надійність і довговічність роботи всієї машини. Під час експлуатації двигуни працюють у складних умовах: за змінних навантажень, підвищеної запиленості, коливань температури, значних вібрацій та тривалих робочих циклів. Це призводить до спрацювання деталей циліндро-поршневої групи, кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів, порушення герметичності з'єднань, погіршення роботи систем мащення, охолодження та живлення.

Після ремонту двигуна важливим етапом є його обкатка. Вона забезпечує припрацювання відремонтованих або заміненних деталей, перевірку правильності складання, виявлення прихованих дефектів, контроль основних параметрів роботи та підготовку двигуна до подальшої експлуатації. Недостатня або неправильно проведена обкатка може спричинити підвищене спрацювання деталей, перегрівання двигуна, зниження компресії, збільшення витрати палива й оливи, а також передчасний вихід агрегату з ладу.

У багатьох сільськогосподарських підприємствах обкатка двигунів після ремонту проводиться без застосування спеціалізованого обладнання або без достатнього контролю технологічних параметрів. Це знижує якість ремонтних робіт і збільшує ймовірність повторних відмов. Тому розробка та впровадження

пристрою для обкатки двигунів у машинно-ремонтній майстерні є актуальним завданням, яке дозволяє підвищити ефективність технічного сервісу машинно-тракторного парку.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності вдосконалення організації технічного сервісу в машинно-тракторному парку сільськогосподарського підприємства шляхом підвищення якості ремонту двигунів і впровадження пристрою для їх післяремонтної обкатки. Це дає змогу скоротити простої техніки, підвищити ресурс відремонтованих двигунів, зменшити витрати на повторні ремонти та забезпечити стабільну роботу машин у напружені періоди сільськогосподарського виробництва

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності технічного сервісу машинно-тракторного парку шляхом обґрунтування параметрів машинно-ремонтної майстерні та розробки пристрою для обкатки двигунів після ремонту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- підібрати склад сучасного машинно-тракторного парку для проектного сільськогосподарського підприємства площею 2750 га, розташованого в зоні Полісся Житомирської області;
- розрахувати обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт і трудомісткість їх виконання в машинно-ремонтній майстерні;
- проаналізувати технологічний процес обкатки двигунів, її види, особливості проведення та вплив на надійність двигуна;
- обґрунтувати необхідність використання пристрою для обкатки двигунів у ремонтній майстерні;
- розробити конструктивно-технологічне рішення пристрою для обкатки двигунів;
- розглянути питання охорони праці під час виконання ремонтних робіт і обкатки двигунів;
- виконати техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження проектного рішення.

Об’єктом дослідження є процес організації технічного сервісу машинно-тракторного парку сільськогосподарського підприємства.

Предметом дослідження є технологічний процес післяремонтної обкатки двигунів та пристрій для її виконання в умовах машинно-ремонтної майстерні.

Методи дослідження, використані в роботі, включають аналіз літературних і нормативних джерел, розрахункові методи визначення обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт, методи техніко-економічного обґрунтування, порівняльний аналіз технологічних процесів обкатки двигунів, а також інженерні методи обґрунтування конструктивного рішення пристрою.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Куликівський В., Іванченко В., Кальник О. Використання цифрових двійників для моніторингу стану машин. Інновації в агропромисловому комплексі, машинобудуванні та транспорті : зб. тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, 22–23 квітня 2026 року. [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2026. С. 136-139.

2. Куликівський В.Л., Вендер С.А., Кальник О.Р., Стеблецький Н.Ю. Перспективні способи діагностування двигунів внутрішнього згорання. VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Запоріжжя: ТДАТУ. URL: https://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/kulykivskyj_26.pdf (дата звернення 07.06.2026).

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоновані проектні рішення можуть бути використані для вдосконалення роботи машинно-ремонтної майстерні сільськогосподарського підприємства. Впровадження пристрою для обкатки двигунів дозволить підвищити якість ремонтних робіт, забезпечити контроль технічного стану двигунів після ремонту, скоротити час простою техніки та підвищити надійність машинно-тракторного парку.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновку та списку використаних джерел з 25

найменувань. Загальний обсяг роботи становить 59 сторінок комп'ютерного тексту, містить 5 рисунків, 18 таблиць та 1 додаток.

РОЗДІЛ 1

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ ПРОЕКТНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Вихідні умови проектування та виробнича характеристика підприємства

Проектне сільськогосподарське підприємство розміщується у зоні Полісся Житомирської області та має земельну площу 2750 га. Для цієї природно-кліматичної зони характерні достатнє вологозабезпечення, переважання дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтів, підвищена кислотність окремих ґрунтових відмін та порівняно коротші агротехнічні строки виконання весняно-польових і збиральних робіт. Тому машинно-тракторний парк підприємства повинен забезпечувати високу продуктивність, можливість роботи у вологих умовах, якісну підготовку ґрунту, точне внесення добрив і засобів захисту рослин, а також швидке виконання транспортних операцій під час збирання урожаю.

Машинно-ремонтна майстерня проектується як центральна виробнича ланка інженерної служби господарства. Вона призначена для проведення діагностування, періодичного технічного обслуговування, поточного ремонту тракторів, комбайнів, автомобілів, сільськогосподарських машин, а також для виконання слюсарних, зварювальних, електротехнічних, шиномонтажних і регулювальних робіт. Окремою особливістю проекту є розробка пристрою для обкатки двигунів, тому в структурі майстерні необхідно передбачити ділянку контролю, підготовки та післяремонтної обкатки двигунів внутрішнього згорання.

Розміри машинно-ремонтної майстерні приймаються за завданням: ширина 18 м, довжина 40 м. Загальна площа будівлі становить:

$$F_m = B \cdot L = 18 \cdot 40 = 720 \text{ м}^2.$$

За функціональним призначенням площу майстерні доцільно розподілити на виробничу, допоміжну та адміністративно-побутову частини. Для попереднього компонування приймаємо: виробнича частина – 72 %, допоміжна – 18 %, адміністративно-побутова – 10 %. Тоді виробнича площа становить 518,4 м², допоміжна – 129,6 м², адміністративно-побутова – 72,0 м². Такий розподіл дає можливість розмістити пости ТО і ремонту, моторну ділянку, зону обкатки двигунів, зварювальну, слюсарно-механічну, електротехнічну, шиномонтажну ділянки, склад запасних частин і мастильних матеріалів.

Для розрахунку приймаємо зерно-олійно-кормову спеціалізацію господарства. Орієнтовна структура посівних площ наведена в таблиці 1.1. Вона потрібна для обґрунтування складу техніки, сезонного завантаження машин і річного обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт.

Таблиця 1.1 – Орієнтовна структура посівних площ проектного підприємства

Культура / напрям використання	Площа, га	Частка, %	Виробниче значення
Озима пшениця	680	24,7	Основна товарна зернова культура
Кукурудза на зерно	560	20,4	Висока потреба у потужній техніці та транспорті
Соя	420	15,3	Потребує якісного передпосівного обробітку і збирання у стислий строк
Озимий ріпак	310	11,3	Раннє збирання, потреба у герметичності жнивarki
Ячмінь, овес, жито	330	12,0	Культури, адаптовані до умов Полісся
Соняшник	250	9,1	Вирощується обмежено з урахуванням сівозміни
Кормові культури та пари/сидерати	200	7,2	Підтримання родючості ґрунту і кормова база
Разом	2750	100,0	–

1.2. Підбір сучасної техніки для проектного підприємства

Склад машинно-тракторного парку підібрано з урахуванням площі 2750 га, польової спеціалізації, ґрунтово-кліматичних умов Полісся та потреби виконувати основні операції у стислі строки. При підборі враховано, що для господарства такого розміру потрібні два енергонасичені трактори для важких

грунтообробних робіт, декілька універсально-просапних тракторів для сівби, догляду та транспорту, два продуктивні зернозбиральні комбайни, самохідний обприскувач, навантажувач, а також комплект сучасних широкозахватних грунтообробних і посівних машин.

Обрані моделі не є єдино можливими. У розрахунку вони розглядаються як сучасні технічні аналоги, які можуть бути замінені машинами близького класу потужності, продуктивності та маси без зміни методики розрахунку майстерні. Склад основної техніки наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Рекомендований склад машинно-тракторного парку

Група машин	Модель або аналог	К-сть	Основний параметр	Призначення
Трактор енергонасичений	John Deere 8R 310	1	310 к.с.	Основний обробіток ґрунту, глибоке розпушування, важкі посівні агрегати
Трактор енергонасичений	New Holland T8.380 або аналог	1	350–380 к.с.	Оранка, дискування, робота з широкозахватними агрегатами
Трактор універсально-просапний	Case IH Puma 240 CVXDrive	2	240 к.с.	Сівба, культивация, внесення добрив, транспортні операції
Трактор універсальний	John Deere 6R 195	2	195 к.с.	Посівні, обприскувальні, транспортні та допоміжні роботи
Трактор допоміжний	New Holland T6.180 або аналог	2	160–180 к.с.	Причіпні агрегати, підвезення насіння і добрив, роботи на току
Зернозбиральний комбайн	CLAAS LEXION 7700 або аналог	2	понад 400 кВт	Збирання зернових, ріпаку, кукурудзи та сої із заміною адаптерів
Самохідний обприскувач	Amazone Pantera 4504 / John Deere R4140	1	36–40 м штанга	Захист рослин і позакореневе підживлення
Телескопічний навантажувач	JCB 541-70 AGRI або аналог	1	4,1 т; 7 м	Навантаження зерна, добрив, ЗЗР, робота зі складом і майстернею
Дискова борона	Amazone Catros+ 6003-2TS або аналог	2	6 м	Лущення стерні та передпосівний обробіток
Глибокорозпушувач / культиватор	Horsch Tiger 6 MT або аналог	1	6 м	Глибокий обробіток ґрунту без обороту пласта
Оборотний плуг	Lemken Diamant 16 або аналог	1	6+1 корпусів	Оранка під культури, які потребують обороту пласта
Зернова сівалка	Horsch Pronto 6 DC або аналог	2	6 м	Сівба зернових, ріпаку, сої після мінімального обробітку
Просапна сівалка	Kverneland Optima / аналог	1	8–12 рядків	Сівба кукурудзи та соняшнику
Розкидач добрив	Amazone ZA-TS / аналог	2	до 36 м	Внесення мінеральних добрив
Причепи та бункер-перевантажувач	Зерновози, перевантажувач 25–30 м³	6	—	Логістика під час збирання і посіву
Вантажні автомобілі	MAN TGS / DAF CF або аналог	3	зерновоз	Перевезення зерна, добрив, насіння

Підібраний парк забезпечує виконання повного циклу польових робіт: основний і передпосівний обробіток ґрунту, сівбу, внесення добрив, захист рослин, збирання та транспортування урожаю. Для зменшення простоїв техніки

частина спеціалізованих робіт, наприклад капітальний ремонт складних електронних блоків, паливної апаратури Common Rail або гідростатичних трансмісій, може виконуватися у сервісних центрах виробників. У майстерні господарства доцільно виконувати діагностування, ТО, поточний ремонт, заміну агрегатів, зварювальні роботи, відновлення нескладних деталей і післяремонтну обкатку двигунів.

1.3. Методика розрахунку обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт

Розрахунок річного обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт виконується за планово-запобіжною системою технічного обслуговування і ремонту. Вона передбачає щозмінне обслуговування, періодичні ТО-1, ТО-2, для тракторів також ТО-3, сезонне технічне обслуговування, діагностування, поточний ремонт і підготовку машин до зберігання. Щозмінне обслуговування переважно виконує механізатор на місці роботи, тому до трудомісткості машинно-ремонтної майстерні включаємо лише роботи, що потребують постів, обладнання, інструменту, діагностичних засобів і кваліфікованого ремонтного персоналу.

Для тракторів приймаємо періодичність ТО-1 через 125 мотогод, ТО-2 через 500 мотогод, ТО-3 через 1000 мотогод. Для зернозбиральних комбайнів приймаємо ТО-1 через 60 мотогод, ТО-2 через 240 мотогод; для самохідного обприскувача – ТО-1 через 50 мотогод, ТО-2 через 200 мотогод; для телескопічного навантажувача – ТО-1 через 250 мотогод, ТО-2 через 500 мотогод. Сезонне обслуговування приймається двічі на рік: перед введенням машини у сезонну експлуатацію та перед постановкою на зберігання.

Кількість технічних обслуговувань визначаємо за річним напрацюванням машини. Якщо обслуговування вищого порядку збігається з обслуговуванням нижчого порядку, воно замінює його. Для розрахунку використовуємо залежності:

$$N_{TO-3} = [H_p / P_{TO-3}]; \quad (1.1)$$

$$N_{TO-2} = [H_p / P_{TO-2}] - N_{TO-3}; \quad (1.2)$$

$$N_{TO-1} = [H_p / P_{TO-1}] - N_{TO-2} - N_{TO-3}, \quad (1.3)$$

де H_p – річне напрацювання машини, мотогод; P_{TO-1} , P_{TO-2} , P_{TO-3} – періодичність відповідного виду обслуговування, мотогод. Річну трудомісткість планових технічних обслуговувань визначаємо за формулою:

$$T_{TO} = n \cdot (N_{TO-1} \cdot t_{TO-1} + N_{TO-2} \cdot t_{TO-2} + N_{TO-3} \cdot t_{TO-3} + N_{СТО} \cdot t_{СТО}), \quad (1.4)$$

де n – кількість машин певної марки; t_{TO-1} , t_{TO-2} , t_{TO-3} , $t_{СТО}$ – трудомісткість одного відповідного виду обслуговування, люд.-год; $N_{СТО}$ – кількість сезонних обслуговувань на одну машину за рік. Трудомісткість поточного ремонту приймаємо укрупнено за питомою трудомісткістю на одну мотогодину роботи машини:

$$T_{ПР} = H_{p.заг} \cdot q_{ПР}, \quad (1.5)$$

де $H_{p.заг}$ – сумарне річне напрацювання групи машин, мотогод; $q_{ПР}$ – питома трудомісткість поточного ремонту, люд.-год/мотогод. Прийняті питомі норми враховують роботу машин в умовах Полісся, де підвищена вологість, абразивність ґрунту, забруднення рослинними рештками та сезонна концентрація робіт збільшують потребу в профілактичному огляді, очищенні, регулюванні і заміні зношених деталей.

Таблиця 1.3 – Прийняті нормативи для розрахунку трудомісткості ТО і поточного ремонту

Група машин	Періодичність ТО, мотогод	t_{TO-1}	t_{TO-2}	t_{TO-3}	$t_{СТО}$	$q_{ПР}$
Енергонасичені трактори	125 / 500 / 1000	5,0	14,0	36,0	10,0	0,12
Універсальні трактори 190–240 к.с.	125 / 500 / 1000	4,2	11,0	28,0	8,0	0,10
Допоміжні трактори 160–180 к.с.	125 / 500 / 1000	3,6	9,0	22,0	6,5	0,08
Зернозбиральні комбайни	60 / 240 / –	7,0	22,0	–	32,0	0,22
Самохідний обприскувач	50 / 200 / –	3,0	12,0	–	16,0	0,07
Телескопічний навантажувач	250 / 500 / 1000	4,0	14,0	28,0	12,0	0,08

1.4. Розрахунок обсягу ТО та трудомісткості робіт для самохідних машин

Річне напрацювання машин прийнято на основі структури посівних площ, очікуваного обсягу польових робіт і потреби у резерві техніки на випадок

несприятливих погодних умов. Для проектного господарства сумарне річне напрацювання тракторів, комбайнів, самохідного обприскувача і навантажувача становить 7670 мотогод. Результати розрахунку кількості ТО і трудомісткості робіт наведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Розрахунок обсягу ТО і трудомісткості робіт для самохідних машин

Машина	К-сть	Напрац., мотогод	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СТО	ТТО, люд.-год	ТПР, люд.-год	Разом
John Deere 8R 310	1	900	6	1	0	2	64.0	108.0	172.0
New Holland T8.380 або аналог	1	850	5	1	0	2	59.0	102.0	161.0
Case IH Puma 240 CVXDrive	2	1500	10	2	0	4	96.0	150.0	246.0
John Deere 6R 195	2	1300	8	2	0	4	87.6	130.0	217.6
New Holland T6.180 або аналог	2	1200	6	2	0	4	65.6	96.0	161.6
CLAAS LEXION 7700 або аналог	2	700	8	2	0	4	228.0	154.0	382.0
Amazone Pantera 4504 / John Deere R4140	1	520	8	2	0	2	80.0	36.4	116.4
JCB 541-70 AGRI або аналог	1	700	1	1	0	2	42.0	56.0	98.0
Разом	—	7670	52	13	0	24	722.2	832.4	1554.6

За даними таблиці 1.4 трудомісткість планових технічних обслуговувань самохідних машин становить 722.2 люд.-год, трудомісткість поточного ремонту – 832.4 люд.-год. Загальна трудомісткість робіт для тракторів, комбайнів, самохідного обприскувача та навантажувача дорівнює 1554.6 люд.-год. Найбільша частка припадає на зернозбиральні комбайни й трактори середнього класу, оскільки вони працюють у найбільш напружені періоди року і мають значну кількість вузлів, що потребують регулювання, змащування, очищення та дефектації.

1.5. Розрахунок трудомісткості робіт для причіпних машин, автомобілів і допоміжних операцій

Окрім самохідної техніки, значний обсяг робіт майстерні пов'язаний з причіпними і навісними машинами. Для них напрацювання зручно враховувати не в мотогодинах, а через укрупнену трудомісткість сезонного обслуговування та поточного ремонту одиниці машини. Вона включає миття, очищення, дефектацію робочих органів, заміну швидкозношуваних деталей, підтягування

різьбових з'єднань, перевірку підшипників, карданних передач, гідроциліндрів, гальмових і електричних систем.

Таблиця 1.5 – Трудомісткість ТО і поточного ремонту причіпних та навісних машин

Група машин	К-сть	Трудомісткість на 1 машину, люд.-год	Усього, люд.-год	Склад робіт
Плуги оборотні, глибокорозпушувачі, культиватори, дискові борони	5	60	300.0	Огляд рами, заміна лап і дисків, регулювання робочих органів
Сівалки зернові та просапні	3	70	210.0	Дефектація сошників, дозаторів, приводів, калібрування висіву
Розкидачі добрив та причіпне обладнання захисту	3	35	105.0	Контроль дозаторів, карданних передач, промивання, консервація
Жниварки, візки для жнивара, подрібнювачі решток	4	35	140.0	Заміна ножів, сегментів, підшипників, перевірка приводів
Причепи, бункер-перевантажувач, транспортні засоби поля	6	28	168.0	Перевірка ходової частини, гальм, електрики, зчіпних пристроїв
Кормозаготівельний і допоміжний інвентар	4	30	120.0	Поточний ремонт, змащування, підготовка до зберігання
Разом по причіпних і навісних машинах	—	—	1043.0	—

Для автомобільного транспорту трудомісткість визначаємо за річним пробігом і питомою трудомісткістю на 1000 км пробігу. Зерновози працюють переважно під час жнив і вивезення продукції, сервісний автомобіль та пікапи забезпечують підвезення ремонтників, інструменту, мастильних матеріалів і запасних частин до місця роботи техніки.

Таблиця 1.6 – Розрахунок трудомісткості ТО і ремонту автомобільного транспорту

Вид транспорту	К-сть	Пробіг 1 машини, км/рік	Норма, люд.-год/1000 км	Трудомісткість, люд.-год
Вантажні автомобілі-зерновози	3	35000	6.0	630.0
Сервісний автомобіль та пікапи	2	25000	3.5	175.0
Разом по автомобільному транспорту	—	—	—	805.0

До складу робіт майстерні також включаємо діагностування, підготовку машин до тривалого зберігання, консервацію, слюсарно-механічні, зварювальні, електротехнічні, акумуляторні та допоміжні операції. Ці роботи не завжди прив'язуються до конкретного ТО, але фактично виконуються ремонтним персоналом і впливають на розміри майстерні, потребу в обладнанні та чисельність працівників. Для проектного розрахунку приймаємо: діагностичні роботи – 6 % від основної трудомісткості; підготовка до зберігання і розконсервація – 8 %; слюсарно-механічні, зварювальні та відновлювальні роботи – 12 %.

Таблиця 1.7 – Загальна річна трудомісткість ремонтно-обслуговуючих робіт майстерні

Вид робіт	Трудомісткість, люд.-год	Частка, %
ТО і поточний ремонт тракторів, комбайнів, самохідних машин	1554.6	36.3
ТО і ремонт причіпних та навісних машин	1043.0	24.3
ТО і ремонт автомобільного транспорту	805.0	18.8
Діагностування машин, вузлів і агрегатів	204.2	4.8
Підготовка до зберігання, консервація, розконсервація	272.2	6.3
Слюсарно-механічні, зварювальні, електротехнічні роботи	408.3	9.5
Усього по машинно-ремонтній майстерні	4287.3	100,0

Отже, розрахункова річна трудомісткість ремонтно-обслуговуючих робіт машинно-ремонтної майстерні становить 4287.3 люд.-год. Цей показник є базовим для визначення чисельності ремонтних працівників, кількості постів, складу обладнання та виробничої площі.

1.6. Визначення чисельності ремонтних працівників і кількості постів

Річний фонд часу одного ремонтного працівника визначаємо з урахуванням календарного фонду часу, вихідних днів, святкових днів, основної відпустки та коефіцієнта використання робочого часу. Для проектного розрахунку приймаємо одностійний режим роботи майстерні, тривалість зміни 8 год, коефіцієнт використання робочого часу 0,92.

$$F_p = (365 - 104 - 11 - 24) \cdot 8 \cdot 0,92 = 1663.4 \text{ год/рік.}$$

Спискову чисельність ремонтних робітників визначаємо за формулою:

$$R = T_{\text{заг}} / F_p = 4287.3 / 1663.4 = 2.58 \approx 3 \text{ особи.}$$

Отже, для виконання розрахованого річного обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт у центральній майстерні потрібно прийняти 3 ремонтників. Доцільний склад бригади: майстер-налагоджувальник або завідувач майстерні, два слюсарі з ремонту сільськогосподарських машин, слюсар-діагност, електрик-гідравлік та зварювальник-слюсар суміжної кваліфікації. У пікові періоди, перед посівною і жнивими, до підготовчих робіт залучають механізаторів відповідних машин.

Кількість ремонтних постів визначаємо за трудомісткістю робіт, що безпосередньо виконуються на постах ТО і ремонту. Для проектного розрахунку приймаємо, що на постові роботи припадає 65 % загальної трудомісткості, а решта виконується у спеціалізованих дільницях, на складі, у зоні діагностики, на відкритому майданчику або безпосередньо біля машин.

$$T_{\text{пост}} = 0,65 \cdot T_{\text{заг}} = 0,65 \cdot 4287.3 = 2786.7 \text{ люд.-год.}$$

$$F_{\text{поста}} = 250 \cdot 8 \cdot 0,85 = 1700 \text{ год/рік.}$$

$$П = T_{\text{пост}} / F_{\text{поста}} = 2786.7 / 1700 = 1.64 \approx 2 \text{ пости.}$$

За результатами розрахунку майстерня повинна мати не менше 2 універсальних постів ТО і поточного ремонту. З урахуванням сезонної нерівномірності робіт, необхідності одночасної підготовки тракторів, причіпних машин та агрегатів двигунів проектно приймаємо 3 універсальні пости. Один пост доцільно обладнати оглядовою канавою або підйомно-оглядовим обладнанням для тракторів і автомобілів, другий – для регулювання та ремонту причіпних агрегатів, третій – як універсальний пост агрегатного ремонту і підготовки машин до сезону. Дільницю обкатки двигунів слід розмістити поряд із моторною та слюсарно-механічною дільницями, щоб скоротити переміщення агрегатів і забезпечити безпечне відведення відпрацьованих газів.

1.7. Перевірка відповідності площі майстерні розрахованому обсягу робіт

Загальна площа майстерні за завданням становить 720 м². Виробнича частина при прийнятому коефіцієнті 0,72 дорівнює 518.4 м², що достатньо для розміщення трьох постів ТО і ремонту та спеціалізованих дільниць. Орієнтовний розподіл площ наведено у табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Орієнтовний розподіл площі машинно-ремонтної майстерні

Зона або дільниця	Площа, м ²
Пост ТО і ремонту тракторів та автомобілів з оглядовою канавою	96
Пост ремонту сільськогосподарських машин і агрегатів	84
Універсальний пост підготовки машин до сезону	84
Моторна дільниця та зона пристрою для обкатки двигунів	72
Слюсарно-механічна дільниця	54
Зварювальна і ковальсько-рихтувальна зона	36
Електротехнічна, акумуляторна, гідравлічна дільниці	42
Шиномонтажна та мийно-дефектувальна зона	50
Склад запасних частин, інструментальна, мастильна комора	130
Побутові, адміністративні та проходи	72
Разом	720

Розподіл площі підтверджує, що габарити 18×40 м забезпечують розміщення основних виробничих зон. Ширина 18 м дозволяє організувати двостороннє розміщення постів або комбіновану схему з центральним проїздом. Довжина 40 м забезпечує послідовність технологічного потоку: приймання і мийка машини, діагностування, постановка на пост, розбирання або регулювання, ремонт вузлів у спеціалізованих дільницях, складання, контроль і видача машини в експлуатацію. Для дільниці обкатки двигунів обов'язково передбачаються вентиляція, газовідведення, шумозахист, надійне кріплення двигуна на стенді, система контролю температури, тиску оливи, частоти обертання і навантаження.

Висновки по розділу

У першому розділі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні проектного сільськогосподарського підприємства площею 2750 га, розташованого у зоні Полісся Житомирської області. Для забезпечення сучасної технології виробництва підібрано парк техніки, до якого входять енергонасичені трактори класу 310–380 к.с., універсальні трактори 160–240 к.с., два продуктивні зернозбиральні комбайни, самохідний обприскувач, телескопічний навантажувач, комплект ґрунтообробних, посівних, транспортних і допоміжних машин.

Розраховано, що сумарне річне напрацювання основних самохідних машин становить 7670 мотогод. Кількість планових технічних обслуговувань становить: ТО-1 – 52, ТО-2 – 13, сезонних обслуговувань – 24. Загальна трудомісткість робіт для самохідних машин дорівнює 1554.6 люд.-год, для причіпних і навісних машин – 1043.0 люд.-год, для автомобільного транспорту – 805.0 люд.-год. З урахуванням діагностування, підготовки до зберігання, слюсарно-механічних, зварювальних та допоміжних операцій річна трудомісткість робіт машинно-ремонтної майстерні становить 4287.3 люд.-год.

За розрахунковим фондом часу одного ремонтного працівника 1663.4 год/рік необхідна чисельність ремонтної бригади становить 3 осіб. Розрахунково потрібно не менше 2 постів ТО і ремонту, проектно прийнято 3 універсальні пости. Площа майстерні 720 м² є достатньою для розміщення трьох постів, моторної дільниці, зони обкатки двигунів, слюсарно-механічної, зварювальної, електротехнічної, шиномонтажної та складської зон. Отримані параметри можуть бути використані як основа для подальшої розробки пристрою для обкатки двигунів і компонування виробничих дільниць майстерні.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБКАТКИ ДВИГУНІВ ТА ЙОГО ВПЛИВУ НА НАДІЙНІСТЬ

2.1. Сутність і призначення обкатки двигунів після ремонту

Обкатка двигуна є завершальною операцією технологічного процесу ремонту і першим етапом практичної перевірки якості складання. Для машинно-тракторного парку сільськогосподарського підприємства вона має особливе значення, оскільки трактори, комбайни, автомобілі та самохідні машини працюють у стислі агротехнічні строки. Відмова двигуна після ремонту призводить не лише до повторних витрат, а й до простою агрегату під час виконання польових робіт. Тому двигун після капітального або складного поточного ремонту доцільно перевіряти на спеціальній пристрої до встановлення на машину [5-7].

Мета обкатки полягає у поступовому припрацюванні нових, відновлених або заміненних деталей у контрольованих умовах. Після ремонту змінюються зазори у спраженнях, мікрогеометрія поверхонь тертя, положення поршневих кілець, умови роботи підшипників, клапанного механізму і паливної апаратури. Якщо перші години роботи проходять під надмірним навантаженням, можливі місцеві перегріву, задири, підвищене зношування та втрата герметичності циліндро-поршневої групи. Якщо навантаження занадто мале, процес припрацювання затягується і двигун може мати підвищену витрату оливи.

У процесі обкатки контролюють тиск оливи, температуру охолоджувальної рідини, частоту обертання колінчастого вала, димність, рівномірність роботи циліндрів, наявність витоків, сторонні шуми і вібрації. За результатами перевірки роблять висновок про готовність двигуна до експлуатації або необхідність додаткового регулювання. Таким чином, обкатка виконує дві функції: технологічну, пов'язану з припрацюванням деталей, і діагностичну, спрямовану на виявлення прихованих дефектів ремонту [12].

2.2. Види обкатки двигунів та їх особливості

У ремонтному виробництві застосовують кілька видів обкатки, які відрізняються способом створення навантаження, місцем проведення та обсягом контролю. Найбільш поширеним є поділ на холодну, гарячу без навантаження, гарячу під навантаженням, експлуатаційну та контрольну обкатку. Вибір конкретного виду залежить від обсягу ремонту, технічного стану двигуна і можливостей майстерні.

Таблиця 2.1 – Види обкатки двигунів та їх особливості.

Вид обкатки	Сутність	Призначення	Особливості
Холодна	Прокручування без подачі пального від зовнішнього привода.	Перевірка легкості обертання, появи тиску оливи і правильності складання.	Дає змогу виявити заклинювання, надмірний опір, сторонні шуми.
Гаряча без навантаження	Робота запущеного двигуна на малих і середніх обертах.	Перевірка систем мащення, охолодження, живлення і запуску.	Не забезпечує повного припрацювання під робочим навантаженням.
Гаряча під навантаженням	Робота на стенді з поступовим збільшенням навантаження.	Оцінка потужності, теплового режиму, герметичності й економічності.	Найбільш повно імітує експлуатаційні умови.
Експлуатаційна	Робота у складі машини з обмеженим навантаженням.	Завершення припрацювання в реальних умовах.	Потребує суворого дотримання обмежень за навантаженням.
Контрольна	Коротка перевірка після усунення окремих дефектів.	Підтвердження справності вузла або системи.	Застосовується після регулювання паливної апаратури, усунення витоків.

Холодна обкатка є початковою і доцільна після повного розбирання двигуна. Вона виконується без згоряння пального, тому теплове навантаження на деталі мінімальне. На цьому етапі перевіряють роботу кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів, справність системи мащення та відсутність різких стуків. Якщо виявлено підвищений опір обертанню або нестабільний тиск оливи, двигун зупиняють і дефект усувають до першого запуску.

Гаряча обкатка без навантаження потрібна для перевірки запуску і роботи систем двигуна. Проте вона не може повністю замінити обкатку під навантаженням, оскільки за малих навантажень тиск газів у циліндрах недостатній для повного припрацювання поршневих кілець. Найбільш

інформативною є гаряча обкатка під навантаженням, під час якої можна оцінити тепловий режим, потужність, стабільність частоти обертання, витрату пального та якість виконаного ремонту.

2.3. Загальна технологічна схема проведення обкатки

Технологічний процес обкатки має виконуватися у визначеній послідовності. Він включає підготовку двигуна, встановлення на пристрій, підключення систем, холодне прокручування, запуск, гарячу обкатку без навантаження, роботу під навантаженням, заключний контроль і оформлення результатів. Недотримання цієї послідовності може призвести до пошкодження двигуна або отримання недостовірних результатів.

Перед початком робіт перевіряють комплектність двигуна, затягування різьбових з'єднань, рівень оливи та охолоджувальної рідини, справність паливопроводів, фільтрів, ремінних передач і системи пуску. Двигун повинен бути надійно закріплений на рамі пристрою, оскільки під час роботи виникають вібрації та динамічні навантаження. Після підключення пального, охолодження, відведення відпрацьованих газів і приладів контролю виконують прокручування для заповнення масляних каналів.

Навантажувальна частина обкатки повинна бути ступінчастою. Спочатку двигун працює на малому навантаженні, потім навантаження підвищують до середнього і близького до номінального. Тривалість етапів визначають залежно від типу двигуна та виду ремонту. Для майстерні господарства доцільно застосовувати універсальну схему з можливістю коригування режимів і обов'язковою фіксацією параметрів у журналі обкатки.

Таблиця 2.2 – Схема проведення обкатки

Етап	Орієнтовний режим	Контроль	Мета	Нормальний стан
Підготовка	Огляд, заправлення, підключення систем	Рівень оливи, герметичність, кріплення	Запобігання аварійним режимам	Відсутність витоків
Холодне прокручування	Без подачі пального	Тиск оливи, шум, легкість обертання	Перевірка складання	Стабільна поява тиску
Гаряча без навантаження	Малі та середні оберти	Температура, тиск, димність	Перевірка систем	Рівна робота без стуків
Під навантаженням	Поступове збільшення навантаження	Температура, витрата пального, потужність	Припрацювання і контроль якості	Стабільні параметри
Заключний контроль	Коротка робота на робочих режимах	Шум, витoki, температура	Приймання після ремонту	Параметри в нормі

2.4. Особливості стендової обкатки у майстерні МТП

Стендова обкатка є найбільш доцільною для машинно-ремонтної майстерні, оскільки дає змогу перевірити двигун до встановлення на трактор, комбайн або автомобіль. Це зменшує кількість повторних демонтажів, скорочує простої техніки і підвищує відповідальність за якість ремонту. На відміну від обкатки у складі машини, стендовий спосіб забезпечує зручний доступ до двигуна, вимірювальних приладів і регульовальних елементів.

Основними елементами пристрою для обкатки є рама, вузол кріплення двигуна, муфта з'єднання, навантажувальний пристрій, система живлення паливом, охолодження, відведення відпрацьованих газів, комплект контрольно-вимірювальних приладів і органи керування. Для дизельних двигунів сільськогосподарської техніки особливо важливі надійне відведення теплоти, контроль тиску оливи, можливість плавного регулювання навантаження і захист від аварійних режимів.

Навантаження може створюватися електричним генератором, гідравлічним або вихрострумовим гальмом. Для господарської майстерні головними вимогами є простота конструкції, ремонтпридатність, безпечність і доступність комплектуючих. Якщо пристрій призначений не для повного випробування потужності, а для післяремонтної обкатки, конструкція може

бути простішою, але контроль тиску, температури, обертів і навантаження має бути обов'язковим [13].

2.5. Сучасні тенденції в обкатці та випробуванні двигунів

Сучасні тенденції у сфері обкатки пов'язані з переходом від простого механічного прокручування до автоматизованого стендового контролю. Сучасні системи дають змогу реєструвати параметри, керувати режимами, аналізувати відхилення, зберігати результати та формувати протоколи випробувань. Це особливо важливо для дизельних двигунів з електронним керуванням паливоподачею, турбонаддувом і складними системами контролю роботи [7].

Важливим напрямом є використання електронних датчиків і цифрової реєстрації даних. Під час обкатки доцільно контролювати не лише тиск оливи та температуру, а й витрату пального, навантаження, частоту обертання, вібрацію, температуру відпрацьованих газів і параметри електронного блока керування. Для сучасних двигунів корисним є застосування діагностичних інтерфейсів, що дозволяють зчитувати коди несправностей і фактичні параметри роботи.

Другою тенденцією є автоматизація навантажувальних режимів. Оператор задає програму, а система підтримує потрібні оберти або момент, контролює допустимі межі температури й тиску, подає попередження та за потреби зупиняє двигун. У проектній майстерні доцільно передбачити щонайменше часткову автоматизацію: електронний тахометр, датчики тиску і температури, аварійне вимкнення та можливість запису результатів.

Третьою тенденцією є використання результатів обкатки для діагностики і прогнозування стану двигуна. Якщо параметри зберігати, їх можна порівнювати з попередніми ремонтами або типовими значеннями для певної моделі. Підвищена температура за однакового навантаження, нестабільна частота обертання, підвищена витрата пального чи зниження тиску оливи можуть свідчити про приховані дефекти ремонту.

2.6. Переваги обкатки та її вплив на надійність двигуна

Переваги правильно організованої обкатки проявляються у технічній та економічній площині. Вона зменшує ризик передчасної відмови двигуна після ремонту, оскільки більшість дефектів складання або регулювання проявляється саме в перші години роботи. Якщо дефект виявлено на стенді, його можна усунути без демонтажу двигуна з машини і без втрати часу в період сезонних робіт [9].

До технічних переваг належать краща герметизація циліндро-поршневої групи, стабілізація роботи підшипників, перевірка систем мащення та охолодження, виявлення несправностей паливної апаратури і контроль якості ущільнень. Після правильної обкатки двигун легше запускається, рівномірніше працює, має стабільніший тиск оливи і меншу ймовірність перегріву під час першого виробничого навантаження.

Надійність двигуна значною мірою залежить від умов перших годин роботи. Найбільш чутливими до неправильних режимів є циліндро-поршнева група, вкладиші підшипників, розподільний вал, клапанний механізм, паливний насос і турбокомпресор. У циліндро-поршневій групі обкатка сприяє правильному прилягання поршневих кілець до дзеркала циліндрів. Надмірне навантаження може спричинити задири, а тривала робота без навантаження – неповне ущільнення кілець.

Для підшипників ковзання важливо забезпечити стабільну масляну плівку. Недостатній тиск оливи, забруднення мастильного матеріалу або різке збільшення навантаження можуть порушити режим мащення і спричинити підвищене зношування. Тому під час обкатки необхідно постійно контролювати тиск оливи, температуру, чистоту фільтрів і відсутність сторонніх шумів. Правильно проведена обкатка підвищує ресурс двигуна, зменшує інтенсивність початкового зношування і підтверджує якість ремонту.

Висновки по розділу

Обкатка двигуна після ремонту є необхідною завершальною операцією ремонтного процесу. Вона забезпечує припрацювання поверхонь тертя, перевірку роботи основних систем, виявлення прихованих дефектів і підготовку двигуна до подальшої експлуатації у складі сільськогосподарської машини.

Найбільш ефективною для умов машинно-ремонтної майстерні є стендова обкатка з можливістю поступового створення навантаження та контролю основних параметрів. Такий спосіб скорочує кількість повторних ремонтів, підвищує якість технічного сервісу і сприяє зростанню технічної готовності машинно-тракторного парку.

Сучасний пристрій для обкатки повинен поєднувати простоту конструкції, безпечність, надійне кріплення двигуна, регульоване навантаження, контроль тиску оливи, температури, частоти обертання і можливість фіксації результатів. Отже, розробка такого пристрою є технічно обґрунтованим напрямом удосконалення ремонтно-обслуговуючої бази проектного підприємства.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Огляд конструкцій

Стенд для обкатки двигунів КС-276-03 – базова комплектація, 30 кВт, універсальний, використовується для експлуатуючих організацій, які мають різномарковий рухомий склад автомашин, що самостійно виконують поточний або капітальний ремонт [14].

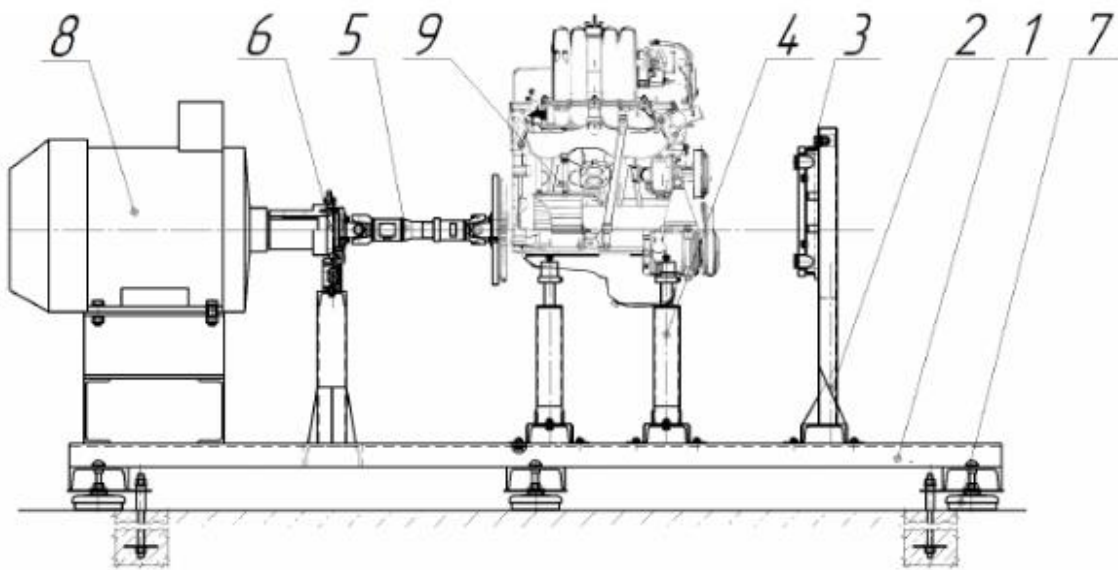


Рис. 3.1. Стенд для обкатки КС-276: 1 – рама стану; 2 – кронштейн радіатора; 3 – радіатор; 4 – гвинтова опора; 5 – карданний вал стану; 6 – датчик крутного моменту; 7 – віброізолюючі опори, 8 – приводний електродвигун, 9 – випробуваний двигун внутрішнього згорання.

Стенд для обкатки КС-276 дозволяє виконувати припрацювання та випробування ДВС різних марок вантажних і легкових автомобілів, автобусів, тракторів у трьох режимах: у холодному режимі; у гарячому без навантаження; у гарячому режимі під навантаженням.

Переваги обкатувального стану КС276: 1. Обкатувальний стан є універсальним; 2. Мала енергоємність; 3. Автоматизований процес обкатки; 4. Безфундаментна установка на віброізолюючі опори; 5. Простота монтажу та

обслуговування; 6. Інтерфейс /зв'язок з ПК/: візуальний контроль за процесом обкатки з віддаленого робочого місця, роздруківка протоколу даних обкатки, збір та зберігання результатів.

Контрольовані параметри обкатувального стенду КС-276-03: 1. Тиск у системі змащення; 2. Температура охолоджувальної рідини; 3. Частота обертання колінчастого вала; 4. Навантажувальний момент; 5. Розвивана потужність; 6. Витрата палива.

Стенд дозволяє обкатувати двигуни інших марок, включаючи тракторні та іномарки. Додаткова комплектація для таких двигунів виготовляється на замовлення. Стенди обкатки КС оснащувалися додатковою комплектацією для обкатки тракторних двигунів: Д-65Н, Д-144, Д-160, Д-240, Д-243, Д-245, Д-260, А-01, А-041, СМД-17, СМД-18, СМД-62, двигунів навантажувачів: ISUZU, KOMATSU та двигунів будівельної техніки: KOMATSU S6D-155, CATERPILLAR 3066, CATERPILLAR 3408 [12].

Стенди КИ-5540 (рис. 3.2) призначені для холодного та гарячого (з навантаженням і без) обкатування автотракторних двигунів з частотою обертання колінчастого вала до 3000 об/хв - без КП та швидкохідних (понад 3000 об/хв) двигунів – з КП на передачі, що забезпечує частоту обертання вала електромашини під час гарячої обкатки не більше 3000 об/хв.

Обкатувальні універсальні стенди серії КРОН-КС-276 (рис. 3.3) призначені для обкатки різномаркових ДВС, що експлуатуються в організаціях АТП, НГДУ, БЦТО, РММ тощо, які мають різномарковий рухомий склад, самостійно виконують капітальний ремонт і ТО двигунів автомобілів.

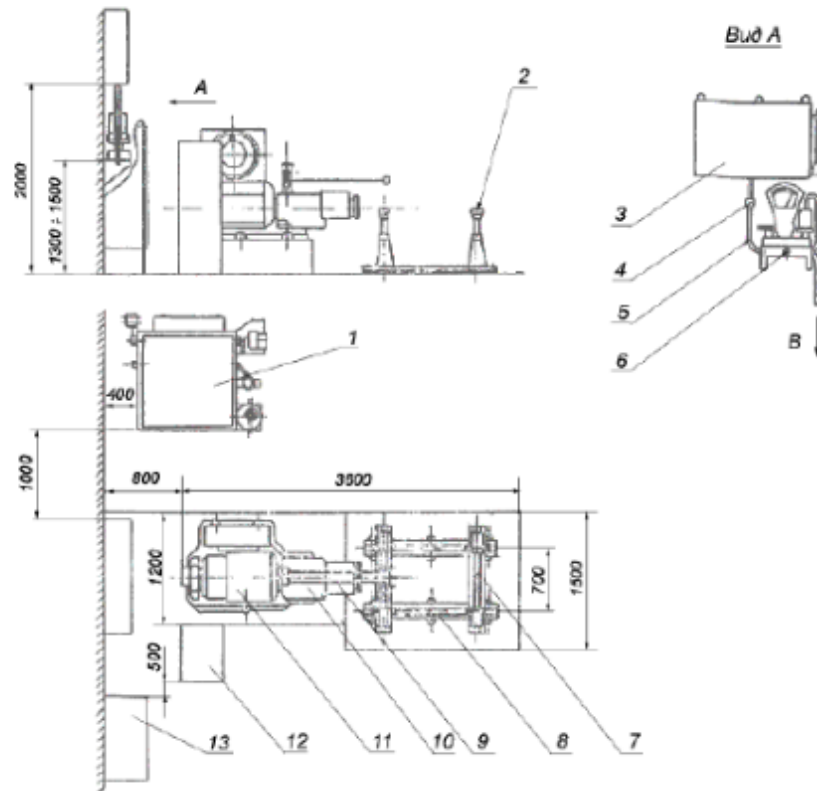


Рис. 3.2. Стенд КИ-5540: 1 – реостат; 2 – стійка; 3 – бак для палива; 4 – муфтовий кран; 5 – трубопровід; 6 – пристрій для визначення витрати палива; 7 – поперечна плита; 8 – поздовжня плита; 9 – тяга; 10 – огорожа; 11 – електромашина з динамометром; 12 - приладова стійка; 13 – електрошкафа

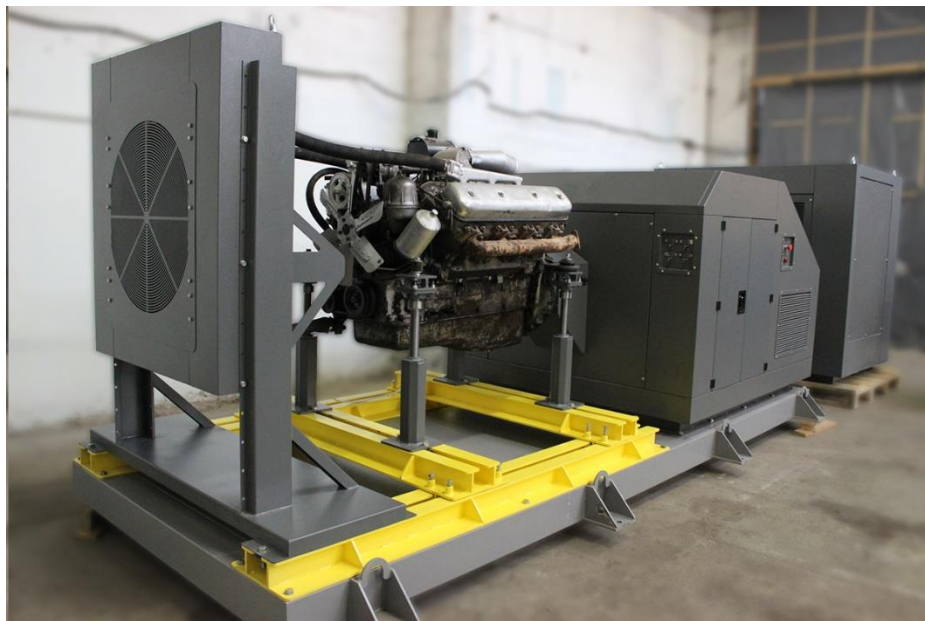


Рис. 3.3. Стенд серії КРОН-КС-276

Основні складальні одиниці стенду КРОН-КС-276: пульт управління (ПУ); рама станції навантажувально-приводної; електродвигун приводний;

захисний кожух приводу; механізм управління подачею палива; опора гвинтова; електропневматичний блок; автономна система охолодження; універсальні жаростійкі рукави для відведення вихлопних газів; персональний комп'ютер (ПК) користувача стенду; інтерфейс для зв'язку ПУ з ПК.

Стенд для обкатки двигунів (ДВС) виконує якісну обкатку та випробування двигунів вантажних і легкових автомобілів у 3-х режимах обкатки: холодний; гарячий без навантаження; гарячий під навантаженням.

Стенди обкатки універсальні серії КОПС КС276 (рис. 3.4) забезпечують обкатку різномаркових дизельних і бензинових, карбюраторних та інжекторних, двигунів внутрішнього згоряння вантажних, малотоннажних та легкових автомобілів, будівельної та спеціальної техніки, автобусів, тракторів, спеціальних машин та іншої техніки.



Рис. 3.4. Стенд обкатки універсальний серії КОПС КС276

Стенди обкатки універсальні серії КОПС КС276 призначені для:

- експлуатуючих організацій, що мають різномарковий рухомий склад, самостійно виконують різні види ремонту та мають технологічну потребу в післяремонтній обкатці та випробуванні ДВС;
- авторемонтних заводів;
- заводів-виробників;
- сервісних центрів;

- закладів вищої та середньої спеціальної освіти.

Серійно виготовлені моделі стендів серії КОПС КС276 мають можливості, які найбільш повно відповідають завданням якісної післяремонтної обкатки та випробування різномаркових ДВС.

Система автоматизованого управління (САУ) стендів серії КОПС КС276 – це програмно-апаратний комплекс на мікроконтролерах, що забезпечує:

- автоматизоване управління режимами обкатки та випробування;
- виключення «людського фактора» під час проведення обкатки та випробування;
- вимірювання та контроль параметрів обкатки та випробування ДВС;
- виведення отриманих даних на цифрові індикатори пульта управління та на монітор персонального комп'ютера;
- збереження даних у пам'яті персонального комп'ютера та роздруківку протоколів обкатки та випробування ДВС;
- автоматичне аварійне відключення стенду у разі відхилення від норми параметрів обкатки та випробування та при виникненні аварійних ситуацій під час роботи стенду.

Стенди обкатки універсальні серії КОПС КС276 можуть бути додатково укомплектовані блоками сполучення, що дозволяють проводити гарячу обкатку ДВС Євро-3 та Євро-4 з електронними системами управління.

Унікальний запатентований ТОВ «КОПС» принцип динамічного навантаження та інноваційні технічні рішення забезпечують організаціям, що експлуатують стенди серії КОПС КС276, такі переваги:

- універсальність;
- енергозбереження;
- скорочення виробничих площ;
- оптимізація персоналу;
- максимальна автоматизація;
- простота монтажу та обслуговування, зручність користування;
- надійність та безпека;

- гарантії та сервіс виробника – ТОВ «КОПС»;
- обладнання, що виготовляється серійно. Термін відвантаження – протягом 10 днів.

Виготовлені за індивідуальними замовленнями стенди вирішують специфічні завдання в області обкатки та випробування ДВС, такі як:

- обкатка ДВС потужністю до 1000 кВт;
- вимірювання та контроль заданих Замовником параметрів;
- індивідуальні вимоги до формування звітних протоколів обкатки ДВС;
- індивідуальні вимоги до параметрів навантаження ДВС.

3.2 Обґрунтування модернізації, будова та робочий процес

Модернізація стосується двигунобудування, зокрема стендів для випробувань та обкатки, переважно двигунів внутрішнього згоряння. Винахід дозволяє підвищити надійність та зменшити металоємність. Стенд для випробувань та обкатки переважно двигунів внутрішнього згоряння містить випробувану машину та приводний двигун, з'єднаний з випробуваною машиною гідропередачею, що включає регульований насос, кінематично пов'язаний з приводним двигуном, бак і оборотну гідромашину, пов'язану кінематично з випробуваною машиною, а також гідролінію приводу з регульованим насосом і гідролінію відведення з бака через регульований клапан. Між гідролініями встановлені запобіжні клапани та золотник з переливним клапаном. Оборотна гідромашина виконана ступінчасто регульованою. Гідролінія відведення з'єднана з гідролінією приводу через зворотний клапан і з баком через вентиль; вихід переливного клапана з'єднаний з порожниною корпусу оборотної гідромашини, яка додатковою гідролінією з'єднана з баком.

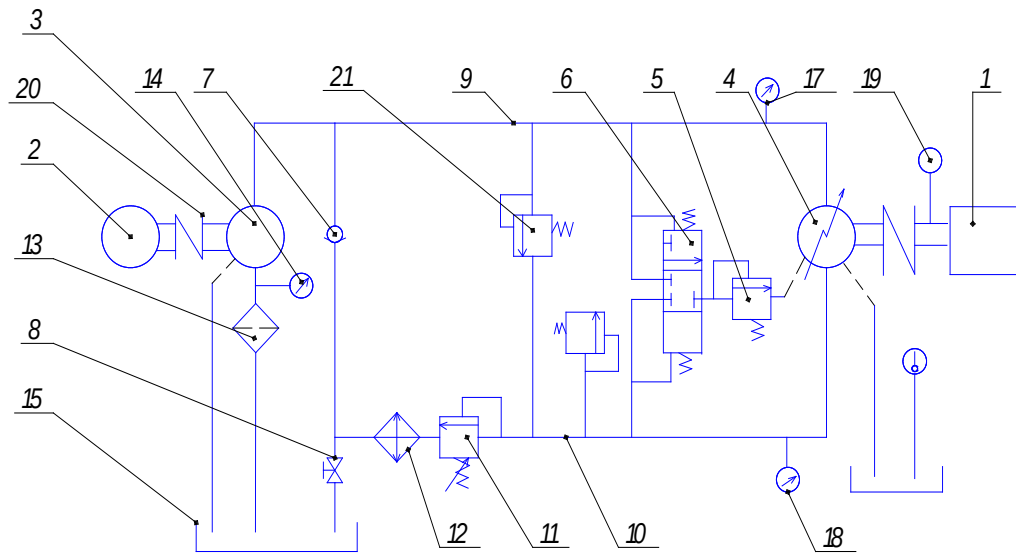


Рис. 3.5. Стенд для випробувань та обкатки: 1 – двигун; 2 – електромашинна; 3 – насос; 4 – гідромашинна; 5 – клапан; 6 – золотник; 7 – клапан; 8 – вентиль; 9, 10 – гідролінія; 11 – регульований клапан; 12 – теплообмінник; 13 – фільтр; 14 – вакуум; 15 – бак; 16 – датчик температури; 17, 18 – датчик тиску; 19 – датчик частоти обертання; 20 – муфта; 21, 22 – клапан максимального тиску.

1. Запуск стенду, підготовка до роботи в одному з режимів.

Після запуску електромашини 2 через муфту 20 приводиться в дію регульована машинна 4 і кінематично пов'язаний з нею насос 3 підживлення. При цьому робоча рідина з бака 15 через фільтр 13 подається насосом 3 у серворегулятор і через зворотні клапани 7, у лінії 9, 10 зв'язку, в яких виникає однаковий тиск, обмежений налаштуванням клапана 21 максимального тиску. Рідина по лінії 9 поширюється тільки до регульованого клапана 11, який нормально закритий з боку насоса 3.

Золотник 6 знаходиться в нейтральному стані, а додатковий клапан 5 максимального тиску не з'єднаний з жодною лінією 9, 10. Зворотна гідромашинна 4 знаходиться під нульовим перепадом тиску і залишається нерухомою. Надлишки робочої рідини через клапан 21 йдуть на злив.

2. Режим прокрутки.

За допомогою серворегулятора регульована гідромашинна 4 виводиться з нейтрального стану так, що починає подавати робочу рідину в лінію 10. При

цьому зворотний клапан закривається і насос 3 подає рідину тільки в лінію 9, тобто на всмоктування регульованої гідромашини 4.

Золотник 6 під дією тиску, що виник у лінії 10, зміщується з нейтрального положення так, що з'єднує лінію 9 через клапан 5 зі зливом. Оскільки клапан 5 налаштований на тиск, менший, ніж клапан 21, то насос 3 підживлення буде постійно подавати на вхід регульованої гідромашини 4 свіжу рідину з бака 15 під тиском, обмеженим клапаном 21. Рідина, що подається регульованою гідромашиною 4 у лінію 10, подолавши опір двигуна 1, з'єднаного з гідромуфтою 4, починає обертати останню зі швидкістю, пропорційною подачі регульованої гідромашини. Тиск у лінії 10 при цьому залежить від моменту опору обертання двигуна 1 і обмежується запобіжним клапаном 22 режиму прокрутки, нормально відкритим з боку лінії 10.

3. Режим гальмування (навантаження)

У швидкісному режимі, характерному для запуску двигуна 1 і обраному під час прокрутки, починають подавати паливо та запускати двигун. У момент, коли потужність, що розвивається двигуном 1, перевищує потужність власних втрат, відбувається перехід у режим гальмування. У момент переходу під час витискання тиску в лініях 9, 10 гідропередача працює так само, як і в період після запуску, за винятком того, що рідина циркулює між машинами 4 по лініях 9, 10 зв'язку. Після того, як оберти двигуна 1 відповідно перевищують подачу гідромашини 4, що перейшла в режим насоса, остання перейде в режим мотора. При цьому зворотний клапан 7 закривається, і насос 3 підживлення з'єднується через клапан з лінією 10. золотник 6 під дією тиску, що виник у лінії 9 і викликаний тим, що гідромашина починає обертати електромашину 2, яка перейшла в режим генератора, долаючи її опір, зміщуючись так, що з'єднує лінію 10 через клапан 5 зі зливом. При цьому клапан 21, нормально відкритий з боку лінії 9, обмежуватиме максимальний тиск у ній, а отже, і момент на валу двигуна 1.

Навантаження в лінії 9 створюється клапаном 11, нормально відкритим з боку подачі гідромашини 4.

3.3 Конструкторські розрахунки

3.3.1 Розрахунок шліцьового з'єднання, муфти проміжного вала

Підбираємо діаметр муфти D_d проміжного фланця виходячи з діаметра вала гідромотора 210.32, $D_v=55$ мм, $d_v=55$ мм, $Z=10$ мм.

Виходячи з номінального діаметра, за таблицею визначаємо модуль

$D=50$ мм, приймаємо модуль за першим розрядом $t=4,5$ мм

Визначаємо діаметр подільної окружності.

Діаметр подільної окружності.

$$d=mz; \quad (3.1)$$

де m – модуль зуба мм

z – кількість зубців.

$$d=4,5 \cdot 10 = 45 \text{ мм}$$

Визначаємо кут профілю зуба.

Кут профілю зуба α

$$\alpha = 30^\circ$$

Визначаємо подільний окружний крок зубців.

$$P = \pi \cdot m \quad (3.2)$$

де m – модуль зуба

$$P = 3,14 \cdot 4,5 = 14,13 \text{ мм}$$

Визначаємо діаметр основного кола

$$d_b = mz \cos \alpha \quad (3.3)$$

Де: α – кут профілю зуба

$$d_b = 4,5 \cdot 10 \cdot \cos 30^\circ = 38,9 \text{ мм}$$

Визначаємо висоту зуба вала.

$$h = h_a + h_{f \min} \quad (3.4)$$

де: h_a – висота головки зуба вала при центруванні по зовнішньому діаметру.

$h_{f \min}$ – висота ніжки зуба вала.

$$h = 2.025 \cdot 2.475 = 4,5 \text{ мм}$$

Визначаємо висоту головки зуба вала при центруванні по зовнішньому діаметру.

$$h_a = 0.45m . \quad (3.5)$$

$$h_a = 0.45 \cdot 4,5 = 2.025 \text{ мм}$$

Визначаємо висоту головки втулки.

$$H_a = 0.55m \quad (3.6)$$

$$H_a = 0.55 \cdot 4,5 = 2.475 \text{ мм}$$

Визначаємо висоту зубця втулки.

Визначаємо висоту зуба втулки

$$H = H_a + H_f \quad (3.7)$$

Висота ніжки зуба вала при плоскій формі дна западини.

Мінімальна висота ніжки зуба вала при плоскій формі дна западини

$$h_{f \min} = 0.55m \quad (3.8)$$

$$h_{f \min} = 0.55 \cdot 4.5 = 2.475 \text{ мм}$$

Максимальна висота ніжки зуба вала при плоскій формі дна западини

$$h_{f \max} = 0.65m \quad (3.9)$$

$$h_{f \max} = 0.65 \cdot 4.5 = 2.925 \text{ мм}$$

Визначаємо висоту ніжки зуба втулки при плоскій формі дна западин

Мінімальна висота ніжки зуба втулки при плоскій формі дна западини

$$H_{f \min} = 0.55 \cdot m \quad (3.10)$$

$$H_{f \min} = 0.55 \cdot 4.5 = 2.475 \text{ мм}$$

Максимальна висота ніжки зуба втулки при плоскій формі дна западин

$$H_{f \max} = 0.65m \quad (3.11)$$

$$H_{f \max} = 0.65 \cdot 4.5 = 2.925 \text{ мм}$$

Визначаємо радіус кривизни перехідної кривої зуба.

$$P_{f \min} = 0.15m \quad (4.12)$$

$$P_{f \min} = 0.15 \cdot 4.5 = 0.675$$

Визначаємо номінальну ділильну окружну товщину зуба вала.

$$S = 0.5\pi m + 2xmtg\alpha \quad (3.13)$$

де X_m – зміщення вихідного контуру.

Зсув вихідного контуру визначається за формулою.

$$X_m = 0.5 \cdot (D - mz - 1.1m) \quad (3.14)$$

$$xm = 0.5(55 - 4.5 \cdot 10 - 1.1 \cdot 4.5) = 2.525 \text{ мм}$$

Визначаємо номінальний (початковий) діаметр з'єднання.

$$D = mz + 2xm + 1.1m \quad (3.15)$$

$$D = 4.5 \cdot 10 + 2 \cdot 2.525 + 1.1 \cdot 4.5 = 55 \text{ мм}$$

Визначаємо діаметр кола западин втулки при плоскій формі дна западини.

$$D_f = D \quad (3.16)$$

$$D_f = 55 \text{ мм}$$

Діаметр кола вершин зубців втулки.

$$D_a = D - 2m \quad (3.17)$$

$$D_a = 55 - 2 \cdot 4.5 = 46 \text{ мм}$$

Діаметр кола западин вала, при плоскій формі дна западини.

$$d_{f \max} = D - 2m \quad (3.18)$$

Де: D – номінальний (початковий) діаметр з'єднання.

$$d_{f \max} = 55 - 2 \cdot 4.5 = 45.1 \text{ мм}$$

Діаметр кола вершин зубців вала, при центруванні по бічних поверхнях зубців.

Визначаємо діаметр кола вершин зубців вала

$$d_a = D - 0.2m \quad (3.19)$$

$$d_a = 55 - 0.2 \cdot 4.5 = 54.1 \text{ мм}$$

Діаметр кола граничних точок зуба втулки.

Визначаємо діаметр кола граничних точок зуба втулки.

$$D_{l \min} = d_a + F_r \quad (3.20)$$

$$D_{l\min} = 54.1 + 1.1 = 55.2 \text{ мм}$$

Діаметр кола граничних точок зуба вала.

Визначаємо діаметр кола граничних точок зубця вала.

$$d_{l\min} = d_a - F_R \quad (3.21)$$

$$d_{l\min} = 54.1 - 1.1 = 53 \text{ мм}$$

Фаска або радіус затуплення поздовжньої кромки зуба втулки.

Визначаємо фаску поздовжньої кромки зуба втулки

$$k = 0.15m \quad (3.22)$$

$$k = 0.15 \cdot 4.5 = 0.675 \text{ мм}$$

Радіальний зазор

$$c_{\min} = 0.1m \quad (3.23)$$

$$c_{\min} = 0.1 \cdot 4.5 = 0.675 \text{ мм}$$

3.3.2 Розрахунок шліцьового з'єднання між вилкою ковзного карданного вала та проміжного вала.

Вихідні параметри проміжного вала.

$$D = 66 \text{ мм}$$

$$z = 10.$$

m – беремо за таблицею, $m = 5,4 \text{ мм}$.

Діаметр подільного кола.

$$d = mz \quad (3.24)$$

де m – модуль зуба

z – кількість зубців

$$d = 5,4 \cdot 10 = 54 \text{ мм}$$

Кут профілю зуба.

$$\alpha = 30^\circ$$

Крок зубців по колу.

$$P = \pi m \quad (3.25)$$

$$P = 3,14 \cdot 5,4 = 16,9 \text{ мм}$$

Діаметр основного кола.

$$d_b = mz \cos \alpha \quad (3.26)$$

$$d_b = 5.4 \cdot 10 \cos 30 = 46.7 \text{ мм}$$

Висота зуба вала.

$$h = h_a + h_{f \min} \quad (3.27)$$

$$h = 2.43 + 2.97 = 7.2 \text{ мм}$$

Висота зубця втулки.

$$H = H_a + H_f \quad (3.28)$$

$$H = 2.97 + 2.97 = 5.94 \text{ мм}$$

Висота головки зуба вала, при центруванні по бічних поверхнях зубців.

$$h_a = 0.45m \quad (3.29)$$

$$h_a = 0.45 \cdot 5.4 = 2.43 \text{ мм}$$

Висота головки зуба втулки.

$$H_a = 0.55m \quad (3.30)$$

$$H_a = 0.5 \cdot 5.4 = 2.97 \text{ мм}$$

Висота ніжки зубця вала при плоскій формі дна западини.

Мінімальна висота ніжки зубця вала при плоскій формі дна западини

$$h_{f \min} = 0.55m \quad (3.31)$$

$$h_{f \min} = 0.55 \cdot 0.54 = 2.97 \text{ мм}$$

Максимальна висота ніжки зубця вала при плоскій формі дна западини

$$h_{f \max} = 0.65m \quad (3.32)$$

$$h_{f \max} = 0.65 \cdot 5.4 = 3.51 \text{ мм}$$

Висота ніжки зуба втулки при плоскій формі дна западин

Мінімальна висота ніжки зуба втулки при плоскій формі дна западин

$$H_{f \min} = 0.55m \quad (3.33)$$

$$H_{f \min} = 0.55 \cdot 5.4 = 2.97 \text{ мм}$$

Максимальна висота ніжки зуба втулки, при плоскій формі дна западин

$$H_{f \max} = 0.65m \quad (3.34)$$

$$H_{f \max} = 0.65 \cdot 5.4 = 3.51 \text{ мм}$$

Радіус кривизни перехідної кривої зуба.

Мінімальний радіус кривизни перехідної кривої зуба.

$$P_{f \min} = 0.15m \quad (3.35)$$

$$P_{f \min} = 0.15 \cdot 5.4 = 0.81 \text{ мм}$$

Номінальне ділильне коло товщини зуба.

$$S = 0.5\pi m + 2xmtg\alpha \quad (3.36)$$

$$S = 0.5 \cdot 3.14 \cdot 5.4 + 2 \cdot 3.03tg30^0 = 11.96 \text{ мм}$$

Номінальна ділильна окружна ширина западини втулки.

$$e = 0.5\pi m + 2xmtg\alpha \quad (3.37)$$

$$e = 0.5 \cdot 3.14 \cdot 5.4 + 2 \cdot 3.03tg30^0 = 11.96 \text{ мм}$$

Номінальний (початковий) діаметр з'єднання.

$$D = mz + 2xm + 1.1m \quad (3.38)$$

$$D = 5.4 \cdot 10 + 2 \cdot 3.03 + 1.1 \cdot 5.4 = 66 \text{ мм}$$

Діаметр кола поглиблення втулки, при плоскій формі дна поглиблення.

$$D_f = D \quad (3.39)$$

$$D_f = 66 \text{ мм}$$

Діаметр кола вершин зубців втулки.

$$D_a = D - 2m \quad (3.40)$$

$$D_a = 66 - 2 \cdot 5.4 = 55.2 \text{ мм}$$

Зсув вихідного контуру.

$$xm = 0.5(D - mz - 1.1m) \quad (3.41)$$

$$xm = 0.5(66 - 5.4 \cdot 10 - 1.1 \cdot 5.4) = 3.03 \text{ мм}$$

Діаметр кола западини вала, при плоскій формі дна западини.

$$d_{f \max} = D - 2.2m \quad (3.42)$$

$$d_{f \max} = 66 - 2.2 \cdot 5.4 = 54.12 \text{ мм}$$

Діаметр кола вершин зубців вала, при centruванні по бічних поверхнях зубців.

$$d_a = D - 0.2m \quad (3.43)$$

$$d_a = 66 - 0.2 \cdot 5.4 = 58.92 \text{ мм}$$

Діаметр кола граничних точок зуба втулки.

$$D_{l\min} = d_a + F_R \quad (3.44)$$

де F_R – допуск на радіальне биття зуба.

$$F_R = 0.24$$

$$D_{l\min} = 58.92 + 7.5 = 66.42 \text{ мм}$$

Діаметр кола граничних точок зуба вала.

$$d_{l\max} = d_a - F_R \quad (3.45)$$

$$d_{l\max} = 58.92 - 7.5 = 51.42 \text{ мм}$$

Фаска або радіус затуплення поздовжньої кромки зуба втулки.

$$K = 0.15m \quad (3.46)$$

$$K = 0.15 \cdot 5.4 = 0.81 \text{ мм}$$

Радіальний зазор

$$C_{\min} = 0.1m \quad (3.47)$$

$$C_{\min} = 0.1 \cdot 5.4 = 0.54 \text{ мм}$$

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальна характеристика умов праці

Охорона праці в машинно-ремонтній майстерні є обов'язковою умовою якісного виконання технічного сервісу машинно-тракторного парку. У даній роботі майстерня має розміри 18×40 м, тобто площу 720 м², і призначена для технічного обслуговування, поточного ремонту, складання та обкатки двигунів внутрішнього згоряння. Особливістю проекту є наявність пристрою для обкатки двигунів, робота якого супроводжується шумом, вібрацією, нагріванням окремих деталей, виділенням відпрацьованих газів та використанням паливно-мастильних матеріалів.

Під час організації робіт необхідно враховувати вимоги законодавства України про охорону праці, правила безпечного виконання технічного обслуговування і ремонту машин сільськогосподарського виробництва, санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень, вимоги до освітлення робочих місць, електробезпеки та пожежної безпеки. Практичне значення цих вимог полягає в тому, що вони дають змогу знизити ймовірність травмування працівників, запобігти отруєнню вихлопними газами, уникнути пожеж і забезпечити стабільну роботу обкатувального пристрою.

4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

У ремонтній майстерні джерелами небезпеки є двигуни, що ремонтуються, підіймально-транспортні засоби, верстати, електроінструмент, стенд обкатки, паливо, мастила, мийні рідини та стиснене повітря.

Найбільший ризик виникає у зоні обкатки, де двигун працює на різних режимах, а працівник одночасно контролює тиск оливи, температуру, частоту обертання, герметичність паливної системи і відсутність сторонніх шумів.

Таблиця 4.1 – Небезпечні фактори та заходи захисту

Фактор	Можливий наслідок	Заходи захисту
Обертові частини двигуна і стенда	Механічне травмування, захоплення одягу	Огородження, кожухи, блокування пуску, застібнутий спецодяг
Вихлопні гази і пари ПММ	Отруєння, подразнення органів дихання	Місцевий газовідвід, загальнообмінна вентиляція, герметична тара
Шум, вібрація, нагріті поверхні	Перевтома, опіки, зниження точності роботи	Антивібраційні опори, глушник, рукавиці, захист слуху
Електрообладнання та електроінструмент	Ураження електричним струмом, пожежа	Заземлення, автомати захисту, справна ізоляція, огляд кабелів
Паливо, олива, промаслене ганчір'я	Пожежа, ковзання, забруднення робочого місця	Металева тара, прибирання проливів, вогнегасники, ящик для ганчір'я

Відпрацьовані гази є одним із найнебезпечніших факторів, оскільки під час тривалої гарячої обкатки вони можуть швидко накопичуватися у приміщенні. Тому випускний патрубок двигуна має приєднуватися до окремого газовідвідного рукава, а загальнообмінна вентиляція повинна забезпечувати оновлення повітря в усьому об'ємі майстерні. Для зниження шуму стенд доцільно встановлювати на жорсткій основі з антивібраційними елементами, а працівників забезпечувати протишумовими навушниками у разі тривалої роботи біля працюючого двигуна.

4.3. Вимоги безпеки під час ремонту та обкатки двигунів

Організація робочих місць повинна забезпечувати вільні проходи, безпечне переміщення двигунів і агрегатів, достатнє освітлення та можливість швидкого вимкнення обладнання. У майстерні слід виділити зону розбирання і складання двигунів, пост контролю деталей, зону зберігання вузлів, місце для паливно-мастильних матеріалів, а також окрему ділянку обкатки. Проходи до виходів, електрощитів, вентиляційного обладнання і засобів пожежогасіння не допускається захащувати деталями або тарою.

Перед запуском двигуна на стенді перевіряють його кріплення, герметичність паливної, масляної та охолоджувальної систем, справність приладів контролю, наявність охолоджувальної рідини й оливи, роботу місцевої

втяжки та аварійної кнопки зупинки. Забороняється запускати двигун за відсутності захисних кожухів, при пошкодженому газовідвідному рукаві, есправному електрообладнанні або витоку палива. Під час роботи двигуна не допускається підтягувати кріплення, торкатися обертових частин, залишати стенд без нагляду та проводити зварювальні роботи поблизу паливної апаратури.

До роботи на стенді допускають працівників, які пройшли інструктаж і мають навички ремонту двигунів. У разі появи стороннього стуку, різкого підвищення температури, падіння тиску оливи, димлення електрообладнання або витоку палива двигун негайно зупиняють, подачу палива перекривають, а повторний пуск дозволяється лише після усунення несправності.

4.4. Розрахунок вентиляції майстерні

Вентиляція ремонтної майстерні повинна видаляти надлишкове тепло, пари паливно-мастильних матеріалів і вихлопні гази. Вихідні дані: довжина приміщення $L = 40$ м, ширина $B = 18$ м, площа $S = 720$ м². Висоту виробничого приміщення приймаємо $H = 6$ м. Об'єм майстерні:

$$V = L \cdot B \cdot H = 40 \cdot 18 \cdot 6 = 4320 \text{ м}^3. \quad (4.1)$$

Для ремонтної майстерні з джерелами забруднення повітря приймаємо кратність повітрообміну $n = 3$ год⁻¹. Необхідна продуктивність загальнообмінної вентиляції:

$$L_{\text{заг}} = V \cdot n = 4320 \cdot 3 = 12960 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (4.2)$$

Для відведення відпрацьованих газів від стенда приймаємо газовідвідний рукав діаметром $d = 0,20$ м. Площа його перерізу становить:

$$F = \pi \cdot d^2 / 4 = 3,14 \cdot 0,20^2 / 4 = 0,0314 \text{ м}^2. \quad (4.3)$$

За швидкості руху газоповітряної суміші $v = 18$ м/с продуктивність місцевого відсмоктування дорівнює:

$$L_{\text{місц}} = 3600 \cdot F \cdot v = 3600 \cdot 0,0314 \cdot 18 = 2035 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (4.4)$$

З урахуванням 10 % запасу приймаємо $L_{\text{місц.пр}} = 2250$ м³/год. Тоді загальна розрахункова продуктивність вентиляції:

$$L_{\text{розр}} = 12960 + 2250 = 15210 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (4.5)$$

Отже, для майстерні необхідно передбачити припливно-витяжну вентиляцію продуктивністю не менше 15,2 тис. м³/год. Практично можна встановити дві вентиляційні установки продуктивністю по 8000 м³/год із місцевим газовідводом від стенда обкатки. Місцева витяжка повинна вмикатися до запуску двигуна і працювати до повного видалення відпрацьованих газів із рукава.

Таблиця 4.2 – Підсумок розрахунку вентиляції

Показник	Значення	Одиниця
Площа майстерні	720	м ²
Об'єм майстерні	4320	м ³
Загальнообмінна вентиляція	12960	м ³ /год
Місьцеве відсмоктування	2250	м ³ /год
Загальна продуктивність	15210	м ³ /год

4.5. Розрахунок штучного освітлення

Якісне освітлення необхідне для точного складання двигуна, контролю зазорів, регулювання паливної апаратури та безпечного користування інструментом. Для слюсарно-ремонтних робіт приймаємо нормовану освітленість $E = 300$ лк. Розрахунок виконуємо методом коефіцієнта використання світлового потоку. Вихідні дані: $S = 720$ м², коефіцієнт запасу $K_z = 1,5$, коефіцієнт нерівномірності $z = 1,1$, коефіцієнт використання $\eta = 0,55$. Приймаємо світлодіодний промисловий світильник зі світловим потоком $\Phi = 21000$ лм.

Кількість світильників визначається за формулою:

$$N = E \cdot S \cdot K_z \cdot z / (\Phi \cdot \eta). \quad (4.6)$$

$$N = 300 \cdot 720 \cdot 1,5 \cdot 1,1 / (21000 \cdot 0,55) = 30,86.$$

Приймаємо 32 світильники, які доцільно розмістити у 4 ряди по 8 світильників. Перевіримо фактичну освітленість:

$$E_{\Phi} = N \cdot \Phi \cdot \eta / (S \cdot K_z \cdot z) = 32 \cdot 21000 \cdot 0,55 / (720 \cdot 1,5 \cdot 1,1) = 311 \text{ лк}. \quad (4.7)$$

Фактична освітленість перевищує прийняте нормоване значення, тому система освітлення відповідає умовам роботи майстерні. У зоні стенда обкатки слід додатково передбачити місцеве освітлення контрольно-вимірювальних приладів і аварійне освітлення біля виходів та електрощита.

Таблиця 4.3 – Підсумок розрахунку освітлення

Показник	Значення	Одиниця
Нормована освітленість	300	лк
Світловий потік світильника	21000	лм
Розрахункова кількість	30,86	шт.
Прийнята кількість	32	шт.
Фактична освітленість	311	лк

4.6. Електробезпека, пожежна безпека та виробнича санітарія

Електробезпека забезпечується захисним заземленням корпусів обладнання, справністю ізоляції кабелів, застосуванням автоматичних вимикачів і пристроїв захисного вимкнення, а також заборонаю використання несправного електроінструменту. Пульт керування обкатувальним пристроєм повинен мати кнопку аварійної зупинки, чітке маркування органів керування та індикацію основних режимів. Переносні кабелі не можна прокладати в місцях руху візків і переміщення агрегатів без захисних коробів.

Пожежна безпека майстерні пов'язана з правильним зберіганням палива, оливи, мастил і промасленого ганчір'я. Паливно-мастильні матеріали необхідно зберігати у закритій металевій тарі, розливи негайно прибирати, а використане ганчір'я складати у металевий ящик із кришкою. Для майстерні площею 720 м² доцільно передбачити не менше чотирьох порошкових вогнегасників ВП-9, один вуглекислотний вогнегасник біля електрощита, пожежний щит, ящик із піском і протипожежне полотно.

Виробнича санітарія передбачає регулярне прибирання робочих місць, видалення пилу, металевої стружки, залишків прокладок і розлитих технічних рідин. Відпрацьовані оливи та охолоджувальні рідини збирають у герметичні

ємності й передають на утилізацію або регенерацію. Працівники забезпечуються спецодягом, захисним взуттям, рукавицями, окулярами, а під час тривалої обкатки двигуна – засобами захисту органів слуху.

Висновки по розділу

У розділі визначено основні небезпечні та шкідливі фактори, які виникають під час ремонту й обкатки двигунів у машинно-ремонтній майстерні. Запропоновано заходи безпеки для захисту працівників від механічного травмування, вихлопних газів, шуму, вібрації, електричного струму та пожежної небезпеки. Розрахунком вентиляції встановлено, що необхідна продуктивність системи повітрообміну становить 15210 м³/год. Розрахунком освітлення визначено потребу у 32 світлодіодних світильниках, що забезпечують фактичну освітленість 311 лк. Виконання запропонованих заходів створює безпечні умови праці, підвищує якість ремонтних операцій і забезпечує надійну експлуатацію пристрою для обкатки двигунів.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

5.1. Мета і вихідні дані для економічного обґрунтування

Метою техніко-економічного обґрунтування є визначення доцільності організації технічного сервісу машинно-тракторного парку із використанням власної машинно-ремонтної майстерні та розробленого пристрою для обкатки двигунів. Вихідними даними є площа господарства 2750 га, площа майстерні 720 м² і річна трудомісткість робіт 4287,3 люд.-год.

Економічна ефективність проектного рішення оцінюється за зменшенням витрат на обкатку двигунів, скороченням повторних ремонтів, зниженням простоїв техніки у напружені періоди польових робіт та підвищенням якості ремонтного процесу.

Розрахунок виконано для ремонтної програми, за якою протягом року через моторну дільницю проходить 12 двигунів тракторів, комбайнів, автомобілів і допоміжних енергетичних засобів. До програми включено капітальні та середні ремонти, заміну основних деталей і контрольні пускові випробування.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку

Показник	Значення	Одиниця
Площа земель підприємства	2750	га
Площа машинно-ремонтної майстерні	720	м ²
Річна трудомісткість робіт майстерні	4287,3	люд.-год
Кількість двигунів, що проходять обкатку	12	шт./рік
Тарифна ставка кваліфікованого ремонтника	120	грн/год
Коефіцієнт нарахувань і виробничих витрат	1,22 · 1,40	-
Розрахункова вартість однієї людино-години	205	грн/люд.-год
Прийнята ціна дизельного пального	88	грн/л

Вартість однієї людино-години визначаємо з урахуванням оплати праці, єдиного соціального внеску та накладних виробничих витрат:

$$C_{л-г} = C_T \cdot K_{есв} \cdot K_n = 120 \cdot 1,22 \cdot 1,40 = 204,96 \approx 205 \text{ грн/люд.-год,} \quad (5.1)$$

де C_T – тарифна ставка ремонтника; $K_{есв}$ – коефіцієнт нарахування єдиного соціального внеску; K_n – коефіцієнт накладних витрат, що враховує

витрати на інструмент, енергію, утримання робочого місця, амортизацію дрібного оснащення та адміністративне забезпечення робіт.

$$C_{\text{праці}} = T_{\text{річ}} \cdot C_{\text{л-г}} = 4287,3 \cdot 205 = 878896,5 \text{ грн.} \quad (5.2)$$

5.2. Розрахунок капітальних вкладень у пристрій для обкатки двигунів

Проектне рішення передбачає виготовлення та встановлення у моторній дільниці пристрою для обкатки двигунів. Пристрій забезпечує кріплення двигуна, з'єднання з навантажувальним вузлом, підключення систем живлення, мащення, охолодження, відведення відпрацьованих газів і контроль основних параметрів роботи. Для господарської майстерні доцільною є конструкція середнього класу складності, яка поєднує прийнятну вартість, безпеку і можливість обкатки під навантаженням.

Таблиця 5.2 – Орієнтовні капітальні вкладення у пристрій для обкатки двигунів

Стаття витрат	Сума, грн
Рама, опори, напрямні, регульовані кронштейни	72000
Навантажувальний вузол, муфти, привідні елементи	145000
Пульт керування, датчики, тахометр, прилади контролю	98000
Паливна, масляна та охолоджувальна системи	55000
Газовідвід, гнучкі рукави, з'єднання з вентиляцією	38000
Захисні кожухи, аварійне вимкнення, антивібраційні опори	32000
Монтаж, електропідключення, фарбування, випробування	54000
Проектування, технологічна документація, налагодження	38000
Разом прямих витрат	532000
Резерв на непередбачені витрати, 10 %	53200
Усього капітальних вкладень	585200

Загальні капітальні вкладення у пристрій для обкатки двигунів становлять:

$$K = 532000 + 53200 = 585200 \text{ грн.}$$

У подальших розрахунках приймаємо $K = 585,2$ тис. грн. Вартість є орієнтовною і може уточнюватися після розроблення робочих креслень, вибору конкретного навантажувального вузла, складу датчиків та способу автоматизації керування режимами обкатки.

5.3. Розрахунок поточних експлуатаційних витрат

Поточні витрати під час використання пристрою складаються з оплати праці ремонтників, вартості пального, електроенергії, мастильних і допоміжних матеріалів, а також витрат на технічне обслуговування самого пристрою. Для одного двигуна приймаємо середню тривалість підготовки, встановлення, обкатки, контролю параметрів і зняття зі стенда 10 люд.-год. У такому разі річна трудомісткість робіт, пов'язаних безпосередньо з обкаткою, становить:

$$T_{\text{обк}} = N_{\text{дв}} \cdot t_{\text{обк}} = 12 \cdot 10 = 120 \text{ люд.-год.} \quad (5.3)$$

$$C_{\text{п}} = T_{\text{обк}} \cdot C_{\text{л-г}} = 120 \cdot 205 = 24600 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

Витрати пального приймаємо з розрахунку 8 л на один двигун, оскільки стендова обкатка проводиться у контрольованому режимі та не потребує тривалої роботи машини у полі. Витрати електроенергії приймаємо 30 кВт·год на один цикл обкатки за тарифом 8 грн/кВт·год. Для мастильних матеріалів, охолоджувальної рідини, фільтрувальних елементів і дрібних витрат приймаємо 650 грн на один двигун. Витрати на обслуговування пристрою приймаємо у розмірі 3 % від капітальних вкладень.

Таблиця 5.3 – Річні експлуатаційні витрати на використання пристрою

Стаття витрат	Розрахунок	Сума, грн
Оплата праці під час обкатки	120 люд.-год · 205 грн	24600
Дизельне пальне	12 · 8 л · 88 грн/л	8448
Електроенергія	12 · 30 кВт·год · 8 грн/кВт·год	2880
Мастильні, охолоджувальні та допоміжні матеріали	12 · 650 грн	7800
Поточне обслуговування пристрою	0,03 · 585200	17556
Інші виробничі витрати, 10 %	0,10 · 61284	6128
Разом поточних витрат	-	67412

Річні експлуатаційні витрати на виконання обкатки двигунів у власній майстерні становлять:

$$C_{\text{пр}} = 67412 \text{ грн/рік.}$$

Собівартість одного циклу обкатки без урахування амортизації дорівнює:

$$C_1 = C_{\text{пр}} / N_{\text{дв}} = 67412 / 12 = 5618 \text{ грн/двигун.} \quad (5.5)$$

Для бухгалтерської оцінки можна також врахувати амортизаційні відрахування. Якщо прийняти строк корисного використання пристрою 10 років, то річна амортизація становить:

$$A = K / 10 = 585200 / 10 = 58520 \text{ грн/рік.} \quad (5.6)$$

$$C_{1a} = (C_{\text{пр}} + A) / N_{\text{дв}} = (67412 + 58520) / 12 = 10494 \text{ грн/двигун.} \quad (5.7)$$

5.4. Визначення економії від впровадження проектного рішення

Базовим варіантом для порівняння приймаємо ситуацію, коли господарство не має власного пристрою для обкатки двигунів. У цьому випадку двигун після складного ремонту або направляється на сторонню обкатку, або перевіряється безпосередньо на машині у менш контрольованих умовах. Такий підхід збільшує трудові витрати, потребує додаткового транспортування, підвищує ризик повторного розбирання у разі прихованих дефектів і створює ймовірність простою техніки у сезон.

Для базового варіанта приймаємо вартість сторонньої обкатки 9000 грн за двигун і транспортування 2500 грн за двигун. Додатковий контроль після встановлення двигуна на машину займає 18 люд.-год на один двигун. Також враховуємо витрати від повторних робіт і простоїв, які виникають через виявлення дефектів уже після монтажу двигуна на техніку.

Таблиця 5.4 – Річні витрати базового варіанта без власного пристрою

Стаття витрат	Розрахунок	Сума, грн
Стороння обкатка і транспортування	$12 \cdot (9000 + 2500)$	138000
Додаткові трудові витрати під час польового контролю	$12 \cdot 18 \cdot 205$	44280
Пальне для менш контрольованої польової обкатки	$12 \cdot 15 \text{ л} \cdot 88$	15840
Повторне усунення прихованих дефектів	$3 \cdot 12 \cdot 205 + 3 \cdot 9000$	34380
Умовні втрати від простою техніки	$20 \cdot 3000$	60000
Разом витрат базового варіанта	-	292500

Річна економія визначається як різниця між витратами базового варіанта та поточними витратами проектного варіанта:

$$E_p = C_6 - C_{\text{пр}} = 292500 - 67412 = 225088 \text{ грн/рік,} \quad (5.8)$$

де C_6 – витрати базового варіанта без власного пристрою; $C_{\text{пр}}$ – поточні витрати проектного варіанта. Отримане значення показує очікувану річну економію коштів і зменшення втрат від ненадійної роботи двигунів після ремонту.

Окремо визначимо економію трудових витрат. У базовому варіанті на контроль і обкатку одного двигуна витрачається 18 люд.-год, у проектному – 10 люд.-год. Додатково враховуємо скорочення повторних ремонтних робіт:

$$\Delta T = 12 \cdot (18 - 10) + (3 \cdot 12 - 1 \cdot 8) = 96 + 28 = 124 \text{ люд.-год.}$$

$$E_T = \Delta T \cdot C_{\text{л-г}} = 124 \cdot 205 = 25420 \text{ грн/рік.} \quad (5.9)$$

5.5. Розрахунок строку окупності та рівня економічної ефективності

Строк окупності капітальних вкладень визначається відношенням загальної суми інвестицій до річної економії:

$$T_{\text{ок}} = K / E_p = 585200 / 225088 = 2,60 \text{ року.} \quad (5.10)$$

Коефіцієнт економічної ефективності визначимо як обернену величину строку окупності:

$$E_k = E_p / K = 225088 / 585200 = 0,385. \quad (5.11)$$

Отже, кожна гривня капітальних вкладень у пристрій для обкатки двигунів забезпечує близько 0,385 грн річної економії. Такий результат можна вважати прийнятним для ремонтного обладнання машинно-тракторного парку, оскільки строк окупності не перевищує трьох років, а строк корисного використання пристрою орієнтовно становить не менше десяти років.

Таблиця 5.5 – Основні техніко-економічні показники проектного рішення

Показник	Значення
Капітальні вкладення	585200 грн
Річні поточні витрати проектного варіанта	67412 грн
Витрати базового варіанта	292500 грн
Річна економія	225088 грн
Економія трудових витрат	124 люд.-год
Собівартість однієї обкатки без амортизації	5618 грн
Собівартість однієї обкатки з амортизацією	10494 грн
Строк окупності	2,60 року
Коефіцієнт економічної ефективності	0,385

5.6. Техніко-економічні переваги впровадження пристрою

Впровадження пристрою для обкатки двигунів має комплексний ефект для машинно-ремонтної майстерні. Двигун перевіряється до встановлення на трактор, комбайн або автомобіль, тому витрати, нестабільний тиск оливи,

перегрівання, сторонні шуми, неправильне регулювання паливної апаратури та інші дефекти виявляються без повторного демонтажу з машини. Це зменшує залежність господарства від сторонніх сервісних підприємств і скорочує час повернення техніки в роботу.

Економічні показники підтверджують доцільність проектного рішення. Річна економія становить 225,1 тис. грн, строк окупності – 2,6 року, а собівартість власної обкатки без амортизації становить близько 5,6 тис. грн на один двигун. Додатково підвищується культура ремонту, створюється можливість вести журнал параметрів і накопичувати дані про технічний стан двигунів після ремонту.

Висновки по розділу

У розділі виконано техніко-економічне обґрунтування організації робіт у машинно-ремонтній майстерні та впровадження пристрою для обкатки двигунів. Вихідними даними прийнято площу майстерні 720 м², річну трудомісткість ремонтно-обслуговуючих робіт 4287,3 люд.-год і річну програму обкатки 12 двигунів. Розрахункова вартість однієї людино-години з урахуванням нарахувань і накладних витрат становить 205 грн.

Орієнтовні капітальні вкладення у розроблення, виготовлення і встановлення пристрою становлять 585,2 тис. грн. Річні експлуатаційні витрати на обкатку двигунів у власній майстерні становлять 67,4 тис. грн, а собівартість одного циклу обкатки без амортизації – 5,62 тис. грн. Порівняння з базовим варіантом показало, що річна економія може становити 225,1 тис. грн.

Строк окупності проектного рішення дорівнює 2,6 року, що є прийнятним для обладнання ремонтної майстерні. Крім прямого економічного ефекту, пристрій для обкатки двигунів забезпечує підвищення якості ремонту, скорочення повторних розбирань, зменшення простоїв техніки та підвищення надійності машинно-тракторного парку проектного сільськогосподарського підприємства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення ремонтно-обслуговуючої бази сільськогосподарського підприємства та підвищення якості технічного сервісу двигунів машинно-тракторного парку.

У першому розділі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні для господарства площею 2750 га, розташованого в зоні Полісся Житомирської області. Підібрано склад машинно-тракторного парку, визначено обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт, їх трудомісткість, потребу у виробничих робітниках та обґрунтовано використання майстерні розміром 18×40 м.

У другому розділі проаналізовано технологічний процес обкатки двигунів після ремонту. Встановлено, що обкатка є важливою завершальною операцією, яка забезпечує припрацювання деталей, перевірку роботи основних систем двигуна, виявлення прихованих дефектів складання, зменшення початкового спрацювання та підвищення ресурсу двигуна.

У конструкторській частині обґрунтовано доцільність розробки пристрою для обкатки двигунів в умовах машинно-ремонтної майстерні. Запропонований пристрій дає змогу перевіряти двигуни після ремонту без встановлення їх на трактор або іншу машину, що скорочує тривалість ремонтного циклу, зменшує простої техніки та підвищує якість контролю.

У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час ремонту й обкатки двигунів. Запропоновано заходи щодо безпечної організації робочого місця, вентиляції, освітлення, електробезпеки, пожежної безпеки та використання засобів індивідуального захисту.

У техніко-економічному розділі підтверджено доцільність впровадження пристрою для обкатки двигунів. Розрахунки показали, що його використання сприяє зменшенню простоїв техніки, підвищенню якості ремонту, скороченню витрат на повторне усунення дефектів та підвищенню ефективності роботи ремонтно-обслуговуючої бази.

Таким чином, запропоновані проектні рішення спрямовані на підвищення ефективності технічного сервісу машинно-тракторного парку, покращення якості ремонту двигунів і збільшення надійності сільськогосподарської техніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коновалюк О. В., Кіяшко В. М., Колісник М. В. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2013. 404 с.
2. Швець Л. В., Паладійчук Ю. Б., Труханська О. О. Технічний сервіс в АПК : навч. посіб. Вінниця : ВНАУ, 2019. 648 с.
3. Грушецький С. М., Бендера І. М., Козаченко О. В. та ін. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : навч. посіб. / за ред. С. М. Грушецького, І. М. Бендери. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я. І., 2014. 680 с.
4. Сукач М. К. Технічний сервіс машин : навч. посіб. Київ : Видавництво Ліра-К, 2017. 290 с.
5. Сорваніді Ю. Г., Журавель Д. П., Бондар А. М., Новік О. Ю. Технічний сервіс в АПК : навч.-метод. посіб. для самостійної роботи студентів. Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. 157 с.
6. Черновол М. І., Черкун В. Ю., Аулін В. В. та ін. Надійність сільськогосподарської техніки : підручник / за ред. М. І. Черновола. 2-ге вид., перероб. і допов. Кіровоград : КОД, 2010. 320 с.
7. Марченко Д. Д. Технічне обслуговування та діагностика машино-тракторного парку : методичні рекомендації. Миколаїв : МНАУ, 2021. 74 с.
8. Лімонт А. С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин : навч. посіб. Житомир : Державний агроєкологічний університет, 2008. 410 с.
9. Антоненко А. Ф. Комплексна система технічного обслуговування тракторів і автомобілів : підручник. Київ : Урожай, 2001. 304 с.
10. Експлуатація та обслуговування машин : методичні вказівки до практичних занять для здобувачів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Харків : ХНТУСГ, 2020. 86 с.
11. Надійність машин та обладнання : навч. посіб. Київ : НУБіП України, 2020. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/items/557b5673-dc71-47ee-b938-f6248e3a8ese> (дата звернення: 23.05.2026).

12. Технічний сервіс в АПК : навчально-методичний комплекс для студентів інженерних спеціальностей. Мелітополь : ТДАТУ, 2021. URL: <https://elar.tsatu.edu.ua/bitstreams/1386b73f-7adc-4ef3-b509-6ff411f1237e/download> (дата звернення: 23.05.2026).
13. John Deere. 8R 310 Tractor: Specifications. URL: <https://www.deere.com/en/tractors/row-crop-tractors/row-crop-8-family/8r-310-tractor/> (date of access: 23.05.2026).
14. CLAAS. LEXION 8000 / 7000 Combine Harvesters. URL: <https://www.claas.com/en-gb/agricultural-machinery/combine-harvesters/lexion-8000> (date of access: 23.05.2026).
15. HORSCH. Pronto DC seed drill: technical information. URL: <https://www.horsch.com/en/products/seeding-technology/universal-seeding/pronto-dc> (date of access: 23.05.2026).
16. AMAZONE. Catros compact disc harrow: technical data. URL: <https://amazone.net/en/products-digital-solutions/agricultural-technology/soil-tillage/compact-disc-harrows/catros-2/catros-03-2-179036> (date of access: 23.05.2026).
17. Cummins Inc. Operation and Maintenance Manual: Engine Break-In and Service Recommendations. URL: <https://www.cummins.com/> (date of access: 23.05.2026).
18. Mahle Aftermarket. Engine components: installation and running-in recommendations. URL: <https://www.mahle-aftermarket.com/> (date of access: 23.05.2026).
19. Bosch. Diesel engine management and diagnostic systems. URL: <https://www.bosch-mobility.com/> (date of access: 23.05.2026).
20. 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. Міністерство розвитку громад та територій України. Єдина державна електронна система у сфері будівництва: нормативна база. URL: <https://e-construction.gov.ua/> (дата звернення: 23.05.2026).

21. 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.

22. 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.

23. 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.

24. 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.