

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

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

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Гайбу Віталій Віталійович

УДК 631.3.004.67:621.43

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Організація технічного сервісу машинно-тракторного
парку з розробкою ділянки ремонту двигунів внутрішнього
згорання**

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 _____ Гайбу В.В.

Керівник роботи

Савченко В.М.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Гайбу Віталій Віталійович. Організація технічного сервісу машинно-тракторного парку з розробкою ділянки ремонту двигунів внутрішнього згорання. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства з розробкою ділянки ремонту двигунів внутрішнього згорання. Обґрунтовано склад машинно-тракторного парку для підприємства зони Полісся із земельним фондом 3000 га. Виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні, визначено трудомісткість робіт з технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки. Складено графік завантаження майстерні, що дозволяє раціонально розподілити ремонтно-обслуговувальні роботи протягом року. Розглянуто технологію та режими обкатки відремонтованих двигунів внутрішнього згорання, а також визначено основні вимоги до контролю їх технічного стану. Запропоновано використання універсального стенда для обкатки ДВЗ, що підвищує якість післяремонтної перевірки двигунів і скорочує витрати часу на підготовчі операції. Проведено техніко-економічне обґрунтування проектних рішень, яке підтверджує доцільність впровадження розробленої ділянки ремонту двигунів. Практичне значення роботи полягає у підвищенні ефективності технічного сервісу, зменшенні простоїв техніки та поліпшенні експлуатаційної надійності машинно-тракторного парку.

Ключові слова: машинно-тракторний парк; технічний сервіс; ремонтна майстерня; двигун внутрішнього згорання; обкатка двигуна; стенд для обкатки; техніко-економічне обґрунтування.

ANNOTATION

Vitaliy Vitaliyovych Gaybu. Organisation of technical maintenance for the machinery and tractor fleet, including the development of an internal combustion engine repair workshop. – 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 qualification thesis examines the organisation of technical servicing for an agricultural enterprise's machinery and tractor fleet, including the development of an internal combustion engine repair workshop. The composition of the machinery and tractor fleet for an enterprise in the Polissya region with a land area of 3,000 hectares is justified. Calculations have been carried out to determine the parameters of the machinery repair workshop, and the labour intensity of maintenance and repair work on agricultural machinery has been established. A workshop workload schedule has been drawn up, enabling the rational distribution of repair and maintenance work throughout the year. The technology and running-in regimes for repaired internal combustion engines have been examined, and the main requirements for monitoring their technical condition have been defined. The use of a universal test bench for running in internal combustion engines has been proposed, which improves the quality of post-repair engine testing and reduces the time spent on preparatory operations. A technical and economic justification of the design solutions has been carried out, confirming the feasibility of implementing the proposed engine repair section. The practical significance of this work lies in improving the efficiency of technical servicing, reducing equipment downtime and enhancing the operational reliability of the machinery and tractor fleet.

Keywords: machinery and tractor fleet; technical service; repair workshop; internal combustion engine; engine running-in; running-in test bench; technical and economic justification

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ.....	8
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ТА РЕЖИМИ ОБКАТКИ ВІДРЕМОНТОВАНИХ ДВЗ.....	24
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ДІЛЬНИЦІ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ТА СТЕНДА ДЛЯ ЇХ ПІСЛЯРЕМОНТНОЇ ОБКАТКИ.....	39
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ.....	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Ефективне функціонування аграрного виробництва значною мірою залежить від технічного стану машинно-тракторного парку, своєчасності виконання механізованих робіт та раціональної організації системи технічного сервісу. У сучасних умовах сільськогосподарські підприємства використовують значну кількість енергонасичених тракторів, комбайнів, автомобілів, ґрунтообробних, посівних, збиральних та транспортних машин, робота яких безпосередньо впливає на продуктивність виробництва, строки виконання технологічних операцій і собівартість сільськогосподарської продукції. Будь-які простой техніки в напружені періоди польових робіт призводять до втрат урожаю, перевитрати пального, збільшення витрат на ремонт і зниження економічної ефективності підприємства.

Особливо важливе місце у структурі машинно-тракторного парку займають двигуни внутрішнього згорання, які є основними силовими агрегатами тракторів, автомобілів, комбайнів та іншої мобільної техніки. Від їх технічного стану залежать потужність, паливна економічність, надійність, екологічні показники та загальний ресурс машин. У процесі експлуатації двигуни працюють у складних умовах: змінні навантаження, запиленість повітря, коливання температури, тривала робота на високих обертах, сезонна інтенсивність використання. Це зумовлює потребу в якісному технічному обслуговуванні, діагностуванні, поточному та капітальному ремонті ДВЗ.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення ефективності технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства шляхом удосконалення організації ремонтно-обслуговувальних робіт і створення спеціалізованої дільниці ремонту двигунів внутрішнього згорання. Наявність такої дільниці дає змогу скоротити тривалість простоїв техніки, зменшити витрати на сторонні ремонтні послуги, підвищити якість відновлення двигунів та забезпечити

контроль їх працездатності після ремонту. Важливим елементом післяремонтної перевірки є обкатка двигунів, яка дозволяє оцінити правильність складання, стабільність роботи систем мащення, охолодження, живлення, а також виявити можливі несправності до встановлення двигуна на машину.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства та розробка дільниці ремонту двигунів внутрішнього згорання з удосконаленням процесу їх післяремонтної обкатки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- підібрати склад машинно-тракторного парку для аграрного підприємства зони Полісся із земельним фондом 3000 га;
- виконати розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні;
- визначити трудомісткість робіт з технічного обслуговування та ремонту машинно-тракторного парку;
- скласти графік завантаження майстерні протягом року;
- розглянути технологію ремонту та режими обкатки відремонтованих двигунів внутрішнього згорання;
- обґрунтувати конструктивне рішення стенда для обкатки ДВЗ;
- виконати техніко-економічну оцінку запропонованих проектних рішень.

Об'єктом дослідження є система технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства.

Предметом дослідження є організаційно-технологічні параметри ремонтно-обслуговувального процесу та дільниці ремонту двигунів внутрішнього згорання.

У процесі виконання роботи використано методи аналізу виробничих умов експлуатації техніки, розрахунку трудомісткості технічного обслуговування і ремонту, планування завантаження ремонтної майстерні,

порівняння техніко-економічних показників, а також інженерні методи обґрунтування параметрів обладнання для ремонту й обкатки двигунів.

Перелік публікацій за темою роботи:

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

2. Савченко В.М., Гайбу В.В., Загородній Д.О., Хоменко С.М., Сторожинський І.І. Система технічного обслуговування і ремонту техніки в апк: підходи, проблеми та шляхи вдосконалення. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 104-105.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованих рішень для підвищення ефективності роботи ремонтної служби аграрного підприємства. Розробка ділянки ремонту ДВЗ дозволяє раціональніше організувати виконання ремонтних операцій, зменшити залежність підприємства від сторонніх сервісних організацій, підвищити якість відновлення двигунів і забезпечити більш надійну експлуатацію машинно-тракторного парку в періоди інтенсивних польових робіт.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку та списку використаних джерел з 23 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 61 сторінка комп'ютерного тексту, містить 19 рисунків, 29 таблиць та 1 додаток.

РОЗДІЛ 1

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ

Метою першого розділу є обґрунтування складу машинно-тракторного парку аграрного підприємства зони Полісся та визначення основних параметрів машинно-ремонтної майстерні, яка забезпечує технічне обслуговування, поточний ремонт і підготовку машин до польових робіт. Вихідною умовою прийнято земельний фонд 3000 га, що потребує комплексної механізації основних технологічних операцій, раціонального використання тракторів і комбайнів, а також наявності ремонтної бази для швидкого усунення відмов у періоди найбільшої польової напруги.

Для зони Полісся характерні підвищена вологість, значна частка дерново-підзолистих і супіщаних ґрунтів, відносно короткі агротехнічні строки весняних та збиральних робіт. Тому при комплектуванні машинно-тракторного парку важливо передбачати достатній резерв тягових засобів, застосування широкозахватних агрегатів, мінімізацію кількості проходів по полю і можливість оперативного ремонту двигунів внутрішнього згорання, ходової частини, гідравлічних систем та електрообладнання без тривалого простою техніки.

1.1 Вихідні умови та виробнича характеристика підприємства

Проектоване підприємство розміщується в умовах Полісся і спеціалізується на вирощуванні зернових, технічних, кормових культур і картоплі. Земельний фонд становить 3000 га. При формуванні структури посівних площ враховано потребу в рівномірному завантаженні техніки впродовж року, адаптованість культур до ґрунтово-кліматичних умов регіону та необхідність забезпечення економічної стійкості господарства.

Структуру посівів прийнято такою, щоб уникнути надмірної концентрації збиральних робіт в один короткий період. Озимі зернові й ріпак дають раннє завантаження комбайнів, кукурудза та соя переносять частину

збиральних робіт на осінь, а картопля і кормові культури формують окремі технологічні потоки. Це впливає не лише на добір машин, а й на графік роботи майстерні: основні ремонтні роботи доцільно виконувати взимку та в міжсезоння, а навесні й улітку майстерня повинна працювати переважно в режимі оперативного сервісу.

Таблиця 1.1 – Орієнтовна структура посівних площ підприємства

Культура	Площа, га	Частка, %	Технологічна особливість
Озима пшениця	700	23.3	зернова група, ранній літній збір
Озиме жито і тритикале	250	8.3	адаптовані до легких та кислуватих ґрунтів Полісся
Кукурудза на зерно	550	18.3	потребує потужної тяги, точного висіву і сушіння зерна
Соя	400	13.3	високий обсяг операцій із захисту рослин
Озимий ріпак	300	10.0	ранній висів і раннє збирання
Картопля	200	6.7	підвищена трудомісткість садіння, догляду і збирання
Багаторічні трави та кормові культури	400	13.3	кормова база підприємства
Сидеральний пар, технологічні площі	200	6.7	поліпшення структури ґрунту, зменшення засміченості

Наведена структура посівних площ є розрахунковою і може уточнюватися залежно від спеціалізації господарства, стану ґрунтів, забезпечення насінням, попиту на продукцію та наявності тваринницької галузі. Для розрахунку майстерні важливо, що така структура створює потребу в тракторах різних тягових класів, зернозбиральних комбайнах, картоплезбиральному комплексі, машинах для внесення добрив, захисту рослин і транспортних засобах.

1.2 Обґрунтування складу машинно-тракторного парку

Склад машинно-тракторного парку підібрано за принципом забезпечення виконання основних операцій у нормативні агротехнічні строки. Для господарства площею 3000 га доцільно поєднувати енергонасичені трактори для важких ґрунтообробних і посівних агрегатів, трактори середнього класу для передпосівної підготовки та транспортних

робіт, а також універсально-просапні трактори для догляду за посівами і допоміжних операцій. Такий підхід зменшує ризик простоїв, підвищує взаємозамінність агрегатів і дає змогу майстерні планувати ремонт за групами машин.

Для збирання зернової групи прийнято три зернозбиральні комбайни класу 7-8. За середньої добової продуктивності одного комбайна 45-60 га та площі зернових, ріпаку, сої й кукурудзи близько 2200 га трьох машин достатньо для виконання збиральних робіт у раціональні строки з урахуванням погодних перерв. Для захисту рослин передбачено один самохідний обприскувач із продуктивністю, достатньою для кількох обробок усієї площі протягом сезону.

Таблиця 1.2 – Рекомендований склад машинно-тракторного парку

Найменування техніки	Кількість, од.	Основне призначення	Примітка
Трактор енергонасичений 300-360 к.с. (John Deere 8R 340, Case IH Magnum 340 або аналог)	3	глибокий обробіток ґрунту, важкі дискові агрегати, посівні комплекси	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ
Трактор середньої потужності 180-240 к.с. (New Holland T7/T8, МТЗ-3022 або аналог)	4	культивация, передпосівний обробіток, транспортування, агрегування сівалок	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ
Трактор універсально-просапний 80-130 к.с. (МТЗ-82.1, МТЗ-1221 або аналог)	5	доглядові операції, навантаження, міжрядний обробіток, допоміжні роботи	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ
Зернозбиральний комбайн класу 7-8 з жаткою 7,5-9,0 м	3	збирання зернових, ріпаку, сої та кукурудзи з відповідними приставками	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ
Картоплезбиральний комплекс: саджалка, гребенеутворювач, копач/комбайн	2	повний цикл робіт на 200 га картоплі	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ
Самохідний обприскувач 3000-4000 л, штанга 24-28 м	1	захист рослин та внесення рідких добрив	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ
Розкидач мінеральних добрив 3000-4000 л	4	основне і підживлювальне внесення добрив	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ

Посівний комплекс зерновий 6-8 м	3	сівба зернових, ріпаку, сої	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ
Сівалка точного висіву 8-12 рядків	2	кукурудза, соя та просапні культури	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ
Плуги, глибокорозпушувачі, дискові борони, культиватори	22	основний і поверхневий обробіток ґрунту	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ
Косарки, ворушилки, прес-підбирачі, кормові причеви	5	заготівля кормів	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ
Вантажні автомобілі та зерновози	7	внутрішньогосподарські перевезення зерна, добрив, насіння	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ
Причеви, напівпричеви, перевантажувачі	12	логістика під час посівної та збирання	підлягає ТО і поточному ремонту в МРМ

Підібраний парк охоплює повний цикл польових робіт. Водночас він створює значний обсяг сезонного сервісу. Найбільш відповідальними об'єктами обслуговування є тракторні та комбайнові двигуни, трансмісії, гідравлічні системи, паливна апаратура, електронні блоки керування, системи охолодження та пуску. Через це в структурі ремонтної бази необхідно передбачити окрему ділянку ремонту двигунів внутрішнього згорання, оснащену засобами мийки, дефектування, розбирання, складання, контролю та обкатки.

Розрахункова кількість техніки не є випадковою. Вона ґрунтується на потребі виконати найбільш напружені операції без залучення значної кількості сторонніх сервісних організацій. Наприклад, посівні комплекси мають забезпечити сівбу озимих та ярих культур у стислі строки, а транспортна група повинна не допустити простою комбайнів під час збирання. Для Полісся це особливо важливо, оскільки затримка збирання через дощі часто призводить до втрати якості продукції.

1.3 Методика визначення трудомісткості технічного обслуговування і ремонту

Річну трудомісткість робіт майстерні визначаємо за кількістю машин кожної групи та укрупненими нормами трудомісткості технічного обслуговування, поточного ремонту, сезонного обслуговування і підготовки до зберігання. Для навчального проектування доцільно використовувати агреговану методику, за якою всі роботи поділяються на три основні групи: технічне обслуговування, поточний ремонт, сезонне обслуговування та консервація.

Річна трудомісткість для окремої групи машин визначається за формулою:

$$T_i = N_i \cdot (t_{TOi} + t_{ПРi} + t_{COi}), \text{ люд.-год,} \quad (1.1.)$$

де T_i – річна трудомісткість робіт за i -ю групою машин, люд.-год; N_i – кількість машин у групі, од.; t_{TOi} – трудомісткість технічного обслуговування однієї машини за рік, люд.-год; $t_{ПРi}$ – трудомісткість поточного ремонту, люд.-год; t_{COi} – трудомісткість сезонного обслуговування, підготовки до зберігання та розконсервації, люд.-год.

Загальна трудомісткість робіт машинно-ремонтної майстерні розраховується як сума трудомісткості за всіма групами машин з урахуванням додаткового коефіцієнта на непередбачені роботи, дрібні відмови, переміщення машин, контрольні операції та організаційні витрати часу:

$$T_{\text{заг}} = \sum T_i \cdot K_d, \quad (1.2)$$

де K_d – коефіцієнт додаткових робіт. У розрахунку приймаємо $K_d = 1,12$, тобто 12 % резерву на роботи, які складно точно передбачити на стадії планування. Такий резерв є доцільним для підприємства Полісся, де погодні умови часто спричиняють роботу машин у підвищеному навантаженні, а вологі ґрунти збільшують зношування ходової частини і ґрунтообробних робочих органів.

Таблиця 1.3 – Розрахунок річної трудомісткості ТО і ремонту машинно-тракторного парку

Група машин	Кількість, од.	ТО, люд.-год/од.	ПР, люд.-год/од.	СО, люд.-год/од.	Разом на 1 од., люд.-год	Разом, люд.-год
Трактори високої потужності	3	85	120	30	235	705
Трактори середньої потужності	4	70	95	25	190	760
Трактори універсально-просапні	5	55	70	20	145	725
Зернозбиральні комбайни	3	115	210	45	370	1110
Кормозбиральні машини	5	45	70	20	135	675
Самохідний обприскувач	1	95	150	35	280	280
Вантажні автомобілі та зерновози	7	50	80	20	150	1050
Причепи та напівпричепи	12	18	35	10	63	756
Ґрунтообробні машини	22	15	28	10	53	1166
Сівалки та посівні комплекси	7	45	75	20	140	980
Машини для внесення добрив	4	25	45	15	85	340
Картоплезбиральний комплекс	2	85	150	30	265	530
Інше стаціонарне обладнання	6	25	35	10	70	420
Разом базова трудомісткість	-	-	-	-	-	9497
Додаткові роботи, 12 %	-	-	-	-	-	1140
Загальна річна трудомісткість	-	-	-	-	-	10637

За результатами розрахунку базова трудомісткість становить 9497 люд.-год. З урахуванням 12 % резерву річна виробнича програма майстерні дорівнює 10637 люд.-год. Найбільшу частку робіт формують ґрунтообробні машини, зернозбиральні комбайни, вантажні автомобілі, посівна техніка та трактори. Це пояснюється великою кількістю одиниць у цих групах, високою інтенсивністю використання і значним впливом сезонних навантажень.

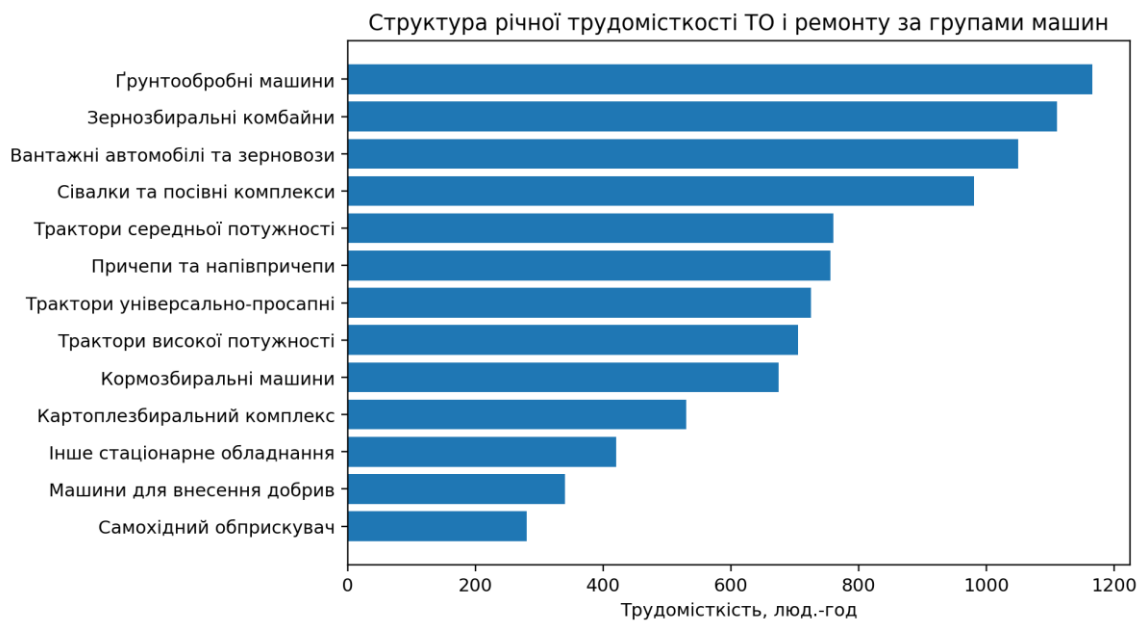


Рисунок 1.1 – Структура річної трудомісткості ТО і ремонту за групами машин

1.4 Розподіл трудомісткості за видами ремонтно-обслуговувальних робіт

Для проєктування майстерні недостатньо знати лише загальну трудомісткість. Необхідно визначити, які саме роботи повинні виконуватися на окремих постах і дільницях. У виробничій структурі майстерні виділяємо діагностичну, мийно-дефектувальну, слюсарно-складальну, двигунну, паливно-електротехнічну, зварювально-відновлювальну, верстатну, шиноремонтну та фарбувально-консерваційну дільниці. Особливу увагу приділяємо дільниці ремонту ДВЗ, оскільки саме двигуни тракторів, комбайнів, автомобілів і самохідних машин визначають технічну готовність МТП у напружені періоди.

Розподіл річної трудомісткості за видами робіт прийнято укрупнено, з урахуванням структури парку. Частка ремонту двигунів внутрішнього згорання прийнята на рівні 16 % від загального обсягу робіт, що включає зняття і встановлення навісного обладнання, розбирання вузлів, промивання

деталей, дефектування, заміну зношених елементів, складання, регулювання, перевірку герметичності та підготовку до обкатки.

Таблиця 1.4 – Розподіл річної трудомісткості за дільницями майстерні

Вид робіт / дільниця	Частка, %	Трудомісткість, люд.-год	Призначення робіт
Діагностичні роботи	10	1064	виявлення технічного стану, контроль перед ремонтом і після нього
Мийно-очисні та дефектувальні роботи	6	638	очищення агрегатів, сортування деталей, підготовка до ремонту
Слюсарно-складальні роботи	28	2978	розбирання, складання, заміна вузлів, регулювання механізмів
Ремонт двигунів внутрішнього згорання	16	1702	ремонт ДВЗ тракторів, комбайнів, автомобілів і самохідних машин
Паливна апаратура та електрообладнання	10	1064	ремонт систем пуску, живлення, заряджання, датчиків і проводки
Зварювально-відновлювальні роботи	8	851	ремонт рам, кронштейнів, корпусних деталей і робочих органів
Верстатні та слюсарно-механічні роботи	7	745	токарні, свердлильні, шліфувальні і припасувальні операції
Шиномонтажні та ходова частина	4	425	ремонт коліс, підшипників, маточин, елементів ходової
Фарбувально-консерваційні роботи	6	638	нанесення захисних покриттів, підготовка до зберігання
Контрольно-здавальні роботи	5	532	перевірка якості ремонту, здавання машини в експлуатацію

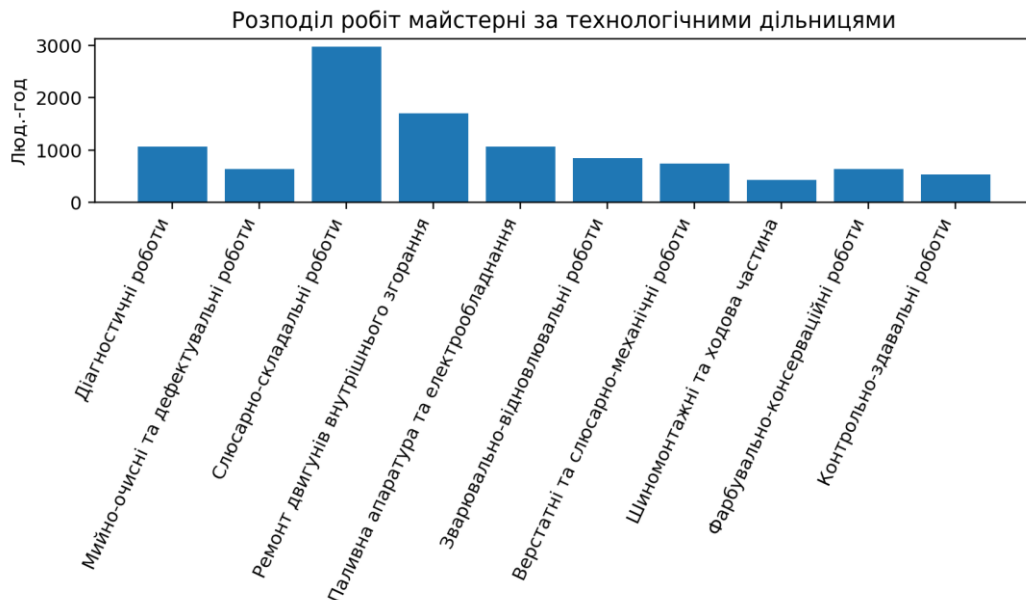


Рис. 1.2. Розподіл робіт майстерні за технологічними дільницями

З таблиці видно, що найбільший обсяг припадає на слюсарно-складальні операції, поточний ремонт агрегатів і двигунів. Дільниця ремонту ДВЗ має річне завантаження близько 1700 люд.-год, тобто фактично забезпечує постійну роботу одного спеціалізованого робочого місця протягом року. У пікові періоди доцільно залучати слюсаря з універсального поста для виконання розбирання, промивання та допоміжних операцій.

1.5 Розрахунок чисельності працівників і постів майстерні

Ефективний річний фонд часу одного виробничого працівника визначаємо за формулою:

$$F_{\text{еф}} = D_p \cdot t_{\text{зм}} \cdot K_v,$$

де D_p - кількість робочих днів за рік; $t_{\text{зм}}$ - тривалість зміни, год; K_v – коефіцієнт використання робочого часу. Приймаємо $D_p = 257$ днів, $t_{\text{зм}} = 8$ год, $K_v = 0,92$. Тоді ефективний фонд часу одного працівника становить:

$$F_{\text{еф}} = 257 \cdot 8 \cdot 0,92 = 1892 \text{ люд.-год.}$$

Кількість виробничих працівників визначаємо за формулою:

$$R = T_{\text{заг}} / (F_{\text{еф}} \cdot K_n),$$

де K_n - коефіцієнт виконання норм, приймаємо $K_n = 0,90 \dots 0,95$ для ремонтного виробництва з сезонними коливаннями. Для розрахунку

приймаємо $K_n = 0,92$. Тоді $R = 10637 / (1892 \cdot 0,92) = 6.11$. Отже, для стабільної роботи майстерні приймаємо 7 виробничих працівників. Крім них передбачаються майстер або завідувач майстерні, комірник та за потреби електрик, який може виконувати роботи сумісно з ремонтом електрообладнання машин.

Для дільниці ремонту двигунів внутрішнього згорання прийнято один основний пост ремонту ДВЗ і одне допоміжне робоче місце дефектування та комплектування деталей. Така структура достатня для поточного ремонту двигунів, заміни прокладок, насосів, форсунок, стартерів, генераторів, елементів системи охолодження, а також підготовки двигуна до обкатки після ремонту.

Таблиця 1.5 – Розрахункова чисельність і спеціалізація працівників майстерні

Посада / спеціалізація	Кількість, осіб	Основні роботи	Дільниця	Примітка
Майстер майстерні	1	планування, контроль якості, облік робіт	адміністративна	може вести графік ТО
Слюсар-ремонтник універсальний	3	ТО, поточний ремонт, складання агрегатів	слюсарна	основний персонал
Слюсар з ремонту ДВЗ	1	ремонт двигунів, систем мащення й охолодження	дільниця ДВЗ	спеціалізоване робоче місце
Електрик-діагност	1	діагностика, електрообладнання, пускові системи	діагностична	обслуговує датчики і проводку
Зварник-слюсар	1	зварювання, відновлення рам, робочих органів	зварювальна	працює за нарядами
Токар-верстатник	1	виготовлення втулок, пальців, різьбових деталей	верстатна	може суміщати слюсарні роботи
Комірник-обліковець	1	запасні частини, матеріали, інструмент	склад	допоміжний персонал

1.6 Визначення площі та виробничої структури майстерні

Площа машинно-ремонтної майстерні визначається з урахуванням кількості робочих постів, габаритів машин і агрегатів, потреби у проходах,

місцях зберігання знятих вузлів, верстаках, вантажопідіймальному обладнанні та безпечних зонах обслуговування. Для підприємства площею 3000 га доцільно передбачити майстерню блочного типу, у якій універсальні ремонтні пости поєднані зі спеціалізованими дільницями.

Орієнтовна площа виробничих дільниць визначається сумуванням площ окремих постів та множенням на коефіцієнт, що враховує проходи, проїзди, зони маневрування, місця тимчасового складування агрегатів і допоміжні площі. Для попереднього проектного розрахунку приймаємо коефіцієнт компоновання $K_{\text{п}} = 1,20 \dots 1,30$. У розрахунку застосовано $K_{\text{п}} = 1,25$.

Таблиця 1.6 – Орієнтовна структура площ машинно-ремонтної майстерні

Дільниця / зона	Кількість постів	Площа одного поста, м ²	Розрахунок ва площа, м ²	Призначення	Примітка
Універсальні пости ТО і поточного ремонту	4	32	128	обслуговування тракторів, автомобілів, агрегатів	включається у виробничу структуру
Дільниця ремонту двигунів внутрішнього згорання	1	54	54	стенд, верстак, стелажі, місце для розбирання і складання	включається у виробничу структуру
Мийно-дефектувальна зона	1	24	24	очищення деталей, попереднє дефектування	включається у виробничу структуру
Діагностична зона	1	24	24	контроль технічного стану, електродіагностика	включається у виробничу структуру
Паливно-електротехнічна дільниця	1	24	24	форсунки, генератори, стартери, акумулятори	включається у виробничу структуру
Зварювальна дільниця	1	36	36	ремонт рам, кузовів, робочих органів	включається у виробничу структуру

Продовження таблиці 1.6.

Верстатна дільниця	1	42	42	токарні, свердлильні і шліфувальні роботи	включається у виробничу структуру
Шиномонтажна зона	1	24	24	ремонт шин, коліс, маточин	включається у виробничу структуру
Склад запасних частин та матеріалів	1	60	60	зберігання деталей, мастил, фільтрів	включається у виробничу структуру
Інструментальна, компресорна, побутові приміщення	1	42	42	допоміжне забезпечення	включається у виробничу структуру
Разом площа дільниць	-	-	458	без урахування проїздів і резерву	-
З урахуванням $K_p = 1,25$	-	-	572	приймається загальна площа майстерні	приблизно 520 м ² з резервом розвитку

Отже, розрахункова площа основних дільниць становить 458 м². З урахуванням проходів, проїздів, місць короткочасного зберігання агрегатів і технологічного резерву загальна площа майстерні дорівнює близько 572 м². Для практичного проєктування доцільно прийняти площу 500-520 м², що забезпечує можливість одночасного виконання робіт на кількох постах та створення окремої дільниці ремонту ДВЗ.

Дільниця ремонту двигунів повинна бути відокремлена від зварювальної та шиномонтажної зон, мати якісне освітлення, вентиляцію, підведення стисненого повітря, комплект знімачів, вантажопідіймальний пристрій, слюсарні верстаки, стенд для закріплення двигуна, ємності для промивання деталей, вимірювальний інструмент і місце для зберігання відремонтованих вузлів. Це дозволить виконувати ремонт без забруднення деталей і з дотриманням технологічної послідовності.

1.7 Графік завантаження машинно-ремонтної майстерні

Завантаження майстерні протягом року є нерівномірним. Найбільша трудомісткість припадає на зимовий період, коли виконується основний обсяг поточного ремонту тракторів, ґрунтообробних машин, посівних

агрегатів, комбайнів і двигунів. Навесні частина майстерні працює в режимі чергового сервісу, оскільки значна частина техніки перебуває в полі. Влітку зростає обсяг оперативних ремонтів зернозбиральних комбайнів, транспортних засобів і обладнання для заготівлі кормів. Восени майстерня виконує ремонт картоплезбиральної, кукурудзозбиральної техніки, транспортних засобів і підготовку машин до зберігання.

Для побудови графіка річну трудомісткість розподілено за місяцями з урахуванням сезонності використання МТП. За штатної чисельності 7 виробничих працівників місячний фонд часу визначено за фактичною кількістю робочих днів у місяці, тривалістю зміни 8 год і коефіцієнтом використання робочого часу 0,92. Порівняння планового завантаження з фондом часу дозволяє виявити періоди перевантаження та завчасно перенести частину робіт у менш напружені місяці.

Таблиця 1.7 – Річний графік завантаження машинно-ремонтної майстерні

Місяць	Частка річного обсягу, %	Планове завантаження, люд.-год	Робочі дні	Фонд часу 7 робітників, люд.-год	Характер робіт
Січень	10.5	1117	21	1082	ремонт тракторів, ДВЗ, дефектування комбайнів
Лютий	10.5	1117	20	1030	поточний ремонт, складання агрегатів, ремонт двигунів
Березень	10.0	1064	21	1082	передпосівне ТО, перевірка посівних агрегатів
Квітень	7.5	798	22	1133	оперативне ТО, усунення весняних відмов
Травень	5.5	585	20	1030	черговий сервіс, обприскувачі, транспорт
Червень	5.2	553	21	1082	ремонт кормозаготівельної техніки
Липень	7.0	745	23	1185	сервіс комбайнів і транспортних засобів

Серпень	7.5	798	21	1082	збиральний сервіс, ремонт жаток, транспорту
Вересень	6.5	691	22	1133	картопля, кукурудза, осінній транспорт
Жовтень	8.0	851	23	1185	підготовка до зберігання, ремонт грунтообробних машин
Листопад	10.5	1117	21	1082	плановий ремонт, двигуни, агрегати
Грудень	11.3	1201	22	1133	капіталізація ремонтного фонду, підготовка до нового сезону

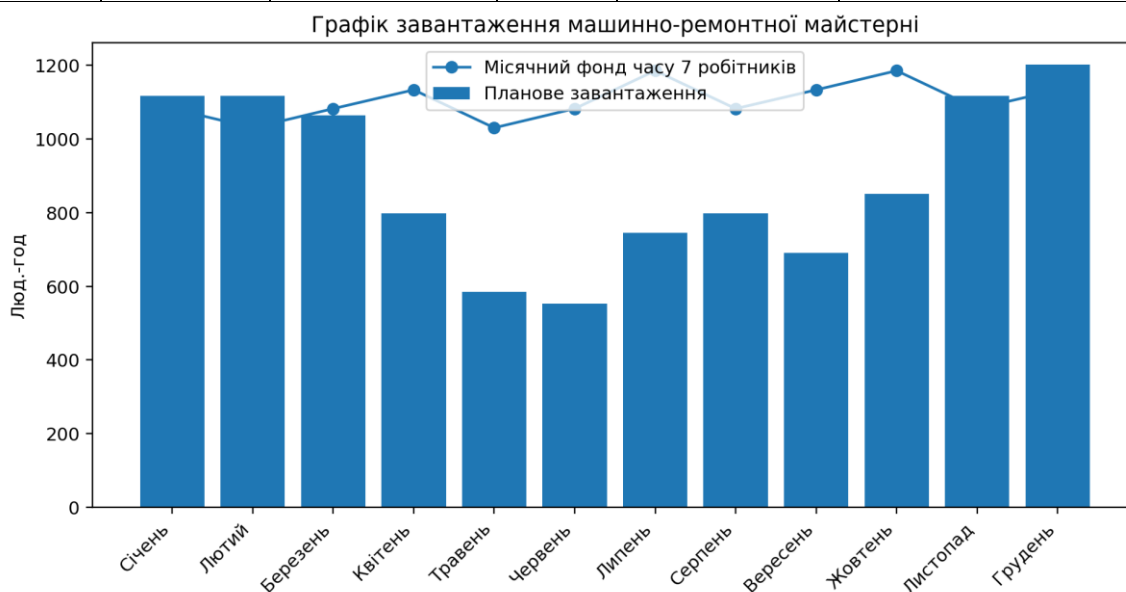


Рис. 1.3. Графік завантаження машинно-ремонтної майстерні протягом року

Графік показує, що найбільш напруженими є січень, лютий, листопад і грудень. У ці місяці доцільно виконувати ремонт двигунів, трансмісій, комбайнів і складних агрегатів, оскільки польові роботи майже не проводяться. Невелике перевищення планового завантаження над фондом часу в окремі зимові місяці можна усунути за рахунок перенесення частини робіт на березень, жовтень або шляхом короткочасного залучення механізаторів до ремонтних робіт у міжсезоння.

У літній період фонд часу майстерні не використовується повністю, однак це не означає надлишок персоналу. У цей час персонал повинен забезпечувати оперативне реагування на відмови, проводити виїзне технічне

обслуговування, виконувати заміну фільтрів, ременів, підшипників, гідравлічних рукавів, форсунок, елементів електрообладнання. Наявність резерву часу влітку підвищує коефіцієнт технічної готовності МТП і зменшує ризик простою під час збирання.

1.8 Організаційні вимоги до дільниці ремонту двигунів внутрішнього згорання

Дільниця ремонту ДВЗ є ключовою частиною машинно-ремонтної майстерні. Її призначення полягає у відновленні працездатності двигунів тракторів, комбайнів, автомобілів і самохідних машин, а також у виконанні профілактичних робіт, які запобігають аварійним відмовам. До типових робіт дільниці належать перевірка компресії, ремонт системи мащення, заміна прокладок, ремонт системи охолодження, очищення паливної апаратури, перевірка форсунок, заміна насосів, стартерів, генераторів, ремінних передач, а також підготовка двигуна до обкатки після ремонту.

Потік ремонту двигуна доцільно організувати за такою послідовністю: приймання агрегату, зовнішнє очищення, попередня діагностика, розбирання, миття деталей, дефектування, комплектування, ремонт або заміна деталей, складання, регулювання, контроль герметичності, пробний пуск і передавання на пост обкатки. Така послідовність зменшує повторні розбирання, підвищує якість ремонту і дає змогу вести облік причин відмов.

Для дільниці ремонту ДВЗ необхідно передбачити стенд для розбирання та складання двигунів, комплект знімачів, динамометричні ключі, набір мікрометрів і нутромірів, пристрій для перевірки форсунок, ванну для промивання деталей, прес, стелажі для комплектування деталей, стіл дефектувальника, систему видалення відпрацьованих газів і місце для тимчасового зберігання двигунів. За можливості доцільно передбачити універсальний стенд для обкатки ДВЗ після ремонту, що відповідає загальній темі кваліфікаційної роботи.

Висновки по розділу

Для аграрного підприємства зони Полісся із земельним фондом 3000 га обґрунтовано склад машинно-тракторного парку, який включає трактори різних тягових класів, зернозбиральні комбайни, самохідний обприскувач, картоплезбиральний комплекс, посівні комплекси, ґрунтообробні машини, транспортні засоби та допоміжну техніку. Такий склад забезпечує виконання основних технологічних операцій у стислі агротехнічні строки та формує потребу у власній ремонтній базі.

Річна базова трудомісткість технічного обслуговування і ремонту становить 9497 люд.-год, а з урахуванням додаткових робіт - 10637 люд.-год. Найбільше навантаження припадає на слюсарно-складальні операції, ремонт тракторів, комбайнів, ґрунтообробної та посівної техніки. На ділянку ремонту двигунів внутрішнього згорання припадає близько 1702 люд.-год на рік, що обґрунтовує створення спеціалізованого робочого місця з відповідним обладнанням.

Для виконання виробничої програми прийнято 7 виробничих працівників майстерні та допоміжний персонал. Орієнтовна площа майстерні з урахуванням проїздів і технологічного резерву становить близько 572 м², а практично доцільно передбачити 500-520 м². Графік завантаження показує сезонні піки в зимовий і пізньоосінній періоди, тому ремонт ДВЗ, комбайнів, тракторів і посівної техніки необхідно планувати завчасно.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЯ ТА РЕЖИМИ ОБКАТКИ ВІДРЕМОНТОВАНИХ ДВЗ

2.1. Призначення обкатки двигунів після ремонту

Після капітального або поточного ремонту двигун внутрішнього згорання не може відразу передаватися в експлуатацію під повним навантаженням. Навіть за якісного складання поверхні деталей кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів мають мікронерівності, а у вузлах тертя відбувається початкове взаємне припрацювання. Обкатка є завершальною технологічною операцією ремонту, під час якої перевіряють працездатність двигуна, стабільність роботи його систем і відповідність основних параметрів установленим вимогам.

Для машинно-ремонтної майстерні аграрного підприємства обкатка ДВЗ має подвійне значення. По-перше, вона забезпечує технічну готовність тракторів, комбайнів, автомобілів та іншої самохідної техніки до польових робіт. По-друге, стендова перевірка дає змогу виявити дефекти складання до встановлення двигуна на машину, що знижує ризик повторного демонтажу, простоїв у сезон і додаткових витрат на ремонт.

У межах ділянки ремонту двигунів доцільно застосовувати послідовну систему обкатки: підготовка двигуна, холодне прокручування, гаряча обкатка без навантаження, гаряча обкатка під навантаженням, контрольне випробування та оформлення результатів. Такий підхід дає змогу поступово підвищувати швидкісний і навантажувальний режими, не допускаючи перегріву деталей, задирів, падіння тиску оливи або нестійкої роботи паливної апаратури.

Основними завданнями обкатки є перевірка якості складання, припрацювання поверхонь тертя, стабілізація теплового режиму, оцінка роботи систем мащення, охолодження, живлення і газорозподілу, а також визначення готовності двигуна до подальшого встановлення на машину.

Тому обкатку слід розглядати не лише як допоміжну операцію, а як обов'язковий елемент контролю якості ремонтного виробництва.

2.2. Вихідні умови та вимоги до двигуна перед обкаткою

Перед установленням двигуна на обкатувальний стенд майстер або слюсар-ремонтник виконує попередній огляд. Перевіряють комплектність двигуна, затягування різьбових з'єднань, наявність технологічних заглушок, стан патрубків, герметичність кришок і пробок, справність приводів паливного насоса, водяного насоса та генератора. Особливу увагу приділяють правильності під'єднання масляних каналів, оскільки недостатній тиск оливи є однією з найбільш небезпечних причин пошкодження відремонтованого ДВЗ.

Двигун допускають до обкатки тільки після завершення складальних робіт, заправлення системи мащення оливою відповідної марки, заповнення системи охолодження, встановлення фільтрів та під'єднання паливної магістралі. Якщо двигун має турбокомпресор, перед пуском необхідно переконатися у наявності подачі оливи до його підшипникового вузла. Для дизельних двигунів додатково перевіряють відсутність повітря в паливній системі та правильність регулювання форсунок.

Підготовчі роботи регламентуються технологічною картою. Їх виконання фіксують у журналі обкатки, де зазначають марку двигуна, номер ремонту, дату, виконавця, вид ремонту, використані матеріали та результати першого огляду.

Таблиця 2.1 – Підготовчі операції перед обкаткою відремонтованого ДВЗ

№	Операція підготовки	Зміст контролю	Виконавець
1	Зовнішній огляд двигуна	Перевірка комплектності, відсутності пошкоджень, заглушок і сторонніх предметів	Слюсар

2	Контроль різьбових з'єднань	Перевірка затягування кріплень головки, колекторів, кришок, опорних лап	Слюсар
3	Заправлення систем	Заливання оливи й охолоджувальної рідини, видалення повітря з паливної системи	Слюсар
4	Монтаж на стенд	Встановлення на опори, центрування з валом стенда, фіксація двигуна	Слюсар, майстер
5	Підключення приладів	Під'єднання тахометра, манометра, термометрів, витратоміра палива	Слюсар
6	Попереднє прокручування	Короткочасне прокручування без пуску для перевірки тиску оливи	Слюсар

2.3. Загальна схема технологічного процесу

Технологія обкатки повинна бути побудована таким чином, щоб кожний наступний режим виконувався лише після позитивного завершення попереднього. Це особливо важливо для двигунів тракторів і зернозбиральних комбайнів, які працюють у зоні Полісся в умовах підвищеної вологості, сезонної концентрації навантажень і значної тривалості польових робіт. Недостатньо перевірений двигун може спричинити зрив строків сівби, заготівлі кормів або збирання врожаю.

На рис. 2.1 наведено послідовність виконання основних робіт на дільниці обкатки. Схема передбачає повернення двигуна на регулювання у випадку виявлення відхилень. Після усунення причин несправності обкатку продовжують з того режиму, на якому було зафіксовано порушення, або повторюють попередній етап, якщо дефект міг вплинути на стан вузлів тертя.

Схема технологічного процесу обкатки відремонтованого ДВЗ



Рис. 2.1. Схема технологічного процесу обкатки відремонтованого ДВЗ.

У виробничих умовах машинно-ремонтної майстерні технологічний процес рекомендується поділяти на операції, переходи і контрольні точки. Операція відповідає завершеному виду робіт, наприклад монтажу двигуна на стенд або гарячій обкатці. Перехід характеризує зміну режиму обертання чи навантаження. Контрольна точка визначає момент вимірювання параметрів і прийняття рішення про продовження обкатки.

Раціональна організація процесу передбачає, що слюсар-ремонтник не залишає працюючий двигун без нагляду. Показники тиску оливи, температури охолоджувальної рідини, температури оливи, частоти обертання колінчастого вала, витрати палива, наявності диму, шуму і вібрацій контролюють на всіх етапах. Якщо параметри виходять за допустимі межі, режим знижують або двигун зупиняють.

2.4. Обладнання та засоби контролю дільниці обкатки

Для виконання обкатки двигунів у ремонтній майстерні передбачається окрема робоча зона з обкатувально-гальмівним стендом. Стенд має забезпечувати надійне закріплення двигуна, плавну зміну частоти обертання, можливість створення навантаження, безпечне відведення відпрацьованих газів і зручне розміщення контрольно-вимірювальних приладів. Для аграрного підприємства з машинно-тракторним парком середньої потужності доцільно використовувати універсальний стенд, придатний для тракторних, комбайнових та автомобільних дизельних двигунів.

Схема стендового підключення двигуна наведена на рис. 2.2. Вона відображає основні функціональні зв'язки між двигуном, гальмівним пристроєм, паливною системою, системою охолодження, системою мащення, газовідводом і пультом керування.

Схема підключення двигуна до обкатувально-гальмівного стенда



Контроль під час обкатки: частота обертання, температура, тиск оливи, витрата палива, димність, шум, вібрації, герметичність з'єднань.

Рис. 2.2. Схема підключення двигуна до обкатувально-гальмівного стенда

Таблиця 2.2 – Основне обладнання ділянки обкатки двигунів

№	Найменування обладнання	Призначення	Кількість
1	Обкатувально-гальмівний стенд	Обкатка, створення навантаження, вимірювання крутного моменту	1
2	Пульт керування стендом	Пуск, зупинка, зміна режимів, аварійне вимкнення	1
3	Паливний бак із витратоміром	Подача палива та визначення його витрати	1
4	Система охолодження стенда	Підтримання теплового режиму двигуна	1
5	Комплект манометрів і термометрів	Контроль тиску оливи, температури оливи і рідини	1 комплект
6	Тахометр або датчик частоти обертання	Вимірювання частоти обертання колінчастого вала	1
7	Газовідвідний рукав із вентиляцією	Видалення відпрацьованих газів із робочої зони	1
8	Набір інструменту слюсаря-ремонтника	Монтаж, регулювання, усунення дрібних дефектів	1 комплект

Таблиця 2.3 – Параметри, що контролюються під час обкатки

Контрольний параметр	Орієнтовне значення або умова контролю	Засіб контролю	Періодичність
Тиск оливи	Стабільний тиск на мінімальних і номінальних обертах; відсутність різкого падіння	Манометр	Постійно
Температура охолоджувальної рідини	Поступове зростання без перегріву; робота термостата та насоса	Термометр	Кожні 5–10 хв
Температура оливи	Без різких стрибків, що свідчать про підвищене тертя	Термометр	Кожні 10 хв
Частота обертання	Відповідність режиму технологічної карти	Тахометр	Постійно
Витрата палива	Без різкого перевищення порівняно з очікуваним режимом	Витратомір	На етапах навантаження
Шум і вібрація	Відсутність стуку, металевого шуму, нестійкої роботи	Огляд, слуховий контроль	Постійно
Герметичність	Відсутність підтікання оливи, палива, охолоджувальної рідини	Огляд	Перед пуском і після етапів

2.5. Холодна обкатка двигуна

Холодна обкатка виконується без подачі палива, коли колінчастий вал двигуна обертається від електричної машини стенда або іншого приводу. Метою етапу є первинне припрацювання деталей, перевірка вільного обертання рухомих частин, наповнення масляних каналів і контроль роботи системи мащення без теплового навантаження. Під час холодної обкатки особливо уважно перевіряють появу тиску оливи, відсутність заклинювань, сторонніх шумів і підвищеного опору обертанню.

Для двигунів різних марок режими можуть уточнюватися за технічними умовами заводу-виробника. У кваліфікаційній роботі приймаємо орієнтовний режим холодної обкатки для дизельних двигунів тракторів і комбайнів, який наведено в табл. 2.4. Загальна тривалість етапу становить 30 хв.

Після завершення холодної обкатки двигун зупиняють, оглядають зовнішні з'єднання, перевіряють рівень оливи й охолоджувальної рідини, підтягування доступних кріплень і надійність фіксації двигуна на стенді. У

разі виявлення підтікання, металевого шуму або падіння тиску оливи двигун до гарячої обкатки не допускають.

Таблиця 2.4 – Орієнтовний режим холодної обкатки дизельного ДВЗ

Етап	Частота обертання колінчастого вала, об/хв	Тривалість, хв	Навантаження	Основний контроль
1	500–600	5	Без навантаження	Поява тиску оливи, рівномірність обертання
2	800–900	5	Без навантаження	Відсутність стуку, перевірка герметичності
3	1100–1200	10	Без навантаження	Стабільність тиску оливи, відсутність підвищеного опору
4	1400–1500	10	Без навантаження	Контроль шуму, вібрацій, нагрівання підшипників
Разом	-	30	-	Підготовка до гарячої обкатки

2.6. Гаряча обкатка без навантаження

Гаряча обкатка без навантаження починається з пуску двигуна на мінімально стійкій частоті обертання. На цьому етапі перевіряють запуск, роботу паливної апаратури, рівномірність роботи циліндрів, прогрівання системи охолодження, відсутність димлення і підтікання. Частоту обертання підвищують поступово, не допускаючи різкого збільшення теплового навантаження.

Тривалість гарячої обкатки без навантаження приймається 35 хв. При цьому в журналі фіксують параметри на початку, у середині та наприкінці кожного режиму. Якщо після прогрівання двигун працює нестійко, виконують регулювання частоти холостого ходу, перевіряють подачу палива, стан форсунок, герметичність паливних магістралей і роботу регулятора паливного насоса.

Таблиця 2.5 – Режим гарячої обкатки ДВЗ без навантаження

Етап	Частота обертання, об/хв	Тривалість, хв	Контрольні дії
1	600–800	5	Пуск, прогрівання, перевірка тиску оливи та рівномірності роботи
2	1000–1200	10	Контроль герметичності, температури, відсутності димлення
3	1500–1700	10	Перевірка стійкості роботи, шуму, вібрацій
4	Наближена до номінальної	10	Оцінка стабільності параметрів перед навантаженням
Разом	-	35	Двигун допускається до обкатки під навантаженням

2.7. Гаряча обкатка під навантаженням

Обкатка під навантаженням є головним етапом перевірки відремонтованого двигуна, оскільки саме в цих умовах виявляються дефекти, які не проявляються під час холостого ходу. Навантаження створюється гальмівним пристроєм стенда й підвищується ступінчасто. На кожному ступені контролюють тиск оливи, температуру, частоту обертання, витрату палива, димність і стабільність роботи.

У роботі приймається режим з послідовним збільшенням навантаження від 25 до 100 % розрахункової потужності. Тривалість режимів може коригуватися залежно від типу двигуна, характеру ремонту і результатів контролю. Для двигунів, у яких замінено поршневу групу, вкладиші колінчастого вала або гільзи циліндрів, тривалість обкатки під навантаженням доцільно збільшувати.

Таблиця 2.6 – Орієнтовний режим гарячої обкатки під навантаженням

Етап	Навантаження від номінального, %	Частота обертання	Тривалість, хв	Що контролюється
1	25	0,75–0,80 $n_{ном}$	10	Стабільність тиску оливи, відсутність перегріву
2	50	0,80–0,90 $n_{ном}$	15	Витрата палива, димність, температура
3	75	0,90–1,00 $n_{ном}$	15	Шум, вібрація, робота системи охолодження
4	100	$n_{ном}$	10	Короткочасна перевірка максимальної працездатності
5	0	Середня	5	Поступове охолодження перед зупинкою
Разом	-	-	55	Прийнятно-здавальна оцінка двигуна

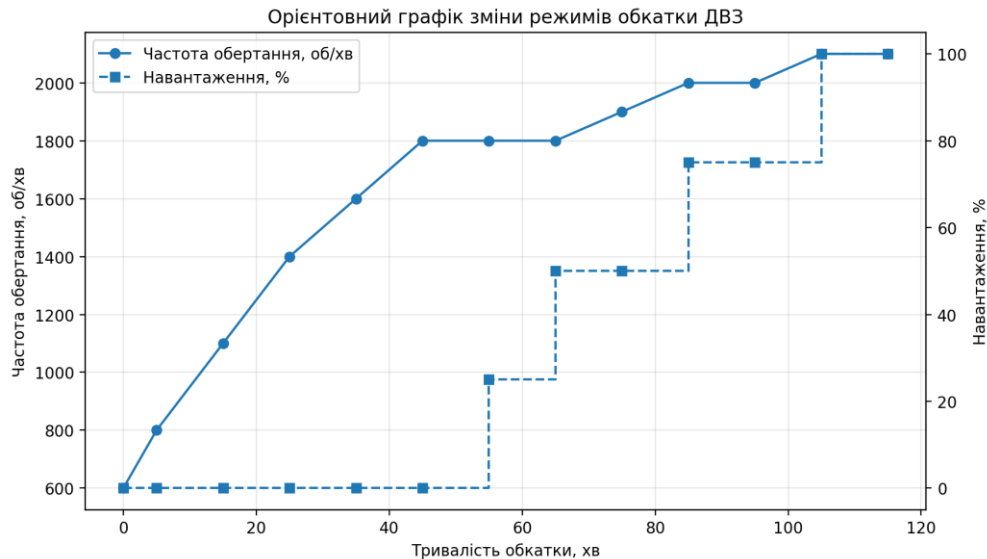


Рис. 2.3. Орієнтовний графік зміни частоти обертання та навантаження під час обкатки.

Графік на рис. 2.3 показує принцип поступового нарощування режимів. Практично це означає, що ремонтний персонал не повинен відразу переводити двигун на високе навантаження. Спочатку двигун працює на помірних обертах, після чого навантаження збільшується за умови стабільності контрольних параметрів. Такий підхід зменшує ймовірність пошкодження нових або відновлених деталей.

Після завершення роботи під навантаженням двигун протягом декількох хвилин працює на середній частоті без навантаження. Це потрібно для вирівнювання температур, зниження теплових напружень і запобігання локальному перегріванню.

2.8. Контроль якості та дії при відхиленнях

Контроль якості обкатки базується на порівнянні фактичних показників із допустимими межами для конкретної моделі двигуна. У розрахунковій частині роботи приймається, що остаточне рішення про придатність двигуна приймає майстер дільниці за результатами стендового випробування, зовнішнього огляду і записів у журналі. Якщо виявлено відхилення, двигун не передають на встановлення до усунення причин.

Алгоритм прийняття рішення наведено на рис. 2.4. Він передбачає безперервний контроль параметрів, порівняння їх із допустимими значеннями, перехід до наступного режиму або повернення на регулювання.

Алгоритм контролю якості під час обкатки ДВЗ



Рис. 2.4. Алгоритм контролю якості обкатки ДВЗ.

Таблиця 2.7 – Типові відхилення під час обкатки та способи їх усунення

Ознака відхилення	Можлива причина	Дії персоналу
Низький тиск оливи	Недостатній рівень оливи, несправний насос, засмічення фільтра, збільшені зазори у підшипниках	Зупинити двигун, перевірити рівень оливи, фільтр, насос і за потреби розібрати вузол
Перегрів двигуна	Недостатній рівень рідини, повітря в системі, несправний насос, забруднення радіатора стенда	Знизити режим, перевірити циркуляцію, усунути негерметичність або несправність
Металевий стукіт	Порушення зазорів, неправильне складання шатунно-поршневої групи, ослаблення кріплень	Негайно зупинити двигун, виконати дефектування
Підвищена димність	Неправильне регулювання паливної апаратури, несправні форсунки, недостатнє стискання	Перевірити форсунки, паливний насос, компресію
Вібрація	Порушення центрування, нерівномірна робота циліндрів, дефекти маховика або зчеплення	Перевірити кріплення, співвісність, роботу циліндрів
Підтікання оливи або палива	Недостатнє затягування з'єднань, пошкодження прокладок або ущільнень	Зупинити або знизити режим, підтягнути з'єднання, замінити ущільнення

2.9. Розрахунок тривалості та трудомісткості обкатувальних робіт

Розрахунок тривалості обкатки виконується для планування завантаження ділянки ремонту двигунів. Оскільки аграрне підприємство має машинно-тракторний парк, до складу якого входять трактори, комбайни, автомобілі та допоміжна техніка, обкатці підлягають двигуни різних потужнісних груп. Для розрахунку приймаємо чотири групи двигунів: автомобільні та малопотужні, тракторні до 80 кВт, тракторні 80–180 кВт і комбайнові.

Повна тривалість стендової обкатки одного двигуна визначається як сума підготовчо-заключного часу, холодної обкатки, гарячої обкатки без навантаження, гарячої обкатки під навантаженням і часу заключного контролю:

$$T_{\text{обк}} = t_{\text{пз}} + t_{\text{х}} + t_{\text{г0}} + t_{\text{гн}} + t_{\text{к}}, \text{ год.} \quad (2.1)$$

де $t_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час; $t_{\text{х}}$ – тривалість холодної обкатки; $t_{\text{г0}}$ – тривалість гарячої обкатки без навантаження; $t_{\text{гн}}$ – тривалість обкатки під навантаженням; $t_{\text{к}}$ – заключний контроль і оформлення результатів.

Річна трудомісткість обкатувальних робіт визначається за формулою:

$$T_{\text{р}} = \sum (N_i \cdot T_{\text{обк } i}) \cdot K_{\text{д}}, \text{ люд} \cdot \text{год}, \quad (2.2)$$

де N_i – кількість двигунів відповідної групи за рік; $T_{\text{обк } i}$ – нормативна тривалість обкатки одного двигуна; $K_{\text{д}}$ – коефіцієнт додаткових робіт, який враховує дрібні регулювання, повторний контроль і підготовку робочого місця. У розрахунку приймаємо $K_{\text{д}} = 1,15$.

Таблиця 2.8 – Розрахунок річної трудомісткості обкатки двигунів

Група двигунів	Кількість двигунів за рік, шт.	Тривалість обкатки одного двигуна, год	Розрахункова трудомісткість, люд·год
Автомобільні та малопотужні дизелі	6	4,5	27,0
Тракторні двигуни до 80 кВт	8	5,5	44,0
Тракторні двигуни 80–180 кВт	12	7,0	84,0
Комбайнові двигуни	5	8,0	40,0
Разом без коефіцієнта додаткових робіт	31	-	195,0
Разом з $K_{\text{д}} = 1,15$	-	-	224,3

Отже, річна трудомісткість обкатувально-випробувальних робіт становить 224,3 люд·год. Якщо ефективний фонд часу одного робітника прийняти 1800 год на рік, розрахункова чисельність працівників, зайнятих тільки обкаткою, становитиме 0,12 особи. Проте з організаційної точки зору на дільниці доцільно закріпити одного слюсаря-ремонтника, який поєднує обкатку з регулювальними, діагностичними та підготовчими операціями.

Коефіцієнт використання одного стенда за річною трудомісткістю визначаємо за формулою:

$$\eta_{\text{ст}} = T_p / F_{\text{ст}} = 224,3 / 1800 = 0,12. \quad (2.3)$$

Отримане значення показує, що один універсальний стенд забезпечує потреби ремонтної майстерні з резервом. Резерв часу потрібний для сезонних піків, повторної обкатки після усунення дефектів, ремонту двигунів сторонніх підрозділів або виконання діагностичних випробувань.

Таблиця 2.9 – Орієнтовний розподіл річної трудомісткості обкатки за місяцями

Місяць	Кількість двигунів, шт.	Трудомісткість, люд·год	Характер робіт
Січень	4	28	Плановий ремонт тракторних двигунів
Лютий	4	30	Підготовка техніки до весняних робіт
Березень	3	22	Завершення передсезонного ремонту
Квітень	2	12	Поточні ремонти
Травень	2	14	Ремонт після весняної кампанії
Червень	3	20	Підготовка збиральної техніки
Липень	3	22	Ремонт комбайнових двигунів
Серпень	3	25	Поточні роботи в період збирання
Вересень	3	22	Післяжнивне обслуговування
Жовтень	2	18	Осінні ремонти
Листопад	1	7	Початок зимового ремонтного періоду
Грудень	1	4,3	Заключні роботи
Разом	31	224,3	-

2.10. Технологічна карта обкатки

Для практичного застосування на дільниці ремонту двигунів технологічний процес доцільно оформляти у вигляді карти. Вона забезпечує однакове виконання робіт різними виконавцями, полегшує контроль майстра і зменшує ймовірність пропуску важливої операції. Узагальнена технологічна карта наведена в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Технологічна карта обкатки відремонтованого ДВЗ

№ операції	Назва операції	Зміст переходів	Обладнання та інструмент	Контроль
1	Приймання двигуна	Перевірити комплектність, зовнішній стан, документи ремонту	Оглядовий стіл, інструмент	Відсутність пошкоджень
2	Підготовка до монтажу	Заправити системи, підготувати патрубки, перевірити фільтри	Лійка, ключі, тара	Рівень оливи і рідини
3	Установлення на стенд	Закріпити двигун, відцентрувати з валом стенда, під'єднати кардан або муфту	Кран-балка, стенд	Надійність кріплення
4	Підключення систем	Під'єднати паливо, охолодження, прилади, газовідвід	Рукави, датчики, пульт	Герметичність
5	Холодна обкатка	Прокручування без пуску за ступінчастим режимом	Стенд, тахометр	Тиск оливи, шум
6	Гаряча обкатка без навантаження	Пуск, прогрівання, поступове підвищення обертів	Стенд, прилади	Температура, рівномірність роботи
7	Обкатка під навантаженням	Ступінчасте підвищення навантаження до номінального	Гальмівний пристрій	Тиск, температура, витрата палива
8	Заключний контроль	Огляд, контроль герметичності, перевірка параметрів	Прилади, журнал	Висновок про придатність

2.11. Організація робочого місця та вимоги безпеки

Робоче місце обкатки повинно бути розміщене в зоні з достатнім освітленням, припливно-витяжною вентиляцією і зручним доступом до вантажопідіймального обладнання. Навколо стенда залишають проходи для огляду двигуна з усіх боків. Паливні матеріали, мастила і обтиральні

матеріали зберігають у спеціально відведених місцях, а під час роботи двигуна не допускають накопичення відпрацьованих газів у приміщенні.

Перед пуском працівник перевіряє заземлення стенда, справність аварійного вимикача, надійність огорожень рухомих частин і фіксацію двигуна. Забороняється виконувати підтягування кріплень, регулювання приводів або доторкатися до обертових деталей під час роботи двигуна. Усі регулювання виконують після зниження режиму або повної зупинки.

Порядок ведення документації також впливає на якість ремонту. У журналі обкатки зазначають дату, марку і номер двигуна, вид ремонту, прізвище виконавця, тривалість етапів, показники приладів, виявлені несправності, виконані регулювання і висновки майстра. Наявність такої інформації дає змогу аналізувати повторювані дефекти, удосконалювати технологію ремонту і планувати потребу в запасних частинах.

Таблиця 2.11 – Організаційні рішення для дільниці обкатки ДВЗ

Елемент організації	Прийняте рішення для дільниці обкатки
Кількість постів	Один універсальний обкатувальний стенд із резервом пропускної здатності
Персонал	Один слюсар-ремонтник під контролем майстра ремонтної майстерні
Режим роботи	Однозмінний, з можливістю подовження роботи у передсезонний період
Документація	Журнал обкатки, технологічна карта, акт приймально-здавального випробування
Контроль безпеки	Перевірка заземлення, вентиляції, огорожень, справності аварійної зупинки
Резерв потужності	Забезпечує повторну обкатку та сезонне зростання кількості ремонтів

Висновки до розділу

У другому розділі розроблено технологію обкатки відремонтованих двигунів внутрішнього згорання для дільниці ремонту ДВЗ машинно-ремонтної майстерні. Обґрунтовано послідовність операцій, яка включає підготовку двигуна, холодну обкатку, гарячу обкатку без навантаження, гарячу обкатку під навантаженням, контроль параметрів і оформлення результатів.

Запропоновано режими обкатки, які передбачають поступове підвищення частоти обертання і навантаження. Такий порядок забезпечує безпечне припрацювання деталей, виявлення дефектів складання та перевірку роботи систем мащення, охолодження, живлення і газовідведення. Для практичного використання складено таблиці режимів, перелік обладнання, карту технологічного процесу та алгоритм контролю якості.

Розрахунком встановлено, що річна трудомісткість обкатувально-випробувальних робіт для прийнятої програми ремонту становить 224,3 люд·год. Один універсальний обкатувально-гальмівний стенд повністю забезпечує потреби ремонтної майстерні аграрного підприємства та має необхідний резерв пропускної здатності для сезонних піків і повторних випробувань.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ДІЛЬНИЦІ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ТА СТЕНДА ДЛЯ ЇХ ПІСЛЯРЕМОНТНОЇ ОБКАТКИ

3.1 Аналіз стендового обладнання для обкатки двигунів

У структурі дільниці ремонту двигунів внутрішнього згоряння завершальною операцією є контрольна обкатка та випробування агрегата після складання. Саме на цьому етапі перевіряють якість ремонтно-складальних робіт, стабільність роботи систем мащення, живлення та охолодження, відсутність сторонніх шумів, герметичність з'єднань і здатність двигуна працювати під навантаженням. Тому для проєктованої ремонтної дільниці доцільно передбачити універсальний стенд, який дасть змогу виконувати холодну й гарячу обкатку двигунів різних типорозмірів.

Найпоширенішими у ремонтній практиці є обкатувально-гальмівні стенди. Їх основу зазвичай становлять балансірні асинхронні електричні машини трифазного струму з фазним ротором, рідинний регулювальний реостат, пристрій для вимірювання крутного моменту, пускозахисна апаратура, елементи кріплення двигуна та прилади для контролю витрати палива. Така компоновка дає змогу не лише прокручувати двигун без подачі палива, а й створювати регульоване навантаження під час гарячої обкатки.

Промисловістю та спеціалізованими конструкторськими організаціями свого часу було розроблено кілька типових стендів. Їх аналіз важливий для вибору конструктивного напрямку, оскільки кожна модель має власну зону раціонального використання за частотою обертання, допустимим моментом і потужністю гальмівної машини.

Електростенд КИ-2139А обладнаний електричною машиною АКБ-82-4 потужністю 55 кВт із синхронною частотою обертання 1500 об/хв. Його застосовують переважно для автомобільних двигунів, крутний момент яких не перевищує 40 кгс·м. Холодну обкатку на такому обладнанні можна проводити в діапазоні 600–1450 об/хв, а гарячу – у межах 1600–3000 об/хв.

Стенд КИ-1363Б призначений для тракторних двигунів із номінальною частотою 1200–2000 об/хв та крутним моментом до 40 кгс·м. У його складі використано асинхронну машину АКБ-82-6 потужністю 40 кВт із синхронною частотою 1000 об/хв. На ньому також можна випробовувати автомобільні двигуни з частотою обертання до 2500 об/хв, однак для більш швидкохідних двигунів такий стенд менш зручний, оскільки режим холодної обкатки обмежується частотою близько 950 об/хв.

Для низькообертових тракторних двигунів типу КДМ-46 і КДМ-100 застосовують електростенд КИ-598Б. Його електрична машина АКБ-92-8 має потужність 55 кВт і синхронну частоту 750 об/хв. Обладнання допускає обкатку двигунів інших марок, якщо їх крутний момент не перевищує 75 кгс·м, а номінальна частота обертання перебуває в межах 800–1500 об/хв.

Для потужних автомобільних і тракторних двигунів, зокрема ЯЗ-204, ЯЗ-206, ЯМЗ-236, ЯМЗ-238 і ЯМЗ-238НБ, використовується стенд КИ-2118А з електромашиною АКБ-92-4 потужністю 100 кВт і синхронною частотою 1500 об/хв. Такий стенд має значний запас потужності, але є менш універсальним для невеликої ремонтної дільниці через габарити, вартість і більші енерговитрати.

Порівняння наведених конструкцій показує, що для дільниці ремонту двигунів машинно-тракторного парку найбільш доцільним є не вузькоспеціалізований, а універсальний стенд із регульованими опорами. Основна вимога до такого стенда – швидке переналагодження під різні двигуни без значного обсягу ручних підготовчих робіт.

3.2 Об'єкт конструкторської розробки

Об'єктом удосконалення у даному розділі є стенд для післяремонтної обкатки та випробування двигунів внутрішнього згоряння. У межах організації технічного сервісу машинно-тракторного парку такий стенд розміщується на дільниці ремонту ДВЗ і забезпечує контроль якості відновлення двигуна перед його встановленням на машину.

Основним конструктивним елементом, який пропонується модернізувати, є рухома рама стенда. Її універсальність полягає в можливості змінювати положення опор залежно від схеми кріплення конкретного двигуна. Це дозволяє обслуговувати тракторні, вантажні та легкові двигуни без виготовлення окремих стаціонарних пристроїв для кожної марки.

Рама оснащується гідравлічним приводом, завдяки якому можна плавно змінювати висотне положення двигуна та забезпечувати точне суміщення осі колінчастого вала з валом електричної гальмівної машини. Така схема зменшує тривалість установлення двигуна, підвищує точність центрування і знижує навантаження на працівника під час підготовки стенда до роботи.

3.3 Мета та очікуваний результат упровадження конструкції

Розробка стенда спрямована на отримання технічного, організаційного та економічного ефекту. Технічний результат полягає у забезпеченні якісної післяремонтної обкатки двигунів із різними схемами кріплення. Організаційний ефект досягається завдяки скороченню часу на встановлення, центрування і зняття двигуна. Економічний результат пов'язаний зі зменшенням трудомісткості робіт, підвищенням пропускної здатності ділянки та скороченням простоїв машинно-тракторного парку.

Запропоноване застосування гідроприводу дає змогу виконувати регулювання положення двигуна без складних ручних операцій. Працівник задає напрям переміщення опор з пульта керування, а гідроциліндри забезпечують плавне піднімання або опускання двигуна. Унаслідок цього підготовчо-заклучний час обкатки зменшується, а умови праці на ремонтній ділянці стають безпечнішими та зручнішими.

3.4 Загальна характеристика запропонованого стенда

Запропонований стенд належить до обкатувально-гальмівного обладнання, призначеного для перевірки двигунів внутрішнього згоряння

після ремонту. Він може працювати в режимі прокручування двигуна електричною машиною під час холодної обкатки, а також у режимі гальмування під час гарячого випробування.

До складу стенда входять: двигун-гальмо АКБ-102-4 у комплекті з ваговим механізмом і пультом керування; рухома рама з гідравлічним приводом; водяний реостат для регулювання навантаження; щиток приладів; паливний бачок; пристрій для визначення витрати палива; установлювальні та з'єднувальні елементи.

Ключовою відмінністю розробленої конструкції є використання рухомої рами з регульованими опорами. Завдяки цьому стенд пристосовується до двигунів різних габаритів та маси, а також забезпечує точне виставлення агрегата відносно вала електромашини.

3.5 Будова та принцип роботи стенда

Рухома рама стенда складається з поздовжніх і поперечних полозів, які з'єднані між собою затискачами. Полози виконують функцію напрямних і дають змогу змінювати положення опор у поздовжньому та поперечному напрямках відповідно до розташування лап або інших місць кріплення двигуна.

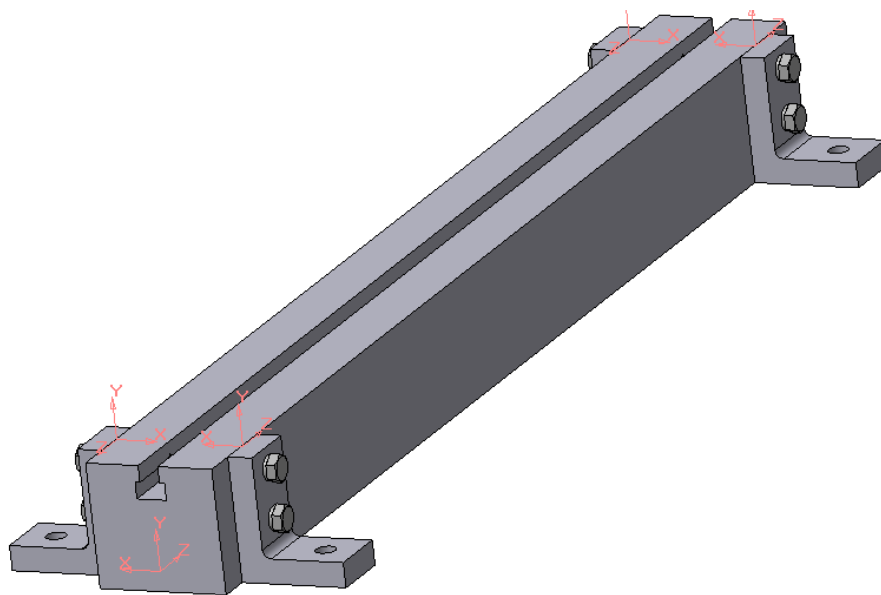


Рис. 3.1. Поздовжній полоз рухомої рами стенда

На полозах установлені колони. Вони можуть переміщуватися вздовж напрямних і фіксуватися у потрібному положенні. Така будова забезпечує переналагодження стенда без демонтажу основних вузлів, що особливо важливо для ремонтної дільниці, де протягом зміни можуть надходити двигуни різних марок.

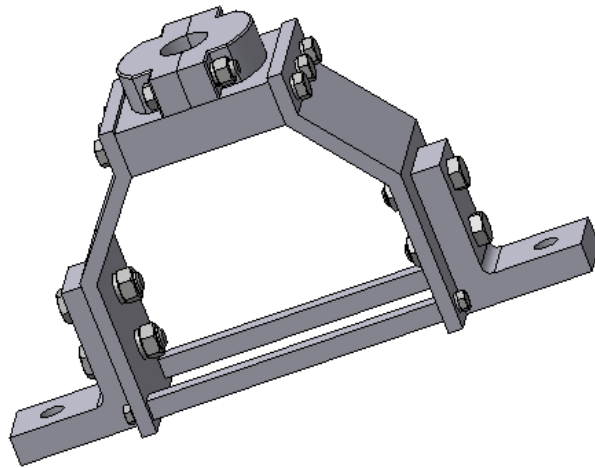


Рис. 3.2. Колонна для встановлення та фіксації опорного вузла

Гідроциліндри встановлюються в корпусах і фіксуються у колонах за допомогою сухарів. Кожний гідроциліндр працює як регульована опора, що сприймає навантаження від двигуна і дозволяє змінювати його положення по висоті. Для підвищення точності виставлення гідроциліндри можуть вмикатися попарно.

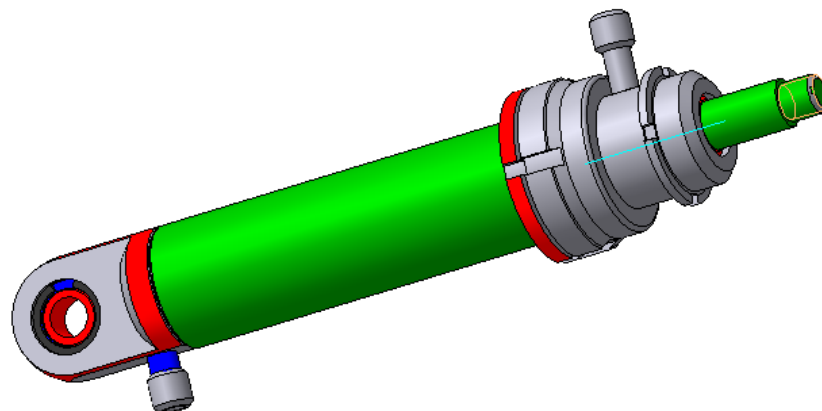


Рис. 3.3. Гідроциліндр регульованої опори стенда.

Для кріплення двигунів легкових автомобілів передбачена знімна підставка. Вона використовується у випадках, коли двигун доцільно

фіксувати за кожух зчеплення або за інші технологічні отвори, передбачені конструкцією агрегата.

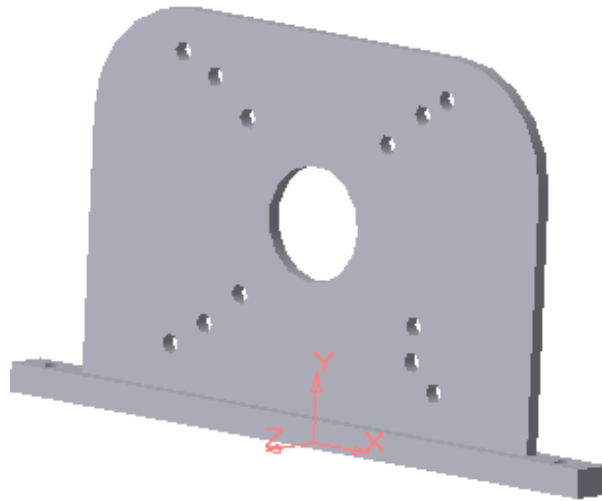


Рис. 3.4. Знімна підставка для фіксації двигуна.

Фіксація рухомих елементів здійснюється затискачами, до складу яких входять спеціальна гайка та вороток. Після встановлення потрібної відстані між опорами затискачі надійно закріплюють полози і колони, запобігаючи їх зміщенню під час обкатки.

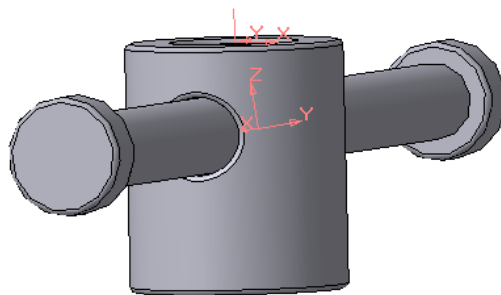


Рис. 3.5. Затискач для фіксації напрямних елементів.

Станція керування гідроциліндрами розташовується біля стенда і містить насосну станцію гідроприводу, електрошафу, гідропанель та трубопроводи. Гідростанція подає робочу рідину під тиском до виконавчих механізмів. До її складу входять електродвигун, гідронасос, фільтрувальні елементи, запобіжний клапан і бак для робочої рідини.

Електроапаратура розміщується у щитку приладів. На задній стінці щитка встановлюють магнітний пускач, трансформатор, запобіжники та клемні блоки, а на бічній стінці – автоматичний вимикач. Введення

електропроводів виконується через отвори з ущільнювачами, що захищають апаратуру від пилу й випадкового пошкодження.

Пульт керування розміщують у зоні зручного доступу оператора. На ньому розташовані сигнальні лампи, кнопка пуску гідроприводу, кнопки керування гідроциліндрами та кнопки вимкнення гідроприводу і стенда. Така компоновка дозволяє оператору контролювати підготовку двигуна до обкатки з одного робочого місця.

Двигун подається на стенд кран-балкою, встановлюється на опори та попередньо фіксується. Далі за допомогою гідроциліндрів здійснюють суміщення осі колінчастого вала з валом електромашини. Після центрування положення ползів і гідроциліндрів фіксують затискачами, під'єднують необхідні системи та переходять до режимів обкатки.

3.6 Характерні несправності та способи їх усунення

Під час експлуатації стенда найбільш імовірними є несправності гідравлічної або електричної частини. Для оперативного відновлення працездатності обладнання доцільно користуватися переліком типових відмов, наведеним у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характерні несправності стенда та методи їх усунення

№ п/п	Ознака несправності	Ймовірна причина	Спосіб усунення
1	Гідроциліндри не створюють потрібного зусилля	Запобіжний клапан не відрегульований; несправний гідронасос; пошкоджена муфта приводу насоса	Відрегулювати клапан на тиск 14 МПа; перевірити насос і муфту; несправні елементи замінити
2	Після вмикання гідроприводу електродвигун не запускається	Недостатній рівень оливи; підтікання у з'єднаннях; несправність електроапаратури; обрив проводу	Долити оливу до встановленого рівня; підтягнути з'єднання; перевірити апаратуру; відновити електричне коло

3.7 Розрахунок гідравлічного приводу

Робоча рідина у гідроприводі виконує дві основні функції: передає енергію від насоса до виконавчих органів і забезпечує мащення рухомих пар.

З урахуванням умов роботи ремонтної ділянки та можливого діапазону температур навколишнього середовища прийнято веретенну оливу АУ. Для розрахунку використано такі її характеристики: густина 886–896 кг/м³, кінематична в'язкість за 50 °С – 13 сСт, температура застигання – мінус 45 °С, температура спалаху у відкритому тиглі – 163 °С, робочий температурний діапазон – від мінус 35 до плюс 60 °С.

Основним виконавчим елементом гідроприводу є гідроциліндр регульованої опори. Його діаметр визначаємо за зусиллям, яке має сприймати шток під час установлення найважчого двигуна.

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{(4 \cdot P_{\text{к}} / (P_{\text{ном}} \cdot \pi \cdot \eta_{\text{ц}}))}, \text{ мм} \quad (3.1)$$

де $\eta_{\text{ц}}$ – коефіцієнт корисної дії гідроциліндра, $\eta_{\text{ц}} = 0,9 \dots 0,97$; $P_{\text{к}}$ – зусилля на штоці гідроциліндра, Н; $P_{\text{ном}}$ – номінальний тиск у гідросистемі, МПа.

Зусилля на штоці приймаємо рівним вазі найважчого двигуна, який планується обкатувати на стенді:

$$P_{\text{к}} = G = m \cdot g, \text{ Н} \quad (3.2)$$

де m – маса двигуна, $m = 1800$ кг; g – прискорення вільного падіння, $g = 9,8$ м/с².

$$P_{\text{к}} = 1800 \cdot 9,8 = 17,64 \text{ кН}$$

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{(4 \cdot 17640 / (10 \cdot 3,14 \cdot 0,97))} = 54 \text{ мм}$$

За результатами розрахунку та з урахуванням стандартного ряду приймаємо гідроциліндр із внутрішнім діаметром $D_{\text{ц}} = 63$ мм і ходом поршня $L = 360$ мм.

Діаметр штока вибираємо залежно від ходу поршня. Оскільки виконується умова $S \leq 10D$, а робочий тиск перебуває в межах 6,4–10 МПа, діаметр штока визначаємо за залежністю:

$$\begin{aligned} d &= 0,5 \cdot D_{\text{ц}} \\ d &= 0,5 \cdot 63 = 31,5 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3.3)$$

До встановлення приймаємо найближче більше стандартне значення $d = 32$ мм. Основні розміри вибраного гідроциліндра наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні розміри гідроциліндра

D, мм	d, мм	D ₁ , мм	d ₁	d ₂ , мм	b, мм	r _{max} , мм	l _{min} , мм
63	32	83	M22×1,5	32	32	45	45

Витрату робочої рідини, необхідну для переміщення штока із заданою швидкістю, визначаємо за формулою:

$$Q_H = \pi \cdot v \cdot (D^2 - d^2) / 4 \quad (3.4)$$

де v – задана швидкість переміщення штока, $v = 0,13$ м/с.

$$Q_H = 3,14 \cdot 0,13 \cdot (0,063^2 - 0,032^2) / 4 = 3,17 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

За отриманою потребою у подачі робочої рідини для гідроприводу приймаємо шестеренний насос НШ-32. Його основні характеристики подані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика шестеренного насоса НШ-32

Марка насоса	Робочий об'єм, см ³ /об	Тиск ном., МПа	Тиск макс., МПа	Частота ном., об/хв	Частота мін./макс., об/хв	Потужність, кВт	ККД; маса, кг
НШ-32	31,7	10	14	500	200/920	8,68	0,92; 6,6

Для зміни напрямку руху робочої рідини, реверсування гідроциліндрів і зупинення виконавчих органів застосовується золотниковий реверсивний гідророзподільник з електромагнітним керуванням. Його принципова схема показана на рисунку 3.6.

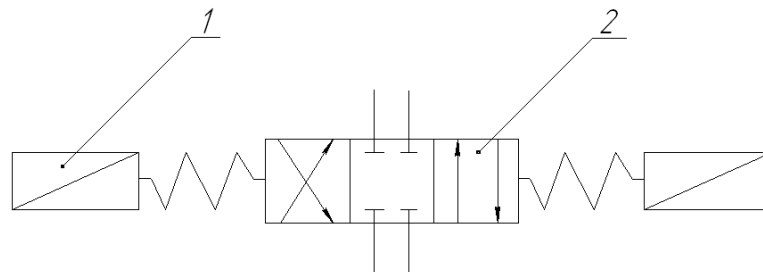


Рис. 3.6. Схема золотникового реверсивного гідророзподільника: 1 – електромагніт; 2 – золотник

Характеристики вибраного гідророзподільника наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Технічна характеристика гідророзподільника P20

Марка	Умовний прохід, мм	Потік ном., л/хв	Потік макс., л/хв	Тиск ном., МПа	Тиск макс., МПа	Допустимий тиск на злив, МПа
P20	20	100	125	16	17,5	0,8

Внутрішній діаметр всмоктувального, нагнітального та зливного трубопроводів визначаємо за допустимою швидкістю руху рідини:

$$d = \sqrt{(4 \cdot Q_n / (\pi \cdot V))}, \text{ мм} \quad (3.5)$$

де V – допустима швидкість потоку робочої рідини у відповідній гідролінії, м/с.

Таблиця 3.6 – Допустимі швидкості потоку рідини у гідролініях

Тиск, МПа	Зливна лінія, м/с	Нагнітальна лінія, м/с	Всмоктувальна лінія, м/с
16	2	5,5	1

$$d_{\text{всм}} = \sqrt{(4 \cdot 31,7 / (3,14 \cdot 1))} = 6 \text{ мм};$$

$$d_{\text{наг}} = \sqrt{(4 \cdot 31,7 / (3,14 \cdot 5,5))} = 3 \text{ мм};$$

$$d_{\text{зл}} = \sqrt{(4 \cdot 31,7 / (3,14 \cdot 2))} = 5 \text{ мм}$$

3.11 Перевірка міцності елементів рами станда

Під час роботи станда елементи рухомої рами сприймають масу двигуна, реакції від опор і додаткові навантаження, що виникають під час центрування та випробування. Тому для основних кріпильних елементів виконується перевірка на зріз, а для штока гідроциліндра – перевірка на згин.

Перевіримо болти колони М14×1,5 на зріз. Розрахункова схема наведена на рисунку 3.7.

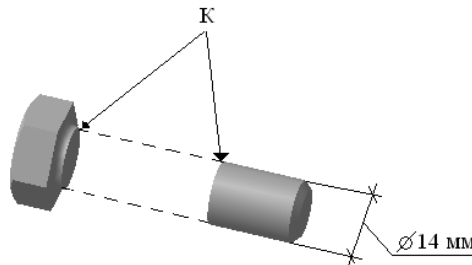


Рис.3.7. Схема розрахунку болта М14×1,5 на зріз

Допустиме напруження зрізу для матеріалу болта приймаємо $[\tau_{\text{зр}}] = 100 \text{ Н/мм}^2$. Умова міцності має вигляд:

$$\tau_{\text{зр}} = P_k / A_{\text{зр}} \leq [\tau_{\text{зр}}] \quad (3.6)$$

$$A_{\text{зр}} = \pi \cdot d^2 / 4 \quad (3.7)$$

$$A_{\text{зр}} = 3,14 \cdot 14^2 / 4 = 154 \text{ мм}^2$$

У з'єднанні передбачено чотири болти М14×1,5, але з метою врахування запасу міцності навантаження розподіляємо на три болти:

$$\tau_{\text{зр}} = 17640 / (3 \cdot 154) = 38,18 \text{ Н/мм}^2 < 100 \text{ Н/мм}^2$$

Отже, болтове з'єднання M14×1,5 задовольняє умову міцності із запасом.

Аналогічно виконаємо перевірку болтів M16×2, схема яких подана на рисунку 3.8.

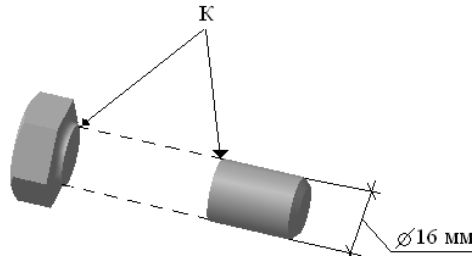


Рис. 3.8. Схема розрахунку болта M16×2 на зріз

$$A_{зр} = 3,14 \cdot 16^2 / 4 = 201 \text{ мм}^2$$

Кількість болтів M16×2 становить шість, однак для запасу розрахункове навантаження розподіляємо на п'ять болтів:

$$\tau_{зр} = 17640 / (5 \cdot 201) = 17,55 \text{ Н/мм}^2 < 100 \text{ Н/мм}^2$$

Умова міцності для болтів M16×2 також виконується з достатнім запасом.

Далі перевіряємо шток гідроциліндра на згин. Під дією моменту від маховика у поперечному перерізі штока виникають нормальні напруження. Розрахункова схема показана на рисунку 3.9.

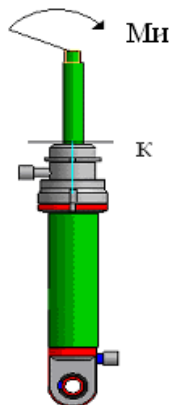


Рис. 3.9. Схема розрахунку штока гідроциліндра на згин.

Матеріал штока – сталь 10, межа текучості $\sigma_t = 260 \text{ МПа}$. Допустиме напруження на згин приймаємо $[\sigma_{зг}] = 200 \text{ Н/мм}^2$. Перевірку виконуємо за залежністю:

$$\sigma_{\max} = M_{\pi} / W_x \leq [\sigma_{zg}] \quad (3.8)$$

$$W_x = 0,1 \cdot d^3 \quad (3.9)$$

де M_{π} – згинальний момент, приведений до штока, $M_{\pi} = 910 \text{ Н} \cdot \text{м} = 910000 \text{ Н} \cdot \text{мм}$; W_x – момент опору перерізу, мм^3 ; d – діаметр штока, $d = 32 \text{ мм}$.

$$W_x = 0,1 \cdot 32^3 = 3276,8 \text{ мм}^3$$

Оскільки у конструкції використовується чотири штоки, а для запасу міцності навантаження розподіляється на три, одержуємо:

$$\sigma_{\max} = 910000 / (3 \cdot 3276,8) = 92,57 \text{ Н/мм}^2 < 200 \text{ Н/мм}^2$$

Отримане значення менше за допустиме, тому шток гідроциліндра має достатній запас міцності на згин.

Висновки по розділу

У третьому розділі обґрунтовано необхідність оснащення дільниці ремонту двигунів внутрішнього згоряння універсальним стендом для післяремонтної обкатки та випробування. Показано, що використання регульованої рухомої рами з гідроприводом дає змогу пристосовувати стенд до двигунів тракторів, вантажних і легкових автомобілів, скорочуючи час підготовки агрегата до обкатки.

Розглянуто будову стенда, принцип роботи гідравлічної системи, порядок монтажу, технічного обслуговування та можливі несправності. Виконано розрахунок гідроприводу, за результатами якого прийнято гідроциліндр діаметром 63 мм зі штоком 32 мм, шестеренний насос НШ-32 і гідророзподільник Р20. Перевіркою болтових з'єднань і штока гідроциліндра встановлено, що основні елементи рами мають достатній запас міцності.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

4.1. Вихідні умови та завдання економічної оцінки

Техніко-економічне обґрунтування виконано для проектних рішень, спрямованих на удосконалення організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства з земельним фондом 3000 га. У попередніх розділах обґрунтовано необхідність створення спеціалізованої дільниці ремонту двигунів внутрішнього згорання та застосування стенда для обкатки відремонтованих ДВЗ. Економічна оцінка має показати, чи забезпечують запропоновані заходи зменшення витрат на ремонт, скорочення простоїв техніки та раціональне використання трудових ресурсів майстерні.

За базовий варіант прийнято існуючу організацію робіт, коли частина операцій з ремонту, регулювання і перевірки двигунів виконується із залученням сторонніх сервісних організацій, а підготовчо-заклучні роботи мають підвищену трудомісткість. Проектний варіант передбачає виконання основного обсягу робіт у власній машинно-ремонтній майстерні, застосування універсального стенда для обкатки, спеціальних пристроїв для установлення ДВЗ та впорядкування робочих місць дільниці.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку

Показник	Позначення	Значення, прийняте для розрахунку
Площа земельного фонду підприємства	F	3000 га
Річна програма ремонту і обкатки ДВЗ	N	24 двигуни
Трудомісткість робіт на 1 двигун у базовому варіанті	T _б	84 люд·год
Трудомісткість робіт на 1 двигун у проектному варіанті	T _п	61 люд·год
Тарифна ставка ремонтного робітника	З _т	110 грн/год
Коефіцієнт додаткової заробітної плати	k _д	0,20
Коефіцієнт нарахувань на оплату праці	k _н	0,22
Втрати від простою техніки	V _{пр}	1800 грн/добу

Методика оцінювання ґрунтується на порівнянні двох варіантів: базового і проектного. До розрахунку включено капітальні вкладення у дільницю, зміну річної трудомісткості, витрати на оплату праці, матеріали,

енергоресурси, послуги сторонніх організацій, витрати від простою техніки, амортизацію та обслуговування нового обладнання. Послідовність розрахунку подано на схемі 4.1.

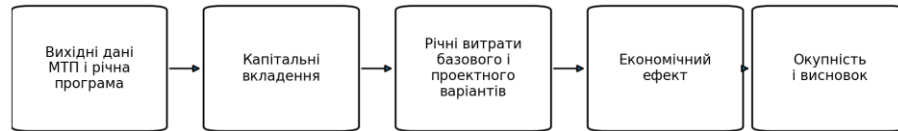


Рис. 4.1. Послідовність техніко-економічного обґрунтування проектних рішень

4.2. Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення формуються з вартості обладнання, пристосувань, монтажних робіт та підготовки робочих місць. Оскільки проект передбачає використання наявного приміщення ремонтної майстерні, витрати на будівництво нового корпусу не враховуються. Основні витрати пов'язані з придбанням і монтажем стенда обкатки ДВЗ, гідравлічних елементів регулювання положення двигуна, інструменту, засобів контролю та засобів безпеки.

Загальну суму капітальних вкладень визначаємо за виразом:

$$K_{\Pi} = K_{об} + K_{осн} + K_{мон} + K_{підг}, \quad (4.1)$$

де $K_{об}$ – вартість основного обладнання; $K_{осн}$ – витрати на оснащення і пристрої; $K_{мон}$ – монтаж та пусконаладжувальні роботи; $K_{підг}$ – витрати на підготовку робочих місць і документації.

Прийнятий обсяг вкладень є достатнім для створення дільниці, що виконує розбирання, дефектацію, складання, регулювання і контрольну обкатку двигунів тракторів, автомобілів та самохідних сільськогосподарських машин. У подальших розрахунках капітальні вкладення приймаємо $K_{\Pi} = 445000$ грн.

Таблиця 4.2 – Кошторис капітальних вкладень у дільницю ремонту ДВЗ

Найменування витрат	Сума, грн	Питома частка, %
Універсальний стенд обкатки ДВЗ з гідравлічним регулюванням	152000	34,2
Гідростанція, електроапаратура, трубопроводи і захисні кожухи	65000	14,6
Пристрої для розбирання, складання та фіксації двигунів	48000	10,8
Контрольно-вимірювальні прилади та діагностичні засоби	36000	8,1
Підіймально-транспортне оснащення та візки	44000	9,9
Освітлення, вентиляція і засоби виробничої безпеки	28000	6,3
Монтаж, підключення та пусконаладження обладнання	52000	11,7
Технологічна документація та навчання персоналу	20000	4,4
Разом капітальні вкладення	445000	100,0

4.3. Визначення зміни трудомісткості ремонтних робіт

Одним із основних результатів проекту є скорочення трудомісткості операцій. Зменшення витрат праці досягається за рахунок раціонального розміщення обладнання, застосування спеціальних опор і затискачів, механізації установа двигуна на стенд, зменшення кількості повторних регулювань та можливості виконувати обкатку без передачі двигуна стороннім виконавцям.

Річна трудомісткість робіт визначається за формулою:

$$T_p = N \cdot T_{од}, \quad (4.2)$$

де N – кількість двигунів за рік; $T_{од}$ – трудомісткість ремонту, регулювання і обкатки одного двигуна.

Таблиця 4.3 – Порівняння трудомісткості робіт у базовому і проектному варіантах

Операція	Базовий варіант, люд·год	Проектний варіант, люд·год	Зменшення, люд·год
Приймання, очищення та первинна дефектація	10	9	1
Розбирання, комплектування та складання ДВЗ	28	24	4
Ремонт і регулювання систем живлення, мащення та охолодження	18	16	2

Установлення на стенд, обкатка і контроль параметрів	16	7	9
Здавання двигуна, оформлення документації	12	5	7
Разом на один двигун	84	61	23
Разом за річною програмою 24 двигуни	2016	1464	552

Згідно з розрахунком, річна економія праці становить 552 люд·год, або 27,4 % від трудомісткості базового варіанта. Це дає змогу зменшити сезонне перевантаження ремонтної майстерні та використати вивільнений час на виконання поточного ремонту тракторів, ґрунтообробних машин і транспортних засобів.

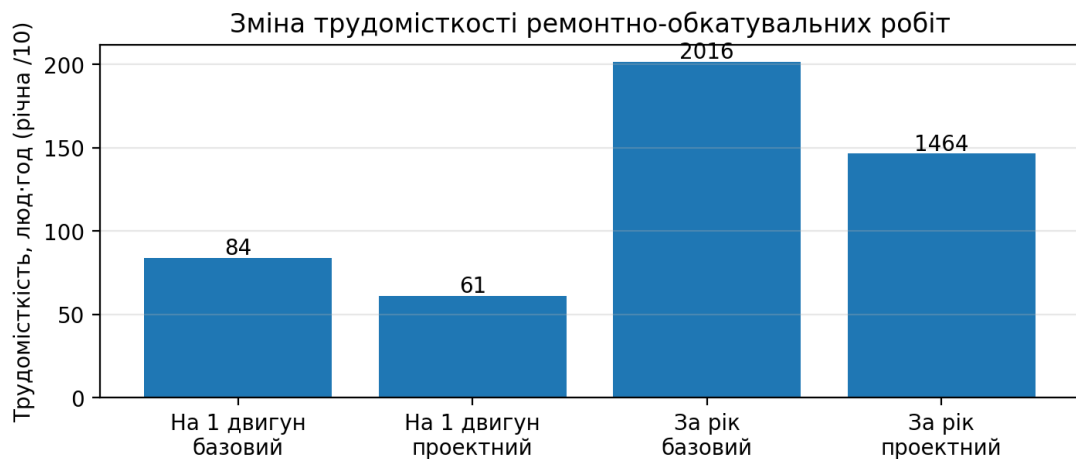


Рис. 4.2. Порівняння трудомісткості ремонтно-обкатувальних робіт.

4.4. Розрахунок річних експлуатаційних витрат

Вартість однієї людино-години ремонтного робітника визначаємо з урахуванням додаткової заробітної плати та нарахувань:

$$C_r = Z_r \cdot (1 + k_d) \cdot (1 + k_n). \quad (4.3)$$

За прийнятими вихідними даними $C_r = 110 \cdot 1,20 \cdot 1,22 = 161.04$ грн/люд·год. Річні витрати на оплату праці обчислюємо множенням річної трудомісткості на вартість однієї людино-години. Для базового варіанта вони становлять 324.7 тис. грн, для проектного – 235.8 тис. грн.

Крім заробітної плати, до річних витрат віднесено запасні частини і матеріали, енергоресурси, транспортно-сервісні витрати, загальновиробничі

витрати, втрати від простою техніки, а для проектного варіанта – амортизацію і технічне обслуговування нового обладнання. Розрахунок наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Порівняння річних витрат на ремонт і обкатку ДВЗ

Стаття витрат	Базовий варіант, тис. грн	Проектний варіант, тис. грн	Економія (+) / перевитрата (-), тис. грн
Оплата праці з нарахуваннями	324.7	235.8	88.9
Матеріали, запасні частини та технологічні рідини	165.6	156.0	9.6
Сторонні сервісні роботи і транспортні витрати	108.0	28.8	79.2
Електроенергія та інші енергоресурси	4.3	7.4	-3.1
Загальновиробничі витрати	90.9	66.0	24.9
Втрати від простою техніки під час ремонту	103.7	51.8	51.8
ТО і поточний ремонт нового обладнання	0,0	17.8	-17.8
Амортизаційні відрахування	0,0	44.5	-44.5
Разом річні витрати	797.2	608.2	189.0

Найбільший економічний результат формується за рахунок скорочення оплати праці, зменшення витрат на сторонні сервісні роботи та зниження втрат від простою машин. Незначне збільшення витрат на електроенергію пояснюється використанням стенда обкатки, однак воно не має суттєвого впливу на загальний результат. Навіть з урахуванням амортизації та обслуговування нового обладнання проектный варіант є дешевшим за базовий.

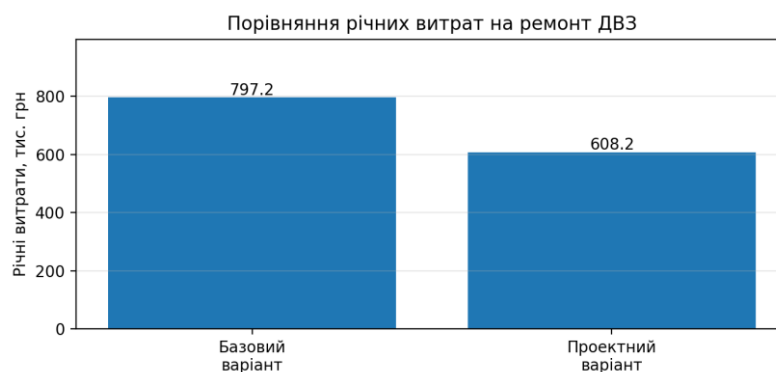


Рис. 4.3. Порівняння річних витрат у базовому та проектному варіантах.

4.5. Визначення економічного ефекту та строку окупності

Річний економічний ефект визначається як різниця між річними витратами базового і проектного варіантів:

$$E_p = C_b - C_{\pi}, \quad (4.4)$$

$$E_p = 797.2 - 608.2 = 189.0 \text{ тис. грн.}$$

Строк окупності капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = K_{\pi} / E_p. \quad (4.5)$$

$T_{ок} = 445,0 / 189.0 = 2.35$ року. Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень дорівнює:

$$E_k = E_p / K_{\pi}. \quad (4.6)$$

$E_k = 189.0 / 445,0 = 0.42$. Отже, кожна гривня вкладень у створення ділянки ремонту ДВЗ забезпечує близько 0.42 грн річного економічного результату.

Таблиця 4.5 – Узагальнені техніко-економічні показники проекту

Показник	Одиниця вимірювання	Значення
Капітальні вкладення у проект	тис. грн	445.0
Річна програма ремонту та обкатки ДВЗ	двигунів/рік	24
Річна економія трудомісткості	люд·год	552
Річні витрати у базовому варіанті	тис. грн	797.2
Річні витрати у проектному варіанті	тис. грн	608.2
Річний економічний ефект	тис. грн	189.0
Зниження витрат на один двигун	грн/двигун	7875
Строк окупності вкладень	року	2.35
Коефіцієнт економічної ефективності	1/рік	0.42

4.6. Висновки за розділом

Виконане техніко-економічне обґрунтування підтверджує доцільність упровадження проектних рішень у машинно-ремонтній майстерні аграрного підприємства. Створення ділянки ремонту ДВЗ і застосування стенда обкатки скорочують трудомісткість робіт на 552 люд·год за рік, або на 27,4 %, зменшують залежність від сторонніх сервісних організацій та прискорюють повернення техніки до роботи. Капітальні вкладення

становлять 445.0 тис. грн, річний економічний ефект – 189.0 тис. грн, строк окупності – 2.35 року. Отже, проектні рішення є економічно обґрунтованими і можуть бути рекомендовані до впровадження в умовах підприємства з земельним фондом 3000 га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства з розробкою дільниці ремонту двигунів внутрішнього згорання. Актуальність теми зумовлена тим, що ефективна робота сільськогосподарського підприємства значною мірою залежить від технічної готовності тракторів, комбайнів, автомобілів та іншої техніки, а простой машин у періоди напружених польових робіт призводять до зниження продуктивності, збільшення витрат і втрат урожаю.

У першому розділі було виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні для аграрного підприємства зони Полісся із земельним фондом 3000 га. Підібрано склад машинно-тракторного парку, який забезпечує виконання основних технологічних операцій у рослинництві. Визначено річну трудомісткість технічного обслуговування та ремонту машин, встановлено потребу в ремонтно-обслуговувальних роботах і складено графік завантаження майстерні. Це дозволило обґрунтувати доцільність створення спеціалізованої дільниці ремонту двигунів внутрішнього згорання у структурі ремонтної бази підприємства.

У другому розділі розглянуто технологію та режими обкатки відремонтованих ДВЗ. Встановлено, що післяремонтна обкатка є важливим завершальним етапом ремонту двигуна, оскільки вона забезпечує припрацювання деталей, перевірку роботи систем мащення, охолодження, живлення та виявлення можливих дефектів до встановлення двигуна на машину. Запропоновано раціональну послідовність виконання холодної та гарячої обкатки, наведено основні контрольні параметри й умови якісного проведення випробувань.

У третьому розділі виконано розробку універсального стенда для обкатки двигунів внутрішнього згорання. Запропонована конструкція передбачає застосування рухомої рами з гідроприводом, що дає змогу

встановлювати та центрувати двигуни різних марок, зокрема тракторні, автомобільні й комбайнові. Використання гідравлічного регулювання положення двигуна дозволяє зменшити тривалість підготовчо-заклучних операцій, знизити частку ручної праці та підвищити точність встановлення двигуна відносно приводу стенда. Проведені розрахунки гідроприводу й елементів рами підтвердили достатній запас міцності основних деталей конструкції.

У четвертому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проектних рішень. Визначено, що впровадження дільниці ремонту ДВЗ та використання стенда для післяремонтної обкатки дозволяє скоротити витрати на сторонні ремонтні послуги, зменшити простої техніки, підвищити якість ремонту та забезпечити кращий контроль технічного стану двигунів. Економічний ефект досягається за рахунок раціональнішого використання ремонтної бази підприємства, скорочення часу на підготовку двигунів до експлуатації та підвищення надійності машинно-тракторного парку.

Отже, поставлена мета кваліфікаційної роботи досягнута. Запропоновані організаційні, технологічні та конструктивні рішення спрямовані на підвищення ефективності технічного сервісу аграрного підприємства. Розроблена дільниця ремонту двигунів внутрішнього згорання може бути використана в умовах машинно-ремонтної майстерні господарства для покращення якості ремонту, зменшення експлуатаційних витрат і забезпечення високої технічної готовності машинно-тракторного парку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 28 с.
2. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 31 с.
3. Коновалюк О. В., Кіяшко В. М., Колісник М. В. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2013. 404 с.
4. Сукач М. К. Технічний сервіс машин : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2017. 290 с.
5. 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.
6. Ремонт машин та обладнання : підручник / О. І. Сідашенко та ін. ; за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Київ : Агроосвіта, 2014. 665 с.
7. Ремонт машин та обладнання : підручник / В. І. Дирда, П. Т. Мельянцов, Є. В. Калганков та ін. Дніпропетровськ : Журфонд, 2015. 292 с.
8. Технічний сервіс в АПК : навч.-метод. комплекс : навч. посіб. / С. М. Грушецький, І. М. Бендера, О. В. Козаченко та ін. ; за ред. С. М. Грушецького, І. М. Бендери. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я. І., 2014. 680 с.
9. Ільченко В. Ю., Карасьов П. І., Лімонт А. С. та ін. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві : навч. посіб. / за ред. В. Ю. Ільченка. Київ : Урожай, 1993. 288 с.
10. 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.
11. Бондаренко М. Г., Демещук В. А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві : підручник. Київ : Вища школа, 1995. 237 с.

12. Довідник сільського інженера / В. Д. Гречкосій, О. М. Погорілець, І. І. Ревенко та ін. ; за ред. В. Д. Гречкосія. 2-ге вид., перероб. і допов. Київ : Урожай, 1991. 400 с.
13. Borak, K. V., Kulykivskyi V. L. Borovskyi V. M. Rudenko V. G., Dobranskiy S. S. Increasing the wear resistance of the working bodies of tillage machines by electrical discharge machining. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Випуск 3 (48) 2025. Технічні науки. С.149-160.
14. Практикум з машиновикористання в землеробстві : навч. посіб. / за ред. І. І. Мельника. Київ : Кондор, 2004. 284 с.
15. Машиновикористання в землеробстві / за ред. В. Ю. Ільченка, Ю. П. Нагірного. Київ : Урожай, 1996. 381 с.
16. Борак К.В., Міненко С.В., Савчук В.С., Буката Д.О. Перспективні напрямки підвищення надійності дизельних автотракторних двигунів. Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 20-22 жовтня 2025 року: збірник наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2025. С. 74-77.
17. 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.
18. Гудзь В. П., Приймак І. Д., Будьонний Ю. В. Землеробство : підручник / за ред. В. П. Гудзя. Київ : Урожай, 1996. 384 с.

19. Двигуни внутрішнього згоряння : підручник : у 6 т. / за ред. А. П. Марченка, А. Ф. Шеховцова. Харків : НТУ «ХПІ», 2004.
20. Шапко В. Ф. Двигуни внутрішнього згоряння : навч. посіб. Кременчук : КрНУ, 2025. 412 с.
21. Канарчук В. Є., Чигринець О. Д., Голяк О. Я., Шоцький П. М. Відновлення автомобільних деталей: технологія та обладнання : підручник. Київ : Вища школа, 1995. 302 с.
22. Борак К. В., Вазінський М. Ю., Дубінін Д. Ю. Особливості технічного обслуговування сучасних дизельних двигунів. Напрями розвитку технологічних систем і логістики в АПВ: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 22 травня 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 35-39.
23. Хомич Ю. А. Технічний сервіс в АПК : конспект лекцій. Любешів : Любешівський технічний коледж Луцького НТУ, 2019. 66 с.