

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

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

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Вендер Сергій Андрійович

УДК 621.43.004.67

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Організація роботи дільниці з ремонту ДВЗ з розробкою
стенду для розбирання двигунів**

208 “Агроінженерія”

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

Керівник роботи

Куликівський В.Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Вендер Сергій Андрійович. Організація роботи дільниці з ремонту ДВЗ з розробкою стенду для розбирання двигунів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

У роботі розглянуто організацію роботи дільниці з ремонту двигунів внутрішнього згорання в умовах машинно-ремонтної майстерні сільськогосподарського підприємства, розташованого в зоні Полісся Житомирської області. Для підприємства з площею земельних угідь 1250 га підібрано склад машинно-тракторного парку та обґрунтовано необхідність створення спеціалізованої ремонтної дільниці, яка виконуватиме як власні ремонтно-обслуговуючі роботи, так і замовлення сторонніх споживачів. Річну програму ремонту прийнято в обсязі 600 двигунів.

У роботі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні, визначено трудомісткість ремонтно-обслуговуючих робіт і обґрунтовано використання виробничої дільниці розміром 21×36 м. Проаналізовано основні несправності двигунів автотракторної техніки, зокрема дефекти циліндро-поршневої групи, кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів, а також систем мащення, охолодження, живлення і пуску.

У конструктивній частині обґрунтовано розробку стенда для розбирання-збирання двигунів, який підвищує зручність виконання ремонтних операцій, зменшує трудомісткість робіт, покращує доступ до вузлів двигуна та забезпечує безпечніші умови праці. У розділі з охорони праці визначено небезпечні й шкідливі виробничі фактори, виконано розрахунок вентиляції та штучного освітлення, запропоновано заходи з електро- і пожежної безпеки.

У техніко-економічному розділі визначено собівартість ремонту одного двигуна, річний дохід, прибуток дільниці, економічний ефект від упровадження стенда, строк окупності та точку беззбитковості. Встановлено, що організація спеціалізованої дільниці ремонту двигунів є економічно доцільною, оскільки забезпечує ефективне використання виробничих площ, обладнання і трудових ресурсів.

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, ремонт двигунів, автотракторна техніка, машинно-ремонтна майстерня, ремонтна дільниця, стенд для розбирання-збирання.

ANNOTATION

Serhiy Andriyovych Vender. Organisation of the internal combustion engine repair workshop, including the design of a test bench for engine dismantling. – 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 paper examines the organisation of an internal combustion engine repair section within the machinery and repair workshop of an agricultural enterprise located in the Polissya region of Zhytomyr Oblast. For an enterprise with 1,250 hectares of land, the composition of the machinery and tractor fleet has been selected and the need to establish a specialised repair section has been justified; this section will carry out both its own repair and maintenance work and orders from external customers. An annual repair programme has been adopted for 600 engines.

The study calculates the parameters of the machinery repair workshop, determines the labour intensity of repair and maintenance work, and justifies the use of a production area measuring 21×36 m. The main faults in engines of agricultural and tractor machinery have been analysed, in particular defects in the cylinder-piston group, the crankshaft-connecting rod and valve train mechanisms, as well as the lubrication, cooling, fuel supply and starting systems.

In the design section, the development of a test bench for engine disassembly and assembly is justified, which improves the convenience of repair operations, reduces labour intensity, improves access to engine components and ensures safer working conditions. The occupational health and safety section identifies hazardous and harmful production factors, calculates ventilation and artificial lighting requirements, and proposes measures for electrical and fire safety.

The technical and economic section determines the cost of repairing a single engine, annual revenue, the workshop's profit, the economic benefit of implementing the stand, the payback period and the break-even point. It has been established that the organisation of a specialised engine repair section is economically viable, as it ensures the efficient use of production space, equipment and labour resources.

Keywords: internal combustion engine, engine repair, automotive and tractor equipment, machine repair workshop, repair section, disassembly-assembly test bench.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ ПРОЕКТНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	10
1.1. Вихідні дані та виробничі умови проєктного підприємства.....	10
1.2. Обґрунтування структури виробництва та підбір сучасного машинно- тракторного парку.....	11
1.3. Методика розрахунку обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт.....	13
1.4. Розрахунок трудомісткості робіт для власного машинно-тракторного парку.....	13
1.5. Розрахунок обсягу робіт ділянки з ремонту двигунів внутрішнього згорання.....	15
1.6. Зведений річний обсяг робіт машинно-ремонтної майстерні.....	17
1.7. Розрахунок чисельності працівників і оцінка достатності площі майстерні.....	18
Висновки по розділу.....	19
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ НЕСПРАВНОСТІ ТА СПОСОБИ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ.....	21
2.1. Умови роботи двигунів автотракторної техніки та вимоги до їх технічного стану.....	21
2.2. Класифікація несправностей двигунів.....	22
2.3. Несправності циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму.....	24
2.4. Несправності газорозподільного механізму та головки блока циліндрів....	26
2.5. Несправності систем мащення, охолодження, живлення та впуску.....	27
2.6. Діагностування технічного стану двигунів перед ремонтом.....	30
2.7. Способи ремонту та відновлення деталей двигунів.....	32
2.8. Технологічна послідовність ремонту двигуна на проєктній ділянці.....	35

2.9. Обґрунтування необхідності стенда для розбирання-збирання двигунів....	37
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	40
3.1. Аналіз існуючих конструкцій.....	40
3.2. Характеристика розроблюваного стенду.....	45
3.3. Розрахунок конструкції стенду.....	46
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	52
4.1. Загальна характеристика умов праці на ділянці.....	52
4.2. Вимоги безпечної організації робіт.....	55
4.3. Розрахунок вентиляції ділянки.....	56
4.4. Розрахунок освітлення ділянки.....	55
4.5. Електробезпека, пожежна безпека та висновки.....	56
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ.....	58
5.1. Мета та вихідні умови економічного обґрунтування.....	58
5.2. Розрахунок виробничої програми та доходу ділянки.....	59
5.3. Розрахунок собівартості ремонту одного двигуна.....	60
5.4. Капітальні вкладення у стенд для розбирання-збирання двигунів.....	61
5.5. Розрахунок економічного ефекту від впровадження стенда.....	62
5.6. Показники беззбитковості та узагальнення результатів.....	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасне сільськогосподарське виробництво значною мірою залежить від технічного стану машинно-тракторного парку, своєчасності виконання польових робіт та ефективності використання наявних технічних ресурсів. У структурі машинно-тракторного парку аграрних підприємств важливе місце займають трактори, автомобілі, комбайни, навантажувачі та інші самохідні машини, працездатність яких безпосередньо визначається надійністю двигунів внутрішнього згорання. Двигун є одним із найскладніших і найдорожчих агрегатів машини, тому його своєчасне технічне обслуговування, якісний ремонт і правильне складання мають важливе значення для забезпечення безперебійної роботи техніки.

У процесі експлуатації автотракторної техніки двигуни працюють у складних умовах. Вони зазнають дії значних механічних, теплових і динамічних навантажень, працюють у запиленому середовищі, за змінних температур, нерівномірних режимів навантаження та тривалих періодів роботи у напружені сезонні строки. Унаслідок цього відбувається зношування деталей циліндро-поршневої групи, кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів, порушується робота систем мащення, охолодження, живлення та пуску. Несвоєчасне усунення несправностей призводить до зниження потужності двигуна, збільшення витрати пального й мастильних матеріалів, підвищення димності, перегрівання, втрати компресії та, зрештою, до виходу машини з ладу.

Особливо актуальним питання ремонту двигунів є для сільськогосподарських підприємств, які експлуатують значну кількість техніки та виконують роботи у стислі агротехнічні строки. Простої тракторів, комбайнів і автомобілів у період посівної, догляду за посівами чи збирання врожаю можуть спричинити значні виробничі втрати.

Тому важливим завданням є створення ефективної ремонтно-обслуговуючої бази, яка дозволяє своєчасно виявляти несправності, виконувати якісний ремонт агрегатів і забезпечувати швидке повернення техніки до роботи.

У даній кваліфікаційній роботі розглядається організація роботи дільниці з ремонту двигунів внутрішнього згорання для проектного сільськогосподарського підприємства, розташованого в зоні Полісся Житомирської області. Площа земель підприємства становить 1250 га, що потребує наявності сучасного машинно-тракторного парку та відповідної ремонтної бази. З урахуванням розміщення підприємства неподалік від обласного центру передбачено, що дільниця ремонту двигунів виконуватиме не лише власні ремонтно-обслуговуючі роботи, а й надаватиме послуги стороннім замовникам. Річна програма ремонту прийнята на рівні 600 двигунів, що забезпечує стабільне завантаження дільниці, обладнання та ремонтного персоналу.

Важливою умовою підвищення ефективності ремонту двигунів є застосування спеціалізованого технологічного обладнання. Одним із таких засобів є стенд для розбирання-збирання двигунів, який дозволяє надійно закріплювати агрегат, повертати його у зручне положення, забезпечувати доступ до основних вузлів і деталей, зменшувати частку ручної праці та підвищувати безпеку виконання ремонтних операцій. Використання такого стенда сприяє зниженню трудомісткості ремонту, покращенню якості складання, зменшенню ризику пошкодження деталей і підвищенню продуктивності праці ремонтників.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності вдосконалення організації ремонтного виробництва в аграрному підприємстві, підвищення якості ремонту двигунів автотракторної техніки, скорочення простоїв машин і забезпечення економічної ефективності роботи ремонтної дільниці. Розробка стенда для розбирання-збирання двигунів є доцільним технічним рішенням, оскільки дозволяє механізувати трудомісткі операції, покращит

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності роботи ділянки з ремонту двигунів внутрішнього згорання шляхом раціональної організації ремонтно-обслуговуючих робіт і розробки стенда для розбирання-збирання двигунів автотракторної техніки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

Підібрати склад сучасного машинно-тракторного парку для проектного сільськогосподарського підприємства площею 1250 га.

Розрахувати обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт і трудомісткість робіт ділянки ремонту двигунів.

Проаналізувати основні несправності двигунів автотракторної техніки та визначити способи їх усунення.

Обґрунтувати необхідність застосування стенда для розбирання-збирання двигунів.

Розробити заходи з охорони праці, виконати розрахунок вентиляції та освітлення ділянки.

Провести техніко-економічне обґрунтування запропонованих проектних рішень.

Об'єктом дослідження є технологічний процес ремонту двигунів внутрішнього згорання автотракторної техніки в умовах ремонтної ділянки сільськогосподарського підприємства.

Предметом дослідження є організаційні, технологічні та конструктивні рішення, спрямовані на підвищення ефективності розбирання, дефектування, ремонту та збирання двигунів.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Борак К.В., Зелінський А.В., Куликівський В.Л., Белявський Р.С., Вендер С.А. Система технічного обслуговування і діагностики машин для рослинництва в умовах дефіциту ресурсів. 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. 100-103.

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

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоновані проектні рішення можуть бути використані під час організації або модернізації ділянки з ремонту двигунів у машинно-ремонтній майстерні сільськогосподарського підприємства. Впровадження стенда для розбирання-збирання двигунів дозволить підвищити продуктивність праці, знизити трудомісткість ремонтних операцій, покращити якість ремонту та забезпечити безпечніші умови праці ремонтного персоналу.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновку та списку використаних джерел з 22 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 69 сторінок комп'ютерного тексту, містить 6 рисунків, 23 таблиці та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ ПРОЕКТНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Вихідні дані та виробничі умови проєктного підприємства

Проектне сільськогосподарське підприємство розташоване в зоні Полісся Житомирської області поблизу обласного центру. Таке розміщення є важливим організаційним чинником: господарство має зручні транспортні зв'язки, можливість оперативного постачання запасних частин і достатній попит на виконання ремонтних робіт для сторонніх замовників. У зв'язку з цим у складі машинно-ремонтної майстерні передбачається спеціалізована дільниця з ремонту двигунів внутрішнього згорання, яка, крім обслуговування власного машинно-тракторного парку, виконуватиме ремонт двигунів на замовлення.

Загальна площа сільськогосподарських угідь підприємства становить 1250 га. Для умов Полісся характерними є підвищена вологість, строкатість ґрунтового покриву, наявність дерново-підзолистих ґрунтів, а також потреба в раціональному поєднанні традиційного, мінімального та поверхневого обробітку. Тому склад машинно-тракторного парку повинен забезпечувати якісне виконання основних польових операцій у стислі агротехнічні строки, а майстерня – підтримувати високу технічну готовність тракторів, комбайнів, посівної, ґрунтообробної та транспортної техніки.

Вихідними даними для розрахунку є: площа землекористування – 1250 га; розміри дільниці машинно-ремонтної майстерні – 21×36 м; річна програма замовного ремонту двигунів – 600 двигунів; спеціалізація дільниці – розбирання, миття, дефектація, комплектування, збирання та післяремонтний контроль двигунів внутрішнього згорання сільськогосподарської, автомобільної та допоміжної техніки.

$$F_{\text{мрм}} = 21 \cdot 36 = 756 \text{ м}^2$$

Отже, загальна виробнича площа проектної ділянки становить 756 м². У подальших розрахунках ця площа використовується для перевірки можливості розміщення постів ремонту двигунів, допоміжних зон і постів технічного обслуговування власного машинно-тракторного парку.

1.2. Обґрунтування структури виробництва та підбір сучасного машинно-тракторного парку

Структуру посівних площ приймаємо з урахуванням природно-кліматичних умов Полісся, потреби в чергуванні культур, завантаженні техніки протягом року і можливості отримання товарної продукції. Для проектного господарства доцільним є поєднання зернової групи, кукурудзи, сої, ріпаку, соняшнику та картоплі. Така структура забезпечує достатнє навантаження на сучасні трактори, зернозбиральні комбайни, посівні комплекси та машини для захисту рослин.

Таблиця 1.1 – Структуру посівних площ.

Культура	Площа, га	Частка, %	Виробниче призначення
Озима пшениця	350	28,0	товарне зерно, солома для потреб господарства
Ярий ячмінь та овес	120	9,6	зернофуражна група
Кукурудза на зерно	260	20,8	зерно високої вологості, потребує потужної збиральної техніки
Соя	240	19,2	бобова культура, помірні вимоги до обробітку ґрунту
Озимий ріпак	100	8,0	раннє збирання, розвантажує графік комбайнів
Соняшник	100	8,0	олійна культура для диверсифікації сівозміни
Картопля	80	6,4	характерна для Полісся трудомістка культура
Разом	1250	100,0	—

Підбір машин виконуємо за принципом достатності енергетичного насичення та мінімізації простоїв у пікові періоди. Для площі 1250 га доцільно мати один трактор важкого класу, два універсальні трактори підвищеної потужності, декілька тракторів середнього і легкого класів, два високопродуктивні комбайни, сучасний посівний комплекс, сівалку точного висіву, обприскувальну техніку, розкидач добрив, навантажувач і транспортні

засоби. Такий склад парку дозволяє виконувати весняні та осінні польові роботи без критичного перевантаження окремих машин.

Таблиця 1.2 – Проєкний склад МТП

Найменування машини або агрегату	Кількість, шт.	Основна характеристика	Призначення в господарстві
John Deere 8R 310 або аналог 300–340 к.с.	1	310 к.с. номінально, до 341 к.с. максимально	важкий обробіток ґрунту, глибоке рихлення, агрегування з широкозахватними машинами
John Deere 6R 215 або аналог 210–240 к.с.	2	215 к.с. номінально, до 237–259 к.с. залежно від комплектації	сівба, культивация, транспорт, внесення добрив
Трактор універсальний 135–150 к.с.	2	середній енергетичний клас	обприскування, міжрядні роботи, транспорт і навантаження
Трактор транспортно-допоміжний 90–110 к.с.	2	легкий універсальний клас	допоміжні операції, підвезення матеріалів, привід обладнання
CLAAS TRION 740 або аналог продуктивного класу	2	зерновий бункер до 12 000 л у лінійці TRION	збирання зернових, сої, ріпаку, соняшнику та кукурудзи з відповідними жатками
HORSCH Pronto 6 DC або аналог	1	ширина 6,0 м, бункер 4000–5000 л	сівба зернових і ріпаку за мінімального та традиційного обробітку
Сівалка точного висіву 8-рядна	1	міжряддя 70 см	кукурудза та соняшник
LEMKEN Juwel 8, Rubin 10 або аналоги	2	плуг до 333 к.с.; дисковий агрегат 5–6 м	основний і передпосівний обробіток ґрунту
AMAZONE ZA-TS / UX або аналоги	2	розкидач до 54 м; причіпний обприскувач 24–36 м	мінеральне живлення і захист рослин
Manitou MLT-X 741 або аналог	1	висота підйому 6,9 м, вантажопідйомність близько 4,1 т	вантажно-розвантажувальні роботи, склад і майстерня
Вантажні автомобілі-зерновози та сервісний автомобіль	3	вантажопідйомність 10–20 т	перевезення зерна, запасних частин, агрегатів і відремонтованих двигунів

Запропонований парк є орієнтовним, але відповідає сучасній тенденції концентрації робіт на продуктивних енергозасобах із широкозахватними агрегатами. Важкий трактор використовується на найбільш енергоємних операціях, універсальні трактори – на сівбі та передпосівному обробітку, а середній і легкий класи забезпечують транспортні, допоміжні та доглядові роботи. Наявність двох комбайнів зменшує ризик втрат урожаю через затягування строків збирання, що особливо важливо для Полісся з нестійкими погодними умовами в період досягання зернових і пізніх культур.

1.3. Методика розрахунку обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт

Річний обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт визначається окремо для власного машинно-тракторного парку та для замовного ремонту двигунів. Для тракторів, комбайнів і самохідних машин розрахунок виконується за річним напрацюванням у мотогодинах. Для автомобілів розрахунок проводиться за річним пробігом, а для причіпних і навісних машин – за укрупненими нормами сезонного обслуговування і поточного ремонту. Такий підхід є доцільним на стадії проектування дільниці, коли фактична статистика відмов ще відсутня.

Для тракторів і самохідних машин приймаємо такі періодичності: технічне обслуговування ТО-1 через 125 мотогодин, ТО-2 через 500 мотогодин, сезонне обслуговування – двічі на рік. Для комбайнів з урахуванням сезонного характеру роботи приймаємо ТО-1 через 60 мотогодин і ТО-2 через 240 мотогодин. Щозмінне обслуговування враховується за кількістю робочих змін.

$$N_{TO-2} = H_p / P_{TO-2}; \quad N_{TO-1} = H_p / P_{TO-1} - N_{TO-2}$$

$$T_p = N_{щто} \cdot t_{щто} + N_{TO-1} \cdot t_{TO-1} + N_{TO-2} \cdot t_{TO-2} + N_{CO} \cdot t_{CO} + H_p \cdot q_{пр}$$

де H_p – річне напрацювання машини або групи машин, мотогод; P_{TO-1} і P_{TO-2} – періодичність технічного обслуговування; $N_{щто}$ – кількість щозмінних обслуговувань; $t_{щто}$, t_{TO-1} , t_{TO-2} , t_{CO} – трудомісткість відповідних видів робіт, люд.-год; $q_{пр}$ – питома трудомісткість поточного ремонту, люд.-год на одну мотогодину роботи. Усі прийняті норми є укрупненими і використовуються для проектного розрахунку параметрів майстерні.

1.4. Розрахунок трудомісткості робіт для власного машинно-тракторного парку

Річне напрацювання тракторів визначено за їх технологічною роллю. Для важкого трактора прийнято 1250 мотогодин на рік, для універсальних тракторів підвищеної потужності – по 1100 мотогодин, для тракторів середнього класу – по 850 мотогодин, для транспортно-допоміжних тракторів – по 700 мотогодин. Середня тривалість робочої зміни для тракторів прийнята 8 годин.

Таблиця 1.3 – Трудомісткості робіт для власних тракторів

Група тракторів	К-ть, шт.	Нр, мотогод	N _{што}	N _{то-1}	N _{то-2}	N _{со}	Трудомісткість, люд.-год
John Deere 8R 310	1	1250	156,3	7,5	2,5	2	241,8
John Deere 6R 215	2	2200	275,0	13,2	4,4	4	431,4
Трактор 135–150 к.с.	2	1700	212,5	10,2	3,4	4	306,4
Трактор 90–110 к.с.	2	1400	175,0	8,4	2,8	4	233,4
Разом	7	6550	818,8	39,3	13,1	14	1213,0

Сумарна трудомісткість ремонтно-обслуговуючих робіт тракторного парку становить 1213,0 люд.-год на рік. Найбільша частина цього обсягу припадає на універсальні трактори підвищеної потужності, оскільки вони працюють на найбільшій кількості технологічних операцій і мають високе річне напруження.

Для зернозбиральних комбайнів приймаємо сезонне напруження 320 мотогодин на одну машину. За наявності двох комбайнів сумарне напруження становитиме 640 мотогодин. Для самохідного обприскувача приймаємо 350 мотогодин на рік, для телескопічного навантажувача – 1000 мотогодин, оскільки він використовується протягом усього року на складі, у майстерні та під час вантажних робіт.

Таблиця 1.4– Трудомісткості робіт для збиральної техніки.

Група самохідних машин	К-ть, шт.	Нр, мотогод	N _{што}	N _{то-1}	N _{то-2}	N _{со}	Трудомісткість, люд.-год
Зернозбиральні комбайни CLAAS TRION 740	2	640	64,0	8,0	2,7	4	422,4
Самохідний обприскувач	1	350	43,8	2,1	0,7	2	128,3
Телескопічний навантажувач Manitou MLT-X 741	1	1000	125,0	6,0	2,0	2	227,3
Разом	4	1990	232,8	16,1	5,4	8	778,0

Сумарна трудомісткість робіт для комбайнів, самохідного обприскувача і телескопічного навантажувача становить 778,0 люд.-год. Комбайни потребують підвищеної уваги через сезонність використання, значну кількість регулювань, необхідність очищення робочих органів і дефектації після завершення жнив.

Для вантажних автомобілів приймаємо три транспортні одиниці із середнім річним пробігом 25 тис. км кожна. Загальний пробіг становить 75 тис. км. Періодичність ТО-1 прийнята через 5000 км, ТО-2 – через 20000 км, сезонне обслуговування – двічі на рік. Річна трудомісткість робіт для автомобілів становить:

$$T_{авт} = 750 \cdot 0,25 + 11,25 \cdot 4 + 3,75 \cdot 14 + 6 \cdot 8 + 75 \cdot 3 = 550,5 \text{ люд.-год}$$

Причіпні, навісні й стаціонарні машини не мають власних двигунів, однак потребують сезонного обслуговування, заміни зношених робочих органів, перевірки підшипникових вузлів, гідросистем, рами, зчіпних пристроїв та елементів безпеки. Їх трудомісткість визначаємо укрупнено за групами машин.

Таблиця 1.5 – Трудомісткості робіт для сільськогосподарських машин

Група машин	К-ть, шт.	Сезонне обслуговування на 1 од., люд.-год	Поточний ремонт, люд.-год	Разом, люд.-год
Ґрунтообробні агрегати	5	26	370	500
Посівні комплекси та сівалки	3	28	210	294
Машини для внесення добрив і захисту рослин	3	18	135	189
Картопляні машини	3	24	210	282
Причепи, перевантажувачі, транспортні візки	5	12	160	220
Обладнання майстерні та допоміжні механізми	1	60	120	180
Разом	20	—	1205	1665

Трудомісткість робіт з обслуговування і поточного ремонту причіпних, навісних та допоміжних машин становить 1665 люд.-год. Отже, загальний річний обсяг робіт, пов'язаний із підтриманням працездатності власного машинно-тракторного парку, дорівнює:

$$T_{МТП} = 1213,0 + 778,0 + 550,5 + 1665,0 = 4206,5 \text{ люд.-год}$$

1.5. Розрахунок обсягу робіт дільниці з ремонту двигунів внутрішнього згорання

Оскільки підприємство розташоване неподалік від обласного центру, дільниця з ремонту двигунів проектується не лише для власних потреб, а і як виробничий підрозділ, що виконує замовлення сторонніх господарств, фермерів

і власників техніки. Річна програма приймається 600 двигунів. До цієї програми можуть входити двигуни тракторів, вантажних автомобілів, зернозбиральних комбайнів, навантажувачів, насосних установок і малих енергетичних засобів.

За характером робіт річну програму доцільно поділити на три групи: поточне усунення несправностей без повного розбирання, середній ремонт із частковим розбиранням та капітальний ремонт з повним розбиранням, миттям, дефектацією, комплектуванням і збиранням. Такий поділ відповідає реальній структурі замовлень: не кожен двигун потребує капітального ремонту, проте значна частина двигунів надходить із зносом циліндро-поршневої групи, паливної апаратури, системи охолодження, газорозподільного механізму або підшипникових вузлів.

Таблиця 1.6 – Трудомісткість додаткових робіт

Вид ремонту двигунів	Частка, %	Кількість, шт.	Норма, люд.-год/двигун	Трудомісткість, люд.-год
Поточне усунення несправностей без повного розбирання	15	90	18	1620
Середній ремонт із частковим розбиранням	55	330	38	12540
Капітальний ремонт з повним розбиранням, миттям і дефектацією	30	180	72	12960
Разом	100	600	—	27120

$$T_{\text{дв}} = 90 \cdot 18 + 330 \cdot 38 + 180 \cdot 72 = 27120 \text{ люд.-год}$$

Отже, річна трудомісткість замовного ремонту двигунів становить 27120 люд.-год. Цей показник є визначальним для проектування дільниці, оскільки він у 6,4 раза перевищує обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт власного машинно-тракторного парку. Відповідно, дільниця повинна мати потоково-постову організацію робіт, спеціалізовані місця для розбирання-збирання, мийну зону, дефектаційну зону, комплектувальний стелажний фонд, пост перевірки паливної апаратури та місця для короткочасного зберігання двигунів.

Для забезпечення ритмічної роботи приймаємо, що частина трудомісткості припадає безпосередньо на стендові пости розбирання-збирання. Для поточного ремонту приймаємо 4 постові години на двигун, для середнього – 10 постових годин, для капітального – 22 постові години. Тоді річна потреба в постовому часі становить:

$$T_{пост} = 90 \cdot 4 + 330 \cdot 10 + 180 \cdot 22 = 7620 \text{ пост.-год}$$

За ефективного фонду роботи одного поста 1840 год/рік і коефіцієнта використання поста 0,85 кількість постів розбирання-збирання двигунів дорівнює:

$$m_{пост} = 7620 / (1840 \cdot 0,85) = 4,87 \approx 5 \text{ постів}$$

Отже, у проектній ділянці необхідно передбачити не менше п'яти спеціалізованих постів для розбирання-збирання двигунів. Розроблюваний стенд доцільно розглядати як базове обладнання такого поста, оскільки він забезпечує фіксацію двигуна, можливість його повороту, безпечне виконання операцій і скорочення допоміжного часу.

1.6. Зведений річний обсяг робіт машинно-ремонтної майстерні

Загальний річний обсяг робіт майстерні визначаємо як суму робіт для власного машинно-тракторного парку і робіт із ремонту двигунів на замовлення. Для проектних розрахунків додатково враховуємо 8 % резерву на нерівномірність надходження техніки, сезонні піки, повторну дефектацію та непередбачені операції, а також 12 % допоміжних робіт, пов'язаних із внутрішньоцеховим транспортуванням, прибиранням, підготовкою інструменту, оформленням ремонтної документації і складським обслуговуванням.

Таблиця 1.7 – Загальний річний обсяг робіт майстерні

Складова річної програми	Трудовісткість, люд.-год
Ремонтно-обслуговуючі роботи тракторів	1213,0
Ремонтно-обслуговуючі роботи комбайнів, обприскувача і навантажувача	778,0
Технічне обслуговування і поточний ремонт автомобілів	550,5
Ремонт і сезонне обслуговування причіпних та навісних машин	1665,0
Власний машинно-тракторний парк, разом	4206,5
Замовний ремонт двигунів внутрішнього згорання	27120,0
Основний виробничий обсяг	31326,5
Резерв на нерівномірність надходження, 8 %	2506,1
Допоміжні роботи, прибирання, внутрішньоцехове транспортування, 12 %	3759,2
Загальний річний обсяг робіт майстерні	37591,8

$$T_{\text{заг}} = (4206,5 + 27120) \cdot (1 + 0,08 + 0,12) = 37591,8 \text{ люд.-год}$$

Таким чином, проектна машинно-ремонтна майстерня повинна бути розрахована на виконання приблизно 37,6 тис. люд.-год ремонтно-обслуговуючих робіт на рік. Основним виробничим напрямом є ремонт двигунів внутрішнього згорання на замовлення, тоді як обслуговування власного машинно-тракторного парку створює базове внутрішнє навантаження і забезпечує постійну потребу в слюсарно-ремонтних роботах.

1.7. Розрахунок чисельності працівників і оцінка достатності площі майстерні

Для визначення чисельності виробничих робітників приймаємо ефективний фонд часу одного працівника 1840 год/рік. Коефіцієнт виконання норм приймаємо 1,05, що відповідає належній організації робочих місць, використанню спеціалізованого стенда, механізації підйомно-транспортних операцій і наявності комплекту пристроїв для двигунів різних типорозмірів.

$$N_{\text{роб}} = T_{\text{заг}} / (F_{\text{еф}} \cdot K_{\text{вн}}) = 37591,8 / (1840 \cdot 1,05) = 19,5 \approx 20 \text{ осіб}$$

Отже, для виконання розрахованої річної програми необхідно передбачити 20 виробничих робітників. До складу персоналу дільниці можуть входити слюсарі з ремонту двигунів, мийники, дефектувальники, комплектувальники, слюсарі паливної апаратури, електромеханіки, зварювальник, механік дільниці та працівник складу. За потреби в періоди пікового навантаження можуть залучатися робітники постів технічного обслуговування власного МТП.

Площа майстерні становить 756 м². Питома площа на одного виробничого робітника дорівнює:

$$f_{\text{шт}} = 756 / 20 = 37,8 \text{ м}^2/\text{особу}$$

Отримане значення є достатнім для організації ремонтної дільниці з урахуванням проходів, складських зон, місць для двигунів у ремонті та зон безпечного виконання робіт. Орієнтовний розподіл площі наведено в таблиці.

Таблиця 1.8 – Характеристика МРМ

Зона або ділянка	Площа, м ²	Призначення
Ділянка розбирання-збирання двигунів і стендові пости	210	5 постів, включаючи місця для приймання та видачі
Мийна, дефектаційна та комплектувальна зона	70	миття блоків, головок, піддонів, маркування деталей
Слюсарно-механічна ділянка	90	дрібна механічна обробка, відновлення різьб, запресування втулок
Ділянка паливної апаратури та електрообладнання	80	форсунки, стартери, генератори, датчики
Зварювально-ремонтна та рихтувальна зона	45	локальні відновлювальні роботи
Пости ТО і поточного ремонту власного МТП	90	поточні роботи для тракторів і агрегатів
Склад деталей, інструментальна, комора обмінного фонду	85	запасні частини, ремкомплекти, двигуни в очікуванні
Побутові, адміністративні та проходи	86	санітарно-побутові приміщення, проходи, зона безпеки
Разом	756	21 × 36 м

Запропонований розподіл площі забезпечує логічний рух двигуна в процесі ремонту: приймання – зовнішнє очищення – розбирання – миття деталей – дефектація – комплектування – збирання – контроль – видача. Така схема зменшує зустрічні потоки, скорочує непродуктивні переміщення і дозволяє ефективно використовувати стенд для розбирання-збирання двигунів. Для важких двигунів необхідно передбачити кран-балку або консольний кран, вантажні візки, піддони для агрегатів і стелажі для маркованого зберігання деталей.

Висновки по розділу

У першому розділі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні проектного сільськогосподарського підприємства площею 1250 га, розташованого в зоні Полісся Житомирської області. Для забезпечення виробничої програми підібрано сучасний машинно-тракторний парк, який включає трактори різних тягово-енергетичних класів, два зернозбиральні комбайни, посівний комплекс, сівалку точного висіву, ґрунтообробні агрегати,

машини для внесення добрив і захисту рослин, телескопічний навантажувач та транспортні засоби.

Розраховано, що річна трудомісткість ремонтно-обслуговуючих робіт власного машинно-тракторного парку становить 4206,5 люд.-год. З урахуванням планового ремонту 600 двигунів на замовлення річна трудомісткість робіт дільниці з ремонту двигунів становить 27120 люд.-год. Після врахування резерву на нерівномірність надходження техніки і допоміжних робіт загальний обсяг робіт машинно-ремонтної майстерні дорівнює 37591,8 люд.-год на рік.

Для виконання заданої програми необхідно передбачити 20 виробничих робітників і не менше п'яти постів розбирання-збирання двигунів. Площа дільниці 21×36 м, тобто 756 м^2 , є достатньою для розміщення основних і допоміжних зон. Розробка спеціалізованого стенда для розбирання-збирання двигунів є обґрунтованою, оскільки саме операції стендового ремонту формують значну частину постового часу, впливають на продуктивність праці, безпеку робіт і якість відновлення двигунів.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ НЕСПРАВНОСТІ ТА СПОСОБИ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ

2.1. Умови роботи двигунів автотракторної техніки та вимоги до їх технічного стану

Двигун внутрішнього згорання є основним агрегатом трактора, автомобіля, комбайна, самохідного обприскувача, навантажувача та іншої автотракторної техніки. Від його технічного стану залежать продуктивність машинно-тракторного агрегату, витрата палива, якість виконання технологічних операцій, своєчасність польових робіт і собівартість механізованих процесів. Для сільськогосподарського підприємства, що працює в умовах Полісся Житомирської області, справність двигунів має особливе значення, оскільки сезонність робіт, підвищена вологість ґрунтів, пил під час збирання врожаю та значні транспортні навантаження створюють нерівномірний і напружений режим експлуатації техніки.

У сучасному машинно-тракторному парку використовуються переважно дизельні двигуни з турбонаддувом, проміжним охолодженням повітря, електронним керуванням подачею палива, системами Common Rail або насос-форсунками. Такі двигуни мають високу питому потужність, економічність і здатність працювати під значним змінним навантаженням. Разом з тим їх ремонт потребує вищої культури виробництва, точного діагностичного обладнання, чистоти робочих місць, застосування спеціальних пристроїв і стендів, а також суворого дотримання технології розбирання та складання.

Особливістю автотракторних двигунів є робота у широкому діапазоні частот обертання колінчастого вала, температур, навантажень і запиленості повітря.

Трактор під час оранки, глибокого розпушування чи посіву тривалий час працює з високим тяговим навантаженням. Комбайн у період збирання врожаю зазнає впливу пилу, рослинних решток і нерівномірного навантаження на

молотильно-сепарувальний апарат. Автомобільний двигун у господарстві часто працює в умовах коротких поїздок, запусків у холодну пору, перевезення вантажів польовими дорогами та тривалого простою між рейсами.

За таких умов виникнення несправностей пов'язане не лише з природним зношуванням деталей, а й із порушенням правил експлуатації. Найпоширенішими причинами є несвоєчасна заміна оливи та фільтрів, використання забрудненого або невідповідного палива, перегрівання двигуна, робота з несправною системою охолодження, потрапляння пилу через негерметичний повітряний тракт, тривала робота на перевантаженні, неякісне складання після попереднього ремонту та відсутність належного контролю за параметрами роботи двигуна.

Для проектної дільниці з ремонту двигунів, що розрахована на обслуговування власного парку підприємства та виконання замовлень сторонніх господарств у кількості близько 600 двигунів на рік, важливо не лише знати перелік типових дефектів, а й сформувати чітку систему їх виявлення, оцінювання та усунення. Це дає змогу правильно організувати робочі місця, визначити потребу в мийних, діагностичних, слюсарно-механічних і складальних операціях, а також обґрунтувати необхідність стенда для розбирання-збирання двигунів.

2.2. Класифікація несправностей двигунів

Несправність двигуна – це такий стан агрегату, за якого один або кілька його параметрів виходять за допустимі межі, а двигун частково або повністю втрачає здатність виконувати свої функції. За характером прояву несправності поділяють на явні та приховані. Явні несправності легко визначаються за зовнішніми ознаками: сторонній стукіт, димність, витікання оливи або охолодної рідини, відсутність запуску, різке падіння потужності. Приховані несправності проявляються поступово і потребують діагностування: зниження компресії, підвищене спрацювання підшипників, порушення факела

розпилювання форсунок, зношування клапанного механізму, початкові тріщини головки блока або блока циліндрів.

За походженням дефекти можна поділити на експлуатаційні, конструктивні, технологічні та ремонтні. Експлуатаційні виникають унаслідок роботи машини, старіння матеріалів, забруднення робочих середовищ і порушення правил технічного обслуговування. Конструктивні пов'язані з недостатньою жорсткістю окремих елементів, складністю охолодження, високими питомими навантаженнями або недосконалістю компонування. Технологічні дефекти формуються під час виготовлення деталей або попереднього ремонту: неправильна термообробка, порушення геометрії, невідповідність шорсткості поверхонь, неправильне встановлення зазорів. Ремонтні дефекти виникають через використання неякісних запасних частин, недотримання моментів затягування, неправильне очищення каналів, повторне використання одноразових ущільнювальних елементів.

За місцем виникнення несправності доцільно групувати за системами двигуна: кривошипно-шатунний механізм, циліндро-поршнева група, газорозподільний механізм, система мащення, система охолодження, система живлення, система впуску та випуску, турбокомпресор, електрообладнання і система керування. Такий підхід зручний для організації ремонтного процесу, оскільки кожна група дефектів потребує своїх методів контролю, вимірювального інструменту, запасних частин та способів відновлення.

У практиці ремонтних підприємств особливу увагу приділяють дефектам, що призводять до дорогого капітального ремонту. До них належать задири дзеркала циліндрів, зношування гільз, поломка поршневих кілець, пошкодження шийок колінчастого вала, провертання вкладишів, тріщини головки блока, прогар клапанів, руйнування турбокомпресора, потрапляння охолодної рідини в оливу, а також вихід з ладу паливної апаратури високого тиску. Саме ці дефекти визначають необхідність зняття двигуна з машини, встановлення його на стенд і виконання повного або часткового розбирання.

Таблиця 2.1 – Класифікація основних несправностей двигунів автотракторної техніки

Група несправностей	Характерні прояви	Ймовірні причини	Основні способи усунення
Механічні несправності	Стукіт, вібрація, зниження компресії, підвищена витрата оливи	Зношування деталей ЦПГ, КШМ, ГРМ; порушення зазорів; втомне руйнування	Дефектація, заміна або відновлення деталей, розточування, хонінгування, шліфування, регулювання
Теплові несправності	Перегрівання, закипання охолодної рідини, падіння потужності	Забруднення радіатора, несправність термостата, водяного насоса, вентилятора, витік рідини	Промивання системи, заміна термостата, насоса, патрубків, відновлення герметичності
Паливні несправності	Утруднений запуск, димність, нестійка робота, провали потужності	Забруднення фільтрів, несправність форсунок, насоса, датчиків, потрапляння повітря	Промивання магістралей, заміна фільтрів, перевірка форсунок на стенді, ремонт насоса
Несправності мащення	Зниження тиску оливи, нагрівання деталей, шум підшипників	Зношування насоса, засмічення каналів, неправильна в'язкість оливи, зношування вкладишів	Заміна оливи і фільтрів, очищення каналів, ремонт насоса, заміна вкладишів
Несправності системи керування	Помилки ЕБУ, аварійний режим, нестійкі оберти	Пошкодження датчиків, проводки, актуаторів, роз'ємів, програмні збої	Комп'ютерна діагностика, перевірка сигналів, ремонт проводки, заміна датчиків
Герметичність і ущільнення	Патьоки оливи, палива, антифризу, підсмоктування повітря	Зношені прокладки, сальники, тріщини, ослаблення кріплень	Заміна ущільнень, контроль площин, затягування кріплень, опресування

2.3. Несправності циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму

Циліндро-поршнева група працює в найскладніших умовах, оскільки на її деталі одночасно діють високі температури, тиск газів, сили інерції, тертя ковзання і вплив продуктів згоряння. До складу цієї групи належать гільзи або циліндри блока, поршні, поршневі кільця, поршневі пальці та деталі їх кріплення. Технічний стан ЦПГ безпосередньо впливає на компресію, витрату оливи, димність, потужність і паливну економічність двигуна.

Найпоширенішими дефектами гільз і циліндрів є абразивне зношування дзеркала, овальність, конусність, подряпини, задири, корозійні раковини, тріщини, порушення посадки змінної гільзи та кавітаційне руйнування зовнішньої поверхні мокрої гільзи. Абразивне зношування часто пов'язане з потраплянням пилу через негерметичний повітряний тракт або несвоєчасною заміною повітряного фільтра. Задири можуть виникати внаслідок перегрівання, нестачі мащення, неправильного теплового зазору, використання неякісної оливи або заклинювання поршневого кільця.

Поршні зазнають зношування канавок під кільця, прогару днища, тріщин у зоні бобишок, задирів юбки, руйнування перемичок між кільцями та нагароутворення. У дизельних двигунах із турбонаддувом особливо небезпечним є перегрівання поршня через порушення розпилювання палива, несправність форсунки, неправильний кут випередження впорскування або недостатнє охолодження. Дефект поршня часто супроводжується підвищеною димністю, збільшеною витратою оливи, падінням компресії та нерівномірною роботою двигуна.

Поршневі кільця втрачають пружність, зношуються за висотою і товщиною, закоксовуються у канавках, ламаються або втрачають герметичність. Унаслідок цього газу прориваються в картер, зростає тиск картерних газів, олива потрапляє в камеру згоряння, а компресія падає. Для усунення таких дефектів двигун розбирають, проводять вимірювання гільз, перевіряють зазори у замках кілець і канавках поршня, після чого приймають рішення про заміну кілець, поршнів, гільз або виконання механічної обробки циліндрів.

Кривошипно-шатунний механізм перетворює зворотно-поступальний рух поршнів на обертальний рух колінчастого вала. Його основними несправностями є зношування корінних і шатунних шийок, овальність і конусність шийок, задир, тріщини, провертання вкладишів, зношування отворів верхніх головок шатунів, деформація шатунів, зношування упорних півкілець і збільшення осьового люфту колінчастого вала. Ознаками таких несправностей є металевий стукіт, падіння тиску оливи, вібрація, перегрівання підшипникових вузлів і наявність металевої стружки в оливі.

Ремонт колінчастого вала виконують після ретельної мийки, дефектоскопії та вимірювання. Якщо шийки мають зношування, але відсутні тріщини і глибокі пошкодження, їх шліфують під ремонтний розмір із подальшим поліруванням. При наявності тріщин, значної деформації або пошкодження, що виходить за межі ремонтних розмірів, вал підлягає заміні. Шатуни перевіряють на вигин і скручування, контролюють стан отворів під

втулку та вкладиші, а після ремонту комплектують за масою і геометричними параметрами.

2.4. Несправності газорозподільного механізму та головки блока циліндрів

Газорозподільний механізм забезпечує своєчасне відкриття і закриття впускних та випускних клапанів, наповнення циліндрів повітрям і видалення відпрацьованих газів. Його несправність призводить до падіння потужності, підвищення витрати палива, утрудненого запуску, нестійкої роботи на холостому ходу, перегрівання, димності та можливого зіткнення клапанів із поршнями. До складу механізму входять клапани, сідла, напрямні втулки, пружини, штовхачі, коромисла, розподільний вал, привід ГРМ і механізми регулювання теплових зазорів.

Найчастіше в ГРМ спостерігаються зношування фасок клапанів і сідел, прогар випускних клапанів, зношування напрямних втулок, зменшення пружності клапанних пружин, зношування кулачків розподільного вала, порушення теплових зазорів, перескакування або розтягування ланцюга чи ремня приводу. Прогар клапана виникає за недостатнього теплового зазору, перегрівання, порушення герметичності посадки, відкладень на фасці або неправильного складання. Зношування напрямних втулок спричиняє підсмоктування оливи в камеру згоряння, димність і нерівномірне спрацювання клапанів.

Головка блока циліндрів є відповідальною деталлю, в якій розміщені клапани, канали впуску та випуску, форсунки або свічки розжарювання, водяна сорочка та елементи кріплення. Основними дефектами головки є жолоблення площини прилягання, тріщини між клапанними сідлами або у зоні форсунок, корозійне руйнування каналів, пошкодження різьбових отворів, негерметичність посадочних місць форсунок і пробій прокладки головки блока. Пробій прокладки проявляється потраплянням газів у систему охолодження,

наявністю емульсії в оливі, зниженням компресії в сусідніх циліндрах і перегріванням двигуна.

Ремонт головки блока починають із мийки, візуального контролю та опресування для виявлення тріщин. Площину прилягання перевіряють лінійкою і щупами, а за потреби шліфують або фрезерують у межах допустимого зняття металу. Сідла клапанів відновлюють фрезеруванням або шліфуванням із забезпеченням потрібного кута фаски, клапани притирають або замінюють. Напрямні втулки замінюють при перевищенні допустимого зазору, а пружини перевіряють за довжиною та зусиллям. Після складання головки обов'язково контролюють герметичність клапанів і правильність регулювання теплових зазорів.

Особливу увагу при ремонті сучасних двигунів слід приділяти правильності встановлення прокладки головки блока, послідовності та моменту затягування болтів. У багатьох двигунах застосовують болти, що працюють у зоні пружнопластичної деформації, тому їх повторне використання допускається лише за умов, передбачених технічною документацією. Порушення цих вимог може спричинити повторний пробій прокладки, деформацію головки, витікання охолодної рідини або нерівномірний тиск у камерах згоряння.

2.5. Несправності систем мащення, охолодження, живлення та впуску

Система мащення призначена для подачі оливи до тертьових поверхонь, відведення теплоти, зменшення зношування, очищення деталей від продуктів спрацювання і часткового ущільнення зазорів. Її несправність швидко призводить до аварійного стану двигуна. Основними ознаками є падіння тиску оливи, підвищення температури, шум підшипників, прискорене зношування деталей, поява металевих частинок у фільтрі або піддоні картера. Причинами можуть бути низький рівень оливи, невідповідна в'язкість, засмічення фільтра або приймальної сітки, зношування оливного насоса, зависання редукційного клапана, збільшення зазорів у підшипниках і засмічення оливних каналів.

Ремонт системи мащення включає зливання оливи, демонтаж піддона, очищення приймача, промивання каналів, перевірку оливного насоса, редукційного клапана, фільтрувальних елементів і датчика тиску. Якщо зниження тиску пов'язане зі зношуванням підшипників колінчастого вала, просте встановлення нового насоса не дає потрібного результату. У такому випадку необхідне розбирання двигуна, дефектація шийок вала, вкладишів і корпусних деталей. Після ремонту обов'язково контролюють фактичний тиск оливи на різних режимах і герметичність з'єднань.

Система охолодження підтримує оптимальний тепловий режим двигуна. Її несправності проявляються перегріванням, повільним прогріванням, витіканням охолодної рідини, підвищенням тиску в системі, появою бульбашок газу в розширювальному бачку, потраплянням охолодної рідини в оливу. Найчастіше причинами є засмічення радіатора, несправність термостата, зношування водяного насоса, пошкодження патрубків, пробій прокладки головки блока, несправність вентилятора або забруднення зовнішньої поверхні теплообмінника рослинними рештками і пилом.

Ремонт системи охолодження передбачає промивання радіатора і блока, перевірку герметичності патрубків, заміну термостата, відновлення або заміну водяного насоса, опресування системи та контроль роботи вентилятора. При багаторазовому перегріванні слід обов'язково перевірити площинність головки блока, стан прокладки, наявність тріщин і деформацій. Ігнорування перегрівання часто призводить до задирів у циліндрах, втрати пружності поршневих кілець, руйнування прокладки головки блока і появи тріщин у головці.

Система живлення дизельного двигуна є однією з найскладніших і найдорожчих у ремонті. У сучасних двигунах поширені системи Common Rail, в яких паливо подається під високим тиском, а роботою форсунок керує електронний блок. Характерними несправностями є забруднення паливних фільтрів, підсмоктування повітря, низький тиск у магістралі, порушення роботи форсунок, зношування паливного насоса високого тиску, несправність

регулятора тиску, датчиків і електричних ланцюгів. Проявами є утруднений запуск, нерівномірна робота, чорний, білий або сизий дим, провали потужності, підвищена витрата палива та аварійний режим роботи.

Ремонт паливної системи починають із перевірки якості палива, стану фільтрів, герметичності магістралей і наявності повітря. Форсунки перевіряють на спеціальному стенді за тиском відкриття, якістю розпилювання, герметичністю і зворотним зливом. Насос високого тиску ремонтують у спеціалізованих умовах із використанням стендів для перевірки продуктивності. Під час складання необхідно забезпечити ідеальну чистоту, оскільки навіть дрібні абразивні частинки можуть пошкодити плунжерні пари, клапани і розпилювачі. Система впуску і випуску впливає на наповнення циліндрів, температуру згоряння, потужність і димність. Засмічення повітряного фільтра, негерметичність патрубків, руйнування турбокомпресора, забруднення інтеркулера або клапана рециркуляції відпрацьованих газів призводять до падіння потужності, чорного диму і підвищення температури випуску. Турбокомпресор найчастіше виходить з ладу через недостатнє мащення, забруднену оливу, потрапляння сторонніх предметів у колесо компресора або турбіни, а також різке зупинення гарячого двигуна після роботи під навантаженням.

Таблиця 2.2 – Ознаки несправностей систем двигуна та напрями ремонту

Система двигуна	Діагностичні ознаки	Контрольні операції	Ремонтні дії
ЦПГ	Низька компресія, димність, витрата оливи, прорив газів у картер	Вимірювання компресії, ендоскопія, вимірювання гільз, перевірка кілець	Заміна кілець, поршнів і гільз; розточування або хонінгування
КШМ	Стукіт, падіння тиску оливи, вібрація, стружка в оливі	Вимірювання шийок, зазорів, осьового люфту, дефектоскопія	Шліфування колінчастого вала, заміна вкладишів, ремонт шатунів
ГРМ	Нестійка робота, зниження потужності, хлопки, шум клапанів	Перевірка фаз, зазорів, герметичності клапанів, стану пружин	Регулювання, заміна клапанів і втулок, обробка сідел
Мащення	Низький тиск оливи, шум підшипників, перегрівання	Перевірка рівня, насоса, фільтра, редукційного клапана, каналів	Промивання каналів, ремонт насоса, заміна фільтрів і вкладишів
Охолодження	Перегрівання, витік рідини, емульсія в оливі	Опресування, перевірка термостата, насоса, радіатора, прокладки	Промивання, заміна термостата, насоса, прокладки, ремонт радіатора
Живлення	Поганий запуск, димність, провали, аварійний режим	Перевірка фільтрів, тиску палива, форсунок, датчиків, кодів помилок	Заміна фільтрів, ремонт форсунок і насоса, усунення підсмоктування повітря
Впуск і наддув	Падіння тяги, чорний дим, свист, підвищена температура випуску	Контроль фільтра, патрубків, тиску наддуву, люфту ротора	Заміна фільтра, герметизація, ремонт або заміна турбокомпресора

2.6. Діагностування технічного стану двигунів перед ремонтом

Якісне діагностування є основою раціонального ремонту, оскільки воно дає змогу визначити фактичний технічний стан двигуна, встановити причини несправності та уникнути необґрунтованого розбирання. У ремонтній дільниці діагностування має виконуватися у два етапи: попереднє — до демонтажу або розбирання двигуна, та поглиблене — після мийки і часткового розбирання. Попереднє діагностування дозволяє сформулювати ремонтну заявку, визначити орієнтовний обсяг робіт і підготувати запасні частини. Поглиблене діагностування необхідне для прийняття рішення про відновлення або заміну конкретних деталей.

Під час зовнішнього огляду звертають увагу на комплектність двигуна, стан навісного обладнання, наявність механічних пошкоджень, витікань оливи, палива та охолодної рідини, стан проводки, роз'ємів, фільтрів, патрубків і кріплень. Наявність товстого шару пилу та оливи часто вказує на тривале порушення герметичності, а сліди емульсії або іржі можуть свідчити про потрапляння води в систему мащення. На цьому етапі також фіксують марку двигуна, серійний номер, нап्राцювання, причину звернення замовника і попередню історію ремонтів.

Компресію в циліндрах вимірюють компресометром або спеціальним діагностичним приладом. Зниження компресії в одному циліндрі може свідчити про негерметичність клапанів, зношування кілець, пошкодження прокладки головки блока або задир у циліндрі. Рівномірне зниження компресії в усіх циліндрах частіше вказує на загальне зношування ЦПГ, неправильні фази газорозподілу або недостатню швидкість прокручування стартером. Для уточнення причини застосовують тест витоку повітря, який дає змогу визначити, через який елемент відбувається втрата герметичності.

Тиск оливи контролюють механічним манометром, оскільки покази штатного датчика можуть бути неточними через несправність електричного кола. Вимірювання проводять на прогрітому двигуні на холостому ході та підвищених обертах. Якщо тиск нижчий за допустимий, необхідно перевірити

рівень і в'язкість оливи, стан фільтра, роботу оливного насоса, редукційного клапана та зазори у підшипниках. За наявності стороннього стуку двигун не слід довго запускати, щоб не поглибити пошкодження.

Діагностика паливної системи передбачає перевірку фільтрів, герметичності магістралей, тиску підкачування, тиску в паливній рейці, корекцій форсунок, параметрів датчиків і наявності кодів несправностей. У двигунах із електронним керуванням обов'язковим є зчитування помилок сканером, аналіз фактичних параметрів і перевірка проводки. При цьому слід пам'ятати, що код помилки вказує на напрям пошуку, але не завжди означає несправність самого датчика. Наприклад, низький тиск у рейці може бути наслідком забрудненого фільтра, підсмоктування повітря, витоку через форсунки або несправності насоса.

Після демонтажу двигуна і встановлення його на стенд виконують поглиблену дефектацію. Вона включає мийку, розбирання на вузли, вимірювання діаметрів, зазорів, биття, площинності, овальності, конусності, перевірку різьбових з'єднань, виявлення тріщин і контроль стану посадочних місць. Для цього використовують мікрометри, нутроміри, індикатори годинникового типу, щупи, лінійки, динамометричні ключі, дефектоскопи, опресувальні пристрої, стенди для форсунок і насосів. Результати дефектації доцільно оформлювати у відомості дефектів, яка є підставою для складання кошторису ремонту.

Таблиця 2.3 – Послідовність діагностування двигуна перед ремонтом

Етап	Зміст робіт	Застосовувані засоби	Результат
1. Приймання	Огляд, фіксація марки, комплектності, напрацювання, скарг замовника	Акт приймання, фотофіксація, візуальний контроль	Попередній опис стану двигуна
2. Зовнішня перевірка	Контроль витікань, пошкоджень, проводки, навісного обладнання	Освітлення, інструмент, мийні засоби	Визначення очевидних дефектів
3. Функціональна діагностика	Перевірка запуску, димності, шуму, тиску оливи, температури	Манометр, тахометр, сканер, димомір за наявності	Визначення системи, де виникла несправність
4. Компресійна перевірка	Вимірювання компресії або тест витоку по циліндрах	Компресометр, тестер витоку	Оцінка герметичності ЦПГ і клапанів
5. Діагностика паливної системи	Перевірка фільтрів, тиску, форсунок, кодів помилок	Сканер, манометри, стенд форсунок	Встановлення причин порушення подачі палива
6. Поглиблена дефектація	Розбирання, мийка, вимірювання деталей, опресування	Стенд, мікрометри, нутроміри, дефектоскоп	Відомість дефектів і план ремонту

2.7. Способи ремонту та відновлення деталей двигунів

Ремонт двигуна полягає у відновленні його працездатності шляхом усунення несправностей, заміни непридатних деталей, відновлення розмірів і геометрії поверхонь, регулювання механізмів та перевірки роботи після складання. За обсягом розрізняють поточний, середній і капітальний ремонт. Поточний ремонт пов'язаний із заміною окремих деталей без повного розбирання. Середній ремонт передбачає розбирання частини вузлів і заміну основних швидкозношуваних елементів. Капітальний ремонт включає повне розбирання двигуна, дефектацію всіх деталей, відновлення базових поверхонь, заміну комплектів ЦПГ, вкладишів, ущільнень, ремонт головки блока, паливної апаратури та перевірку двигуна на стенді.

Одним із найважливіших способів відновлення є механічна обробка. Циліндри або гільзи після зношування розточують під ремонтний розмір або замінюють, а потім хонінгують для створення сітки мікрорельєфу, яка утримує оливу і забезпечує припрацювання кілець. Колінчасті вали шліфують під ремонтний розмір із дотриманням радіусів галтелей і чистоти поверхні. Площини блока та головки шліфують або фрезерують для забезпечення герметичності прокладки. Сідла клапанів обробляють спеціальними фрезами або шліфувальними каменями, після чого перевіряють ширину і розташування робочої фаски.

Заміна деталей є доцільною, коли відновлення економічно не вигідне або технічно неможливе. До деталей, які найчастіше замінюють під час капітального ремонту, належать поршневі кільця, вкладиші, прокладки, сальники, ущільнювальні кільця, болти головки блока, фільтри, термостати, зношені втулки, клапани з прогаром, пошкоджені форсунки та окремі датчики. Заміна повинна виконуватись із дотриманням каталожної відповідності та технічних вимог виробника. Використання деталей сумнівної якості знижує ресурс двигуна і може призвести до повторного ремонту.

Зварювання, наплавлення, напилення та інші відновлювальні технології використовують переважно для корпусних деталей і окремих посадочних

поверхонь. Тріщини в блоках і головках допускається ремонтувати лише тоді, коли їх розташування не порушує міцність і герметичність відповідального вузла. Після такого ремонту обов'язковими є механічна обробка, опресування і контроль відсутності витоків. Посадочні місця під підшипники, втулки або сальники можуть відновлюватися наплавленням, постановкою ремонтних втулок або нанесенням полімерних композицій, якщо це допускається умовами експлуатації.

Паливну апаратуру ремонтують на спеціалізованих постах з високими вимогами до чистоти. Форсунки розбирають, очищають, перевіряють розпилювачі, ущільнення, електромагнітні або п'єзоелектричні елементи, після чого випробовують на стенді. Насоси високого тиску перевіряють за продуктивністю, рівномірністю подачі, герметичністю і тиском. У сучасних системах Common Rail важливо не лише механічно відновити елементи, а й перевірити електричні параметри та відповідність роботи електронній системі керування.

Ремонт турбокомпресора пов'язаний із високою точністю балансування ротора. Основними роботами є очищення корпусів, перевірка коліс компресора і турбіни, заміна підшипників, ущільнень, втулок, перевірка актуатора геометрії або клапана перепуску. Після складання турбокомпресор має пройти балансування і перевірку герметичності. У разі сильного руйнування коліс, тріщин корпусу або пошкодження валу доцільніше замінити агрегат у зборі.

Складання двигуна після ремонту є відповідальною операцією, під час якої закладається майбутній ресурс агрегату. Перед складанням усі деталі мають бути чистими, промитими і продутими, оливні канали – відкритими, а різьбові отвори – очищеними. Зазори, натяги і моменти затягування контролюють відповідно до технічної документації. Деталі ЦПГ змащують чистою моторною оливою, поршні встановлюють із дотриманням орієнтації, замки кілець розташовують у потрібному порядку, вкладиші підбирають за розміром, а болти затягують динамометричним ключем у встановленій послідовності.

Після складання двигун підлягає обкатуванню і випробуванню. Метою обкатування є припрацювання деталей, перевірка герметичності систем, стабільності тиску оливи, температурного режиму, відсутності сторонніх шумів і витікань. Спочатку двигун може прокручуватися без подачі палива для створення тиску оливи, після чого проводять запуск і роботу на різних режимах. У разі виявлення відхилень двигун зупиняють, усувають причину і повторно перевіряють. Лише після позитивного результату випробування двигун може бути переданий замовнику або встановлений на машину.

Таблиця 2.4 – Типові дефекти деталей двигуна та рекомендовані способи ремонту

Деталь або вузол	Типові дефекти	Спосіб ремонту або відновлення	Контроль після ремонту
Гільза циліндра	Зношування, овальність, конусність, задири, кавітація	Розточування і хонінгування або заміна гільзи	Вимірювання діаметра, овальності, шорсткості
Поршень	Знос канавок, тріщини, прогар, задири	Заміна поршня, підбір за групою, перевірка пальця	Контроль маси, зазорів, орієнтації
Поршневі кільця	Знос, втрата пружності, поломка, закоксовування	Заміна комплекту кілець	Зазор у замку, посадка в канавці
Колінчастий вал	Знос шийок, задири, овальність, тріщини	Шліфування під ремонтний розмір або заміна	Мікрометраж, дефектоскопія, биття
Шатун	Вигин, скручування, знос втулки і отворів	Правка, заміна втулки, розточування отвору або заміна	Контроль геометрії і маси
Головка блока	Жолоблення, тріщини, пошкодження площини	Шліфування площини, опресування, заміна за значних тріщин	Перевірка площинності, герметичності
Клапани і сідла	Прогар, знос фасок, негерметичність	Шліфування або заміна клапанів, обробка сідел	Перевірка герметичності і ширини фаски
Форсунки	Погане розпилювання, витік, зависання, великий зворотний злив	Очищення, заміна розпилювача або ремонт у зборі	Стендова перевірка параметрів
Оливний насос	Знос шестерень, корпусу, редукційного клапана	Ремонт або заміна насоса	Контроль продуктивності і тиску
Турбокомпресор	Люфт ротора, пошкодження коліс, витік оливи	Заміна підшипників і ущільнень, балансування або заміна	Перевірка люфту, герметичності, тиску наддуву

2.8. Технологічна послідовність ремонту двигуна на проектній ділянці

Для проектної ділянки ремонту двигунів доцільно прийняти потоково-постову організацію робіт із виділенням постів приймання, зовнішнього миття, розбирання, мийки деталей, дефектації, комплектування, складання, регулювання та випробування. Така організація дозволяє обслуговувати значний річний обсяг замовлень, скоротити простої, розділити чисті та брудні операції, забезпечити контроль якості на кожному етапі. Оскільки ділянка повинна ремонтувати близько 600 двигунів на рік, технологія має бути достатньо універсальною для двигунів тракторів, автомобілів, комбайнів і навантажувачів.

Першим етапом є приймання двигуна. На цьому етапі перевіряють комплектність, зовнішній стан, маркування, наявність навісного обладнання, видимих пошкоджень і слідів несанкціонованого ремонту. Складають акт приймання, зазначають скарги замовника, напруцювання, умови експлуатації та попередні ремонти. Якщо двигун надходить у зборі з навісним обладнанням, його маркують, щоб уникнути змішування деталей різних замовлень.

Другим етапом є зовнішнє очищення. Перед розбиранням двигун очищають від ґрунту, рослинних решток, оливи і палива. Це зменшує забруднення ділянки, полегшує виявлення тріщин і пошкоджень, запобігає потраплянню абразиву всередину агрегату. Мийні роботи слід виконувати на окремому посту з відведенням забруднених стоків і дотриманням вимог охорони праці та екологічної безпеки.

Після очищення двигун встановлюють на стенд для розбирання-збирання. Стенд повинен забезпечувати надійне закріплення блока, можливість повороту двигуна у зручне положення, фіксацію під час виконання операцій, доступ до піддона, головки блока, колінчастого вала, навісного обладнання і торцевих поверхонь. Використання стенда зменшує трудомісткість робіт, підвищує безпеку, зменшує ризик пошкодження корпусних деталей і дає змогу

виконувати операції без застосування випадкових підставок або небезпечного підвішування вантажу.

Розбирання виконують у технологічній послідовності: знімають навісне обладнання, паливні та повітряні магістралі, випускний колектор, турбокомпресор, стартер, генератор, насосні агрегати, кришки, піддон, головку блока, поршнево-шатунні групи, колінчастий вал та інші деталі. Кожну групу деталей маркують і укладають у тару. Особливо важливо не змішувати кришки шатунів, вкладиші, штовхачі, коромисла і деталі, що мають індивідуальне припрацювання.

Після розбирання деталі направляють на мийку і дефектацію. Мийка повинна видалити оливу, нагар, відкладення, залишки прокладок і продукти спрацювання. Дефектація передбачає сортування деталей на придатні, такі, що підлягають відновленню, і непридатні. Результати заносять у дефектну відомість. На підставі цієї відомості формують перелік запасних частин, ремонтних операцій і погоджують обсяг робіт із замовником.

Комплектування і складання виконують у чистій зоні. Тут не повинно бути пилу, залишків абразиву, брудної тари та деталей після мийки без контролю. Перед складанням перевіряють наявність усіх потрібних деталей, прокладок, ущільнень, ремонтних розмірів, кріплень і технічної документації. Складання проводять із використанням динамометричних ключів, пристроїв для встановлення поршнів, оправок для сальників, індикаторів і вимірювального інструменту.

Заключним етапом є контроль якості, регулювання та випробування. Перевіряють легкість обертання колінчастого вала, осьовий люфт, зазори клапанів, герметичність систем, правильність підключення паливних і електричних елементів. Після запуску контролюють тиск оливи, температуру, димність, рівномірність роботи, відсутність сторонніх шумів і витікань. Результати випробування фіксують у паспорті ремонту або акті здавання-приймання.

Таблиця 2.5 – Рекомендована технологічна схема ремонту двигуна на дільниці

№ операції	Назва операції	Основне обладнання	Контроль якості
1	Приймання двигуна і оформлення документації	Пост приймання, тара, маркування	Акт приймання, фотофіксація, перевірка комплектності
2	Зовнішнє миття і очищення	Мийна установка, щітки, засоби очищення	Відсутність бруду, оливи, відкритих забруднень
3	Установлення на стенд	Кран-балка, таль, стенд розбирання-збирання	Надійність закріплення, фіксація положення
4	Розбирання на вузли і деталі	Слюсарний інструмент, знімачі, динамометричні ключі	Дотримання послідовності, маркування деталей
5	Мийка деталей	Мийна ванна, установка очищення, стиснене повітря	Чистота каналів, відсутність нагару і абразиву
6	Дефектація і вимірювання	Мікрометри, нутроміри, індикатори, дефектоскоп	Дефектна відомість, рішення щодо ремонту
7	Відновлення або заміна деталей	Верстати, пристрої, ремонтні комплекти	Відповідність розмірам і технічним вимогам
8	Комплектування двигуна	Стелажі, тара, карта комплектування	Повнота комплекту, відповідність ремонтним розмірам
9	Складання двигуна	Стенд, оправки, пристрої, динамометричні ключі	Контроль зазорів, моментів затягування, герметичності
10	Обкатування і випробування	Випробувальний стенд, прилади контролю	Тиск оливи, температура, шум, витікання, димність

2.9. Обґрунтування необхідності стенда для розбирання-збирання двигунів

Розбирання і складання двигуна є найбільш трудомісткими та відповідальними операціями ремонтного процесу. Двигуни автотракторної техніки мають значну масу, складну просторову форму і велику кількість вузлів, розташованих з різних боків блока. Виконання робіт на підлозі, випадкових підставках або тільки з використанням підйомного механізму є незручним, небезпечним і не забезпечує необхідної культури ремонту. Тому для проектної дільниці доцільно передбачити спеціалізований стенд для розбирання-збирання двигунів.

Стенд повинен виконувати кілька основних функцій. По-перше, він має надійно утримувати двигун за базові поверхні або монтажні отвори без пошкодження блока. По-друге, конструкція повинна забезпечувати поворот двигуна навколо горизонтальної осі та фіксацію в робочих положеннях. По-третє, стенд має бути достатньо жорстким і стійким, щоб витримувати масу двигуна та зусилля, які виникають під час відвертання різьбових з'єднань. По-четверте, він повинен забезпечувати доступ до нижньої, верхньої, передньої і задньої частини двигуна без зайвого переміщення агрегату.

Застосування стенда підвищує продуктивність праці слюсарів-ремонтників. Поворот двигуна у зручне положення скорочує час на демонтаж піддона, головки блока, колінчастого вала, маховика, передньої кришки, навісних агрегатів і дрібних деталей. Працівник менше часу витрачає на перестановку агрегату, пошук опор, використання домкратів і допоміжних підйомних засобів. Крім того, зменшується кількість операцій, які виконуються у незручній позі, що позитивно впливає на безпеку і якість ремонту.

З технічної точки зору стенд сприяє збереженню деталей. При правильному закріпленні двигун не перекошується, не падає, не спирається на крихкі елементи, патрубки, датчики або фланці. Це особливо важливо під час ремонту сучасних двигунів з електронними датчиками, пластиковими кожухами, алюмінієвими корпусами і високоточними посадочними поверхнями. Відсутність випадкових ударів і перекосів зменшує ризик появи додаткових дефектів, які можуть збільшити вартість ремонту.

Для дільниці, що виконує 600 ремонтів двигунів на рік, стенд є не допоміжним, а основним технологічним обладнанням. Він формує центральне робоче місце розбирально-складальної зони і визначає ритм роботи дільниці. У разі наявності декількох паралельних постів можна застосовувати кілька стендів різної вантажопідйомності: для двигунів легких автомобілів і малих тракторів, для двигунів середньої потужності та для важких тракторних і комбайнових двигунів. У межах даної кваліфікаційної роботи розробка стенда має забезпечити універсальність, безпеку, технологічність виготовлення і

можливість використання в умовах сільськогосподарського ремонтного підприємства.

Висновки по розділу

У розділі встановлено, що двигуни автотракторної техніки працюють у важких умовах змінного навантаження, запиленості, сезонної інтенсивності та підвищених температурних впливів. Найбільш характерними причинами їх несправностей є природне зношування, порушення правил технічного обслуговування, забруднення палива й оливи, перегрівання, потрапляння пилу у впускний тракт, неякісне попереднє складання та робота з перевантаженням.

Основними групами несправностей є дефекти циліндро-поршневої групи, кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів, систем мащення, охолодження, живлення, впуску, наддуву та електронного керування. Для кожної групи визначено характерні ознаки, причини виникнення та способи усунення. Найбільш трудомісткими є роботи, пов'язані з розбиранням двигуна, дефектацією деталей, відновленням гільз, колінчастих валів, головок блока, клапанного механізму, паливної апаратури і турбокомпресорів.

Обґрунтовано, що ефективний ремонт двигунів потребує чіткої технологічної послідовності: приймання, зовнішнього очищення, установлення на стенд, розбирання, мийки деталей, дефектації, відновлення або заміни деталей, комплектування, складання, регулювання та випробування. Така послідовність забезпечує контроль якості, зменшує кількість повторних відмов і створює умови для організації дільниці, здатної виконувати значний обсяг замовлень.

Доведено доцільність розробки стенда для розбирання-збирання двигунів. Його застосування підвищує безпеку праці, скорочує трудомісткість операцій, поліпшує доступ до вузлів двигуна, зменшує ризик пошкодження деталей і забезпечує необхідну культуру ремонтного виробництва. Отже, стенд є ключовим елементом технічного оснащення проектної дільниці та безпосередньо пов'язаний із темою кваліфікаційної роботи.

РОЗДІЛ КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Аналіз існуючих конструкцій

Стенди для розбирання – складання двигунів забезпечують зручність виконання робіт з ремонту двигунів. Забезпечується продуктивність робіт у 2 – 3 рази, що призводить до зниження вартості ремонту двигунів. Також скорочується ручна праця та підвищується якість робіт.

3.1.1 Стенд для розбирання-збирання двигунів СР-10.

Універсальний стенд для розбирання всіх видів двигунів випускає італійська фірма «СМВВ»



Рис. 3.1. Стенд для ремонту двигунів модель СР-10.

Стенд призначений для ремонту двигунів легкових автомобілів масою не більше 250 кг . Використання стенду забезпечує вільний доступ до всіх вузлів двигуна. Простота конструкції, незалежність від зовнішніх комунікацій

дозволяє використовувати стенд не тільки в стаціонарних умовах, але й на відкритих майданчиках.

3.1.2 Стенд для розбирання-збирання двигунів ЗМЗ СРД-200.

Стенд СРД-200 - призначений для зручності доступу до всіх вузлів двигуна під час його розбирання/збирання з можливістю його багаторазового перевертання, нахилу та фіксації. Привід - механічний від руки через черв'ячний редуктор Ч125-80-51, що забезпечує обертання закріпленого на стенді двигуна навколо його осі та його фіксацію під будь-яким кутом.

Універсальна конструкція стенду дозволяє закріплювати та ремонтувати на ньому 4- та 8-циліндрові двигуни ЗМЗ. Для ремонту двигунів сімейства ЗМЗ-406 стенд додатково комплектується знімним кронштейном. Забезпечує наочність технології ремонтних робіт під час навчання фахівців.



Рис. 3.2. Стенд СРД-200 для ремонту двигунів ЗМЗ.

3.1.2 Стенд для розбирання-збирання двигунів Р-770 і Р776.

Стенд для складання та розбирання V-подібних двигунів ЯМЗ і КАМАЗ, моделей Р770 (рис. 3.3) або Р776 (рис. 3.4) призначений для ремонтних підрозділів автотранспортних підприємств.

Стенд призначений для складання та розбирання двигунів ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, КАМАЗ-740 та КАМАЗ-741.

Стенд передбачає кліматичне виконання «У» категорії розміщення 4.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика.

Характеристика	P770	P776
1	2	3
Тип	стаціонарний	
Спосіб повороту	електродвигуном через черв'ячний редуктор	вручну через черв'ячний редуктор
Кут повороту двигуна, град.	360	
Напруга живлення, В	380	-
Встановлена потужність, кВт	0,75	-
Частота обертання шпинделя (траверси), об/хв – 1 , не більше	3	-
Габаритні розміри, мм, не більше:		
- довжина	1850	1850
- ширина	1050	1050
- висота	1050	1050
Маса, кг, не більше	350	280
Термін служби, років	8	
Ресурс до середнього ремонту, год	3000	

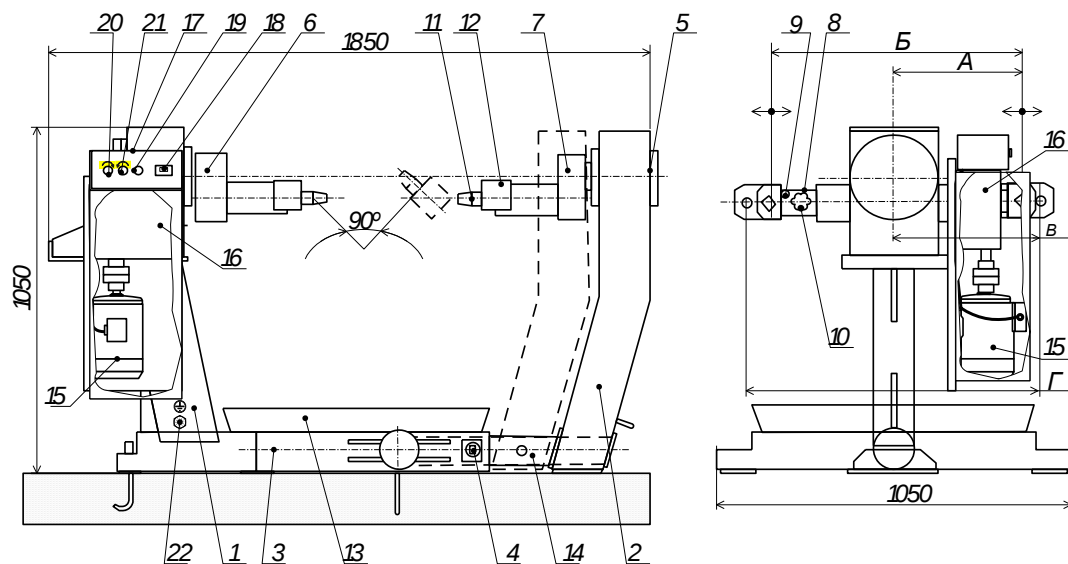


Рис. 3.3. Стенд Р770.

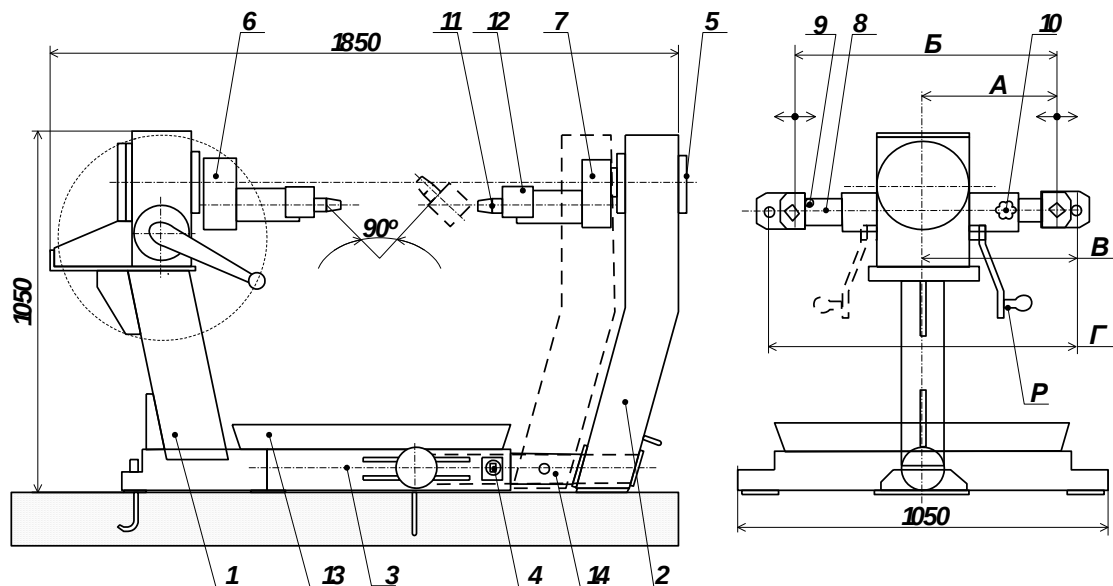


Рис. 3.4. Стенд Р776: 1 – стаціонарна стійка з редуктором; 2 – пересувна стійка; 3 – хрестовина; 4 – фіксатор стійки; 5 – підшипникова опора; 6 – траверса; 7 – траверса; 8 – розсувна опора (4 шт.); 9 – шпонка (4 шт.); 10 – фіксатор опори (4 шт.); 11 – штир (4 шт.); 12 – гвинт (4 шт.); 13 – піддон; 14 – скалка; 15 – електродвигун; 16 – редуктор першого ступеня; 17 – електрошафа управління; 18 – автоматичний вимикач; 19 – лампа індикації увімкнення мережевого живлення; 20 – кнопка увімкнення обертання за годинниковою стрілкою; 21 – кнопка увімкнення обертання проти годинникової стрілки; 22 – заземлюючий пристрій; Р – рукоятка повороту двигуна (90° – 13 обертів рукоятки).

Принцип роботи стенду.

Двигун, встановлений на стенд, повертається обертанням тихохідного вала основного черв'ячного редуктора в положення, найбільш зручне для роботи. Обертання швидкохідного вала основного черв'ячного редуктора здійснюється або за допомогою рукоятки ручного обертання (для Р776), або електродвигуном через додатковий черв'ячний редуктор (для Р770).

Двигун надійно фіксується в будь-якому положенні, завдяки тому, що редуктор самогальмуючий.

3.1.3 Стенд для складання та розбирання моделі Р500.

Стенд для складання та розбирання моделі Р500 призначений для ремонтних підрозділів автотранспортних підприємств.

Стенд призначений для складання та розбирання двигунів легкових автомобілів, вантажних автомобілів малої вантажопідйомності.

Стенд передбачає кліматичне виконання «У» категорії розміщення 4.

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика моделі Р500.

Характеристика	Р 500
Тип	пересувний
Спосіб повороту	Вручну через черв'ячний редуктор
Кут повороту двигуна, град.	360°
Габаритні розміри, мм, не більше:	
- довжина	1200
- ширина	900
- висота	1000
Маса, кг, не більше	150
Термін служби, років	8
Встановлений безвідмовний набіг, год, не менше	3000

Принцип роботи стенду.

Двигун, встановлений на стенд (рис. 3.5), повертається за допомогою рукоятки 5 у положення, зручне для роботи.

Двигун надійно фіксується в будь-якому положенні завдяки тому, що редуктор є самогальмуючим.

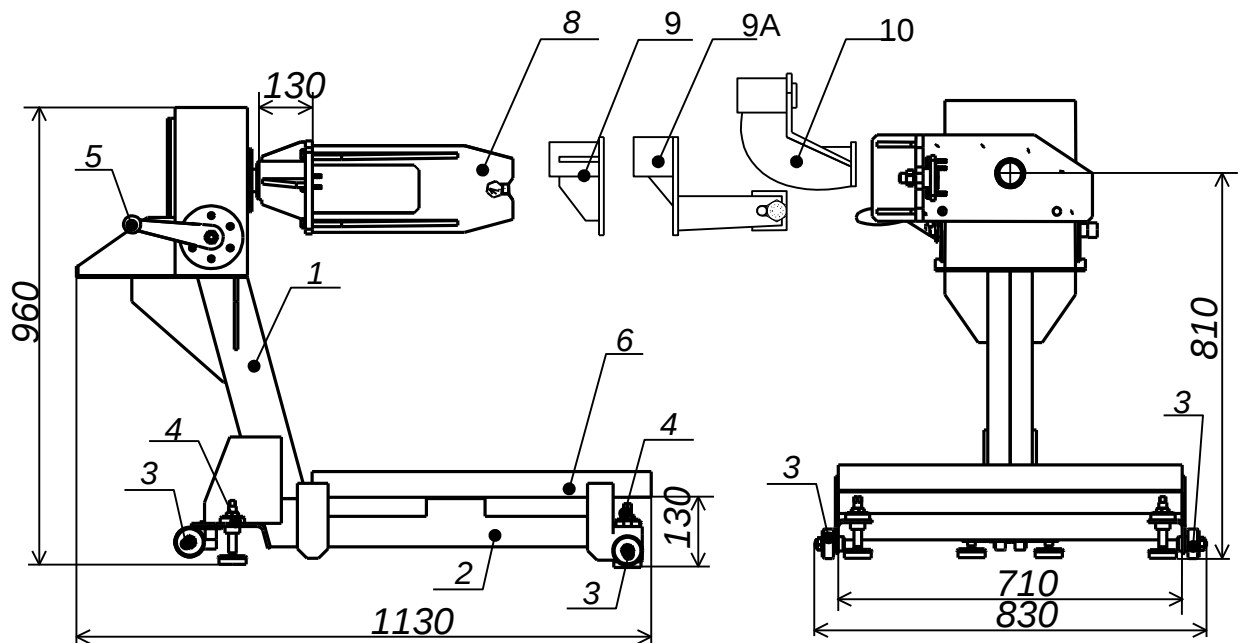


Рис. 3.5. Стенд Р500: 1 – стійка; 2 – візок підкатний; 3 – колеса; 4 – опори висувні; 5 – рукоятка; 6 – піддон; 8, 9, 10 – кронштейни.

3.2. Характеристика розроблюваного стенду

Розроблений стенд може бути використаний при індивідуальному розбиранні (збиранні) двигуна під час ремонту автомобілів [5].

Пропонується стенд, який має жорстку основу для нерухомої установки двигуна на робочому місці.

Двигун кріпиться до поворотних кронштейнів і може займати положення, зручне для роботи.

Перевага цього стенду – дозволяє у два – три рази підвищити продуктивність праці під час проведення постових розбирально-складальних робіт. Особливо зручний пост, оскільки дозволяє організувати робочий пост у будь-якому вільному місці приміщення та легко здійснювати необхідне перепланування.

Стенд складається зі зварної рами, на якій закріплений за допомогою болтів М20 редуктор Ч-125, з ручним приводом, з'єднаний через призматичну шпонку з корпусом підшипників, до якого кріпиться поворотний кронштейн, що забезпечує поворот агрегату на потрібний кут.

3.3. Розрахунок конструкції стенду

3.3.1 Вибір редуктора.

Редуктор вибираємо за передавальним числом: $I=31$; Ч-125 ДСТУ.

Маса редуктора 70 кг [2,3,4]

3.3.2 Розрахунок шпоночного приводу на вихідному валу (Мкр-тах)

- вихідні дані:

$$T = 50,6 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Двала = 45 мм .

- приймаємо попередні розміри шпонки:

$$b = 10 \text{ мм}; h = 8 \text{ мм}; l = 40 \text{ мм}; t = 3,3 \text{ мм}$$

- розрахунок шпонки на зминання $[\delta] = 3,3 \text{ МПа}$ [2,3,4]

$$\delta_{\text{см}} = 2 \cdot T / [d (h - t) \cdot l] = L_{\text{к}} = \frac{2 \cdot 509,6}{45 - (8 - 3,3) \cdot 40 \cdot 10^9} = 31,9 \text{ МПа} < [\delta_{\text{см}}] \quad (3.1)$$

- розрахунок шпонки на зріз $[\tau] = 60 \text{ МПа}$ [2,3,4]

$$T_{\text{ср}} = L_{\text{к}} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot b \cdot l} = \frac{2 \cdot 509,6}{45 \cdot 10 \cdot 40 \cdot 10^9} = 12,1 \text{ МПа} < [\tau_{\text{ср}}] \quad (3.2)$$

3.3.3 Підбір підшипників за динамічною вантажопідйомністю.

а) попередньо визначимо тип підшипника.

Для розрахунку беремо радіальний кульковий підшипник легкої серії 50211. [2,3,4]

б) дані підшипника в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Підшипник кульковий радіальний.

Позначення	Розміри, мм								Вантажопідйомність	
50211	d	D1	a	c	D2	D	B	r	Cr	C02
	55	96,8	3,25	2,7	80	100	21	2,5	34	25,6

в) визначаємо осьові складові R_3 та осьові сили R_a .

$$R = T_{\text{ввлх}} \cdot \frac{D_{\text{в}}}{r} + \frac{m \cdot b \cdot g}{r} = 6,575 + 0,475 = 7,050 \text{ кН} \quad (3.3)$$

$$\frac{R_r}{C_{0r}} = \frac{7,05}{25,6} = 0,23 \Rightarrow l' = 0,425$$

$$R_3 = l' \cdot R_r = 0.425 \cdot 7.05 = 2.996 \text{ кН} \quad (3.4)$$

$$R_a = R_r \cdot \operatorname{tg} \alpha + R_3 = 7.05 \cdot \operatorname{tg} 10^\circ + 2.996 = 4.239 \text{ кН} \quad (3.5)$$

$$\frac{R_a}{C_{02}} = \frac{4.239}{25.6} = 0.137 \Rightarrow x = 0.56 \quad y = 1.31$$

г) визначаємо еквівалентне динамічне навантаження.

$$R_E = (V \cdot X \cdot R_2 + Y \cdot R_a) \cdot K_G \cdot K_T; \quad (3.6)$$

$V = 1$ – коефіцієнт обертання (при обертанні внутрішнього кільця підшипника); [2,3,4]

$K_G = 1.2$ – коефіцієнт безпеки, що залежить від виду навантаження (легкі поштовхи; короточасні перевантаження до 125% номінального навантаження); [2,3,4]

$K_T = 1.0$ – температурний коефіцієнт (робоча температура до 100°C). [2,3,4]

$$R_E = (1 \cdot 0.56 \cdot 7.05 + 1.31 \cdot 4.239) \cdot 1 \cdot 1.2 = 11.4 \text{ кН}$$

д) ресурсна довговічність підшипника.

$$L_{10ah} = a_{23} \cdot \left(\frac{C_r}{R_E} \right)^P \cdot \left(\frac{10^6}{60 \cdot n} \right) \quad (3.7)$$

де n – частота обертання кільця, об/хв;

P – показник ступеня ($P = 3$ – для кулькових підшипників); [2,3,4]

a_{23} – коефіцієнт, що характеризує сукупний вплив на ресурс підшипника, якість металу кілець, кочення та умов експлуатації ($a_{23} = 0.7$); [2,3,4]

$$L_{10ah} = 0.7 \cdot \left(\frac{34}{11.4} \right)^3 \cdot \left(\frac{10^6}{60 \cdot 35.8} \right) = 19384.1$$

е) оцінюємо придатність обраного типорозміру підшипника.

підшипник придатний, оскільки розрахункова довговічність більша за необхідну

$$L_{10ah} \geq L'_{10ah};$$

$$L_{10ah} = 19384.1;$$

$$L'_{10ah} = 18224.$$

3.3.4 Розрахунок міцності вала.

а) вибір діаметрів вала.

Діаметри різних ділянок вала визначаємо за формулами:

$$d = 4.8 \cdot \sqrt[3]{T_K}; \quad (3.8)$$

$$d_{II} = d + 2t; \quad (3.9)$$

$$d_{БП} = d_{II} + 3.2r; \quad (3.10)$$

$$d_K \geq d_{БП}$$

де T – крутний момент, Нм.

Значення t і r за таблицею [2,3,4]:

$t = 3$ мм; $r = 3$ мм.

$$d = 4.8 \cdot \sqrt[3]{506,9} = 49,44 \approx 50 \text{ мм}$$

$$d_{II} = 49,44 + 2 \cdot 3 = 55,44 \approx 55 \text{ мм}$$

$$d_{БП} = 55,44 + 3.2 \cdot 3 = 65,04 \approx 65 \text{ мм}$$

Найнебезпечніший переріз А-А (див. рис. 3.6).

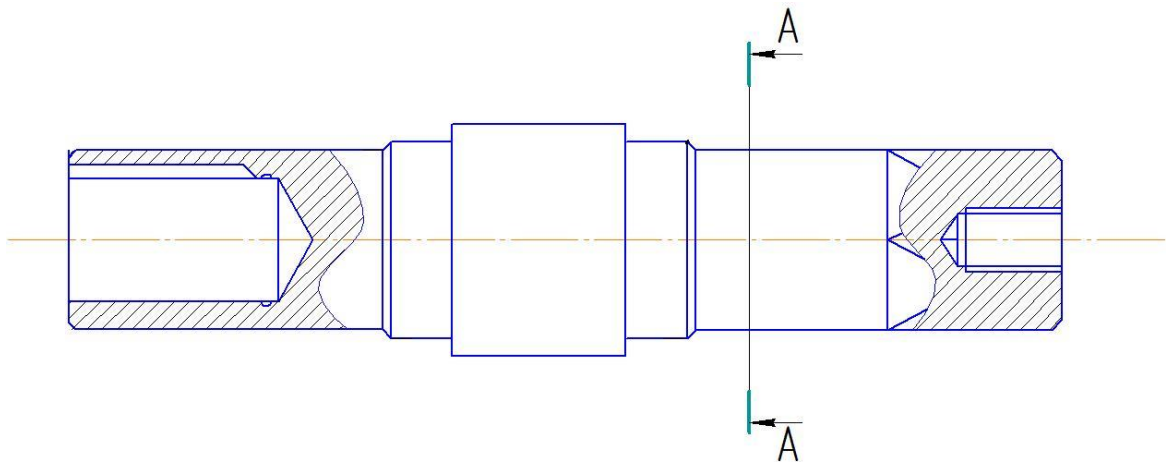


Рис. 3.6 Вал.

б) розрахунок вала на міцність.

Приймаємо, що вал виготовлений зі сталі 45 ДСТУ 7809:2015 без подальшої термічної обробки. [2,3,4]

- розрахунок вала на статичну міцність;

Перевірку статичної міцності проводять з метою запобігання пластичним деформаціям у період дії короточасних перевантажень.

У розрахунку визначають коефіцієнт запасу міцності за межею плинності.

$$S_T = \frac{G_T}{K_{II} \cdot \delta_{\Sigma KB}}; [2,3,4] \quad (3.11)$$

де G_T – межа плинності матеріалу вала;

K_{II} – коефіцієнт перевантаження;

$\delta_{\Sigma KB}$ – еквівалентне напруження

$$\delta_{\Sigma KB} = \frac{\sqrt{M^2 + M_K^2}}{W}; [2,3,4] \quad (3.12)$$

$M = \sqrt{M_X^2 + M_Y^2}$ результуючий згинальний момент у розглянутому перерізі, $M = 7671,9 \cdot 10^2$ Н·мм

$M_K = T$ – крутний момент, $M_K = 5096 \cdot 10^2$ Н·мм [2,3,4]

W – осьовий момент опору перерізу вала, мм²; [2,3,4]

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot d - \frac{b \cdot h \cdot (2 \cdot d - h)}{16 \cdot d} = 33,7 \cdot 10^3 \text{ мм} \quad (3.13)$$

$$S_T = \frac{550}{1,25 \cdot \frac{\sqrt{7671,9^2 + 5096^2}}{33,7}} = 1,61$$

Умова $St \geq [St]$ – виконано $1,61 \geq 1,5$.

Розрахунок проводять у формі перевірки коефіцієнта запасу міцності.

Приймаємо $[S] = 1,4$ [2,3,4]:

$$S = \frac{S_\delta \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\delta^2 \cdot S_\tau^2}} \geq [S]; \quad (3.14)$$

де S_δ і S_τ – коефіцієнти запасу за нормальними та дотичними напруженнями; що визначаються за залежностями [2,3,4]:

$$S_\delta = \frac{(\delta - 1) \cdot D}{G_a + (\psi_B)_D \cdot G_m}; \quad (3.15)$$

$$S_\tau = \frac{(\tau - 1) \cdot D}{\tau_a + (\psi_B)_D \cdot G_m}; \quad (3.16)$$

де δ_a і τ_a – амплітуди напружень циклу;

δ_m і τ_m – середні напруження циклу.

У розрахунках валів приймають, що нормальні напруження змінюються за симетричним циклом: $\delta_a = \delta_k$ і $\delta_m = 0$, а дотичні напруження – за нульовим циклом [2,3,4]:

$$\tau_a = \frac{\tau_K}{\eta} \text{ та } \tau_m = \frac{\tau_K}{\eta} \quad (3.17)$$

Вплив асиметрії циклу зміни τ зазвичай незначний ($\Psi = 0 \dots 0,05$) [2,3,4].

Тоді:

$$S_\delta = \frac{(G-1) \cdot D}{G_a}; \quad (3.18)$$

$$S_\tau = \frac{(\tau-1) \cdot D}{\tau_a}; \quad (3.19)$$

Амплітуду напружень циклу в небезпечному перерізі визначають за формулами:

$$G_a = G_U = \frac{M}{W}; \quad (3.20)$$

$$\tau_a = \frac{\tau_K}{2} = \frac{M_K}{2 \cdot W_K}; \quad (3.21)$$

де $M = \sqrt{M_X^2 + M_Y^2} = 7671,9 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – результуючий згинальний момент;

$M_K = 5096 \cdot 10^3 \text{ Нхмм}$ – крутний момент [2,3,4];

$W = 33,7 \cdot 10^3 \text{ мм}^2$ – осьовий момент опору перерізу вала [2,3,4];

W_K – полярний момент опору перерізу вала, мм^2

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot d - \frac{b \cdot h \cdot (2 \cdot d - h)}{16 \cdot d} = 63,3 \cdot 10^3 \text{ мм}; \quad (3.22)$$

$$G_a = \frac{7671,9 \cdot 10^3}{33,7 \cdot 10^3} = 227,7 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}; \quad (3.23)$$

$$\tau_a = \frac{5096 \cdot 10^3}{2 \cdot 67,3 \cdot 10^3} = 37,9 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}; \quad (3.24)$$

$$S_\delta = \frac{350}{227,7} = 1,537;$$

$$S_\tau = \frac{210}{37,9} = 5,54;$$

$$S = \frac{1,537 \cdot 5,54}{\sqrt{1,537^2 \cdot 5,54^2}} = 1,48 \geq 1,4.$$

Умова $S \geq [S]$ виконується $[2,3,4]$.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальна характеристика умов праці на дільниці

Охорона праці є обов'язковою складовою проєктування дільниці з ремонту двигунів внутрішнього згорання, оскільки технологічний процес передбачає розбирання, миття, дефектацію, ремонт, комплектування і складання важких агрегатів автотракторної техніки. Основними джерелами небезпеки є значна маса двигунів і деталей, використання стенда для розбирання-збирання, застосування вантажопідіймальних засобів, мийних речовин, відпрацьованих олив, палива, електроінструменту, стисненого повітря та вентиляційного обладнання.

Проектowana дільниця має розміри 21×36 м. Площа приміщення становить 756 м². Для розрахунків приймаємо висоту 6,0 м, тому об'єм приміщення дорівнює 4536 м³. Річна програма ремонту становить 600 двигунів, тому робочі місця повинні забезпечувати безпечне переміщення агрегатів, достатній повітрообмін, нормативну освітленість і зручний доступ до обладнання. Роботи виконуються в одну зміну, одночасна кількість працівників приймається 12 осіб.

Нормативну основу розділу становлять Закон України «Про охорону праці», НПАОП 0.00-1.62-12, НПАОП 01.41-1.01-01, ДБН В.2.5-67:2013, ДБН В.2.5-28:2018, Правила улаштування електроустановок та санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

Основні небезпечні та шкідливі фактори наведено в табл. 4.1.

4.2. Вимоги безпечної організації робіт

До роботи допускаються працівники, які пройшли інструктажі з охорони праці, навчання безпечним методам виконання робіт, перевірку знань і медичний огляд. На робочих місцях повинні бути інструкції для слюсаря з ремонту двигунів, оператора стенда, працівника мийної зони та стропальника.

Працівники забезпечуються спецодягом, рукавицями, захисним взуттям, окулярами, респіраторами під час очищення деталей і засобами захисту слуху при роботі з пневмоінструментом.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі фактори на дільниці ремонту двигунів

Фактор	Джерело	Можливі наслідки	Профілактичні заходи
Механічне травмування	двигуни, блоки, маховики, стенд	удари, затискання, травми рук і ніг	надійне кріплення, огороження, справні захвати, спецвзуття
Падіння вантажу	таль, кран-балка, стропи	травми працівників, пошкодження деталей	огляд стропів, робота за схемами стропування, заборона перебування під вантажем
Забруднення повітря	миття деталей, зливання оливи, пари палива, відпрацьовані гази	подразнення органів дихання, пожежна небезпека	загальнообмінна вентиляція, місцеві відсмоктувачі, герметична тара
Електробезпека і недостатня освітленість	електроінструмент, стенд, світильники	ураження струмом, помилки складання, втома	заземлення, УЗО, світлодіодне та місцеве освітлення

Під час розбирання двигун обов'язково закріплюють на стенді. Перед поворотом агрегату перевіряють справність фіксатора, кронштейнів і болтових з'єднань. Забороняється перевищувати допустиме навантаження стенда, залишати двигун у нестійкому положенні, виконувати демонтаж важких деталей без підйимального механізму або працювати несправним інструментом. Проходи між постами повинні бути вільними, а підлога – рівною, неслизькою та стійкою до дії нафтопродуктів.

Відпрацьовані оливи, паливо, фільтри та промаслене ганчір'я збирають у металеву тару з кришками. На дільниці не допускається зберігання легкозаймистих рідин понад змінну потребу. Робочі місця обладнуються аптечкою, первинними засобами пожежогасіння, знаками безпеки, місцями для чистого і забрудненого спецодягу.

4.3. Розрахунок вентиляції дільниці

У процесі ремонту двигунів у повітря робочої зони можуть надходити пари нафтопродуктів, аерозолі мийних розчинів, пил і відпрацьовані гази. Тому для дільниці передбачається комбінована система вентиляції: загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція та місцеві відсмоктувачі біля джерел забруднення.

Вихідні дані: довжина $L = 36$ м; ширина $B = 21$ м; висота $H = 6$ м; площа $S = 756$ м²; об'єм $V = 4536$ м³; кількість працівників $n = 12$ осіб. Для ремонтної дільниці приймаємо кратність повітрообміну $k = 4$ год⁻¹.

Площа приміщення: $S = L \cdot B = 36 \cdot 21 = 756$ м².

Об'єм приміщення: $V = S \cdot H = 756 \cdot 6 = 4536$ м³.

Необхідна продуктивність загальнообмінної вентиляції:

$$L_{\text{заг}} = k \cdot V = 4 \cdot 4536 = 18144 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.1)$$

Перевіримо мінімальну подачу повітря за кількістю працівників, приймаючи 60 м³/год на одну особу:

$$L_{\text{люд}} = n \cdot 60 = 12 \cdot 60 = 720 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.2)$$

Оскільки $18144 \text{ м}^3/\text{год} > 720 \text{ м}^3/\text{год}$, розрахунковою приймається витрата за кратністю повітрообміну. Додатково передбачаємо місцеві відсмоктувачі, розрахунок яких наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок місцевої витяжної вентиляції

Джерело виділень	Кількість	Витрата на 1 місце, м ³ /год	Загальна витрата, м ³ /год
Мийна установка для деталей	1	1500	1500
Пост зливання оливи та палива	1	800	800
Пости короточасного запуску/діагностики двигуна	2	1200	2400
Стіл очищення і дрібного шліфування деталей	1	700	700
Разом	-	-	5400

Загальна розрахункова витрата повітря:

$$L_{\text{розр}} = L_{\text{заг}} + L_{\text{місц}} = 18144 + 5400 = 23544 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.3)$$

Приймаємо $L_{\text{пр}} = 24000$ м³/год. Фактична кратність повітрообміну:

$$k_{\text{ф}} = L_{\text{пр}} / V = 24000 / 4536 = 5,29 \text{ год}^{-1}. \quad (4.4)$$

Отже, доцільно встановити дві припливно-витяжні установки продуктивністю по 12000 м³/год кожна з фільтрацією, шумоглушниками та можливістю підігріву припливного повітря. При швидкості повітря в магістральному повітропроводі $w = 8$ м/с площа перерізу головного каналу становить:

$$F = L_{\text{пр}} / (3600 \cdot w) = 24000 / (3600 \cdot 8) = 0,83 \text{ м}^2. \quad (4.5)$$

Для однієї з двох гілок $F1 = 0,42 \text{ м}^2$, еквівалентний діаметр круглого повітропроводу $d = \sqrt{(4 \cdot 0,42 / 3,14)} = 0,73 \text{ м}$. Отже, можна прийняти повітропроводи діаметром 710–750 мм або прямокутні канали еквівалентного перерізу.

4.4. Розрахунок освітлення дільниці

Освітлення дільниці має забезпечувати безпечне виконання слюсарно-складальних операцій, дефектацію деталей, контроль поверхонь і читання маркувань. Для приміщення приймаємо комбіноване освітлення: природне бокове через вікна, загальне рівномірне світлодіодне освітлення та місцеве освітлення на верстаках і постах дефектації.

Попередню площу світлових прорізів приймаємо на рівні 18 % від площі підлоги:

$$S_{\text{вік}} = 0,18 \cdot S = 0,18 \cdot 756 = 136,1 \text{ м}^2.$$

Якщо передбачити 24 віконні блоки розміром $2,0 \times 3,0$ м, фактична площа засклення становитиме $S_{\text{вік.ф}} = 24 \cdot 2,0 \cdot 3,0 = 144 \text{ м}^2$, що більше попередньої прийнятої потреби.

Розрахунок загального штучного освітлення виконуємо методом світлового потоку. Для ремонтно-складальних робіт приймаємо нормовану освітленість $E_n = 300$ лк. Коефіцієнт запасу $K_z = 1,5$; коефіцієнт нерівномірності $z = 1,1$; коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,55$. Приймаємо світлодіодний промисловий світильник LED High Bay потужністю 200 Вт зі світловим потоком $\Phi_d = 28000$ лм.

Необхідний сумарний світловий потік:

$$\Phi_{\Sigma} = (E_n \cdot S \cdot K_z \cdot z) / \eta = (300 \cdot 756 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / 0,55 = 680400 \text{ лм.} \quad (4.6)$$

Кількість світильників:

$$N = \Phi_{\Sigma} / \Phi_{\text{л}} = 680400 / 28000 = 24,3 \text{ шт.} \quad (4.7)$$

Приймаємо $N = 25$ світильників за схемою 5×5 . Фактична середня освітленість:

$$E_{\text{ф}} = (N \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta) / (S \cdot K_z \cdot z) = (25 \cdot 28000 \cdot 0,55) / (756 \cdot 1,5 \cdot 1,1) = 309 \text{ лк.} \quad (4.8)$$

Отримане значення $E_{\text{ф}} = 309$ лк перевищує прийняту норму 300 лк, тому кількість світильників вибрано правильно. Установлена потужність загального освітлення становить $P_{\text{осв}} = 25 \cdot 200 = 5000 \text{ Вт} = 5,0 \text{ кВт}$, а питома потужність $p = 5000 / 756 = 6,6 \text{ Вт/м}^2$.

Підсумкові результати розрахунку наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку штучного освітлення.

Показник	Позначення	Значення
Площа ділянки	S	756 м ²
Нормована освітленість	E_n	300 лк
Сумарний світловий потік	Φ_{Σ}	680400 лм
Світловий потік одного світильника	$\Phi_{\text{л}}$	28000 лм
Прийнята кількість світильників	N	25 шт.
Фактична освітленість	$E_{\text{ф}}$	309 лк
Установлена потужність	$P_{\text{осв}}$	5,0 кВт

Для постів дефектації, верстаків і місць точного складання додатково передбачаються місцеві світильники із захисними плафонами і безпечною напругою живлення. Вони повинні забезпечувати освітленість робочої поверхні не менше 500 лк, не створювати сліпучої дії та мати регульований напрям світлового потоку. Аварійне й евакуаційне освітлення розміщують уздовж основних проходів, біля виходів, електрощита, аптечки та вогнегасників.

4.5. Електробезпека, пожежна безпека та висновки

Електрообладнання ділянки живиться від електрощита з автоматичними вимикачами, пристроями захисного вимкнення та захисним заземленням. Корпуси стенда, верстатів, мийної установки, компресора, вентиляційних

агрегатів і металевих світильників приєднують до контуру заземлення. Переносні світильники для огляду внутрішніх порожнин двигуна повинні мати безпечну напругу живлення і захисну решітку.

Пожежна небезпека зумовлена наявністю відпрацьованих олиव, залишків палива, промасленого ганчір'я та електрообладнання. Для її зниження передбачають металеву тару з кришками, своєчасне видалення відходів, заборону відкритого вогню, регулярне прибирання розливів і справну вентиляцію. На ділянці розміщують порошкові або вуглекислотні вогнегасники, пожежний щит, план евакуації та знаки безпеки.

У розділі визначено основні небезпечні фактори та запропоновано заходи безпеки для ділянки ремонту двигунів. Розрахунком встановлено, що необхідна продуктивність загальнообмінної вентиляції становить 18144 м³/год, а з урахуванням місцевих відсмоктувачів – 23544 м³/год. Прийнята продуктивність 24000 м³/год забезпечує фактичну кратність повітрообміну 5,29 год⁻¹. Для загального освітлення прийнято 25 світлодіодних світильників по 200 Вт зі світловим потоком 28000 лм кожний. Фактична освітленість становить 309 лк, що відповідає прийнятому нормативному рівню для ремонтно-складальних робіт. Запропоновані рішення забезпечують безпечні умови праці та можуть бути використані під час подальшого проектування стенда для розбирання-збирання двигунів.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

5.1. Мета та вихідні умови економічного обґрунтування

Метою техніко-економічного обґрунтування є визначення доцільності організації дільниці з ремонту двигунів внутрішнього згоряння та впровадження спеціалізованого стенда для розбирання-збирання двигунів автотракторної техніки. Проєктне рішення передбачає, що дільниця працюватиме не тільки для потреб власного машинно-тракторного парку сільськогосподарського підприємства, а й виконуватиме замовлення сторонніх господарств, фермерських підприємств і власників автотракторної техніки, розташованих неподалік від обласного центру.

Економічна доцільність проєкту формується за рахунок трьох основних чинників: стабільної річної виробничої програми ремонту 600 двигунів, використання наявної площі дільниці 21×36 м, а також скорочення трудомісткості розбирально-складальних операцій завдяки застосуванню стенда. Для підприємства це дає можливість підвищити завантаження ремонтної бази, зменшити простої машин у період польових робіт та отримати додатковий дохід від надання ремонтних послуг.

У розрахунках прийнято, що дільниця спеціалізується на поточному та капітальному ремонті дизельних двигунів тракторів, комбайнів, вантажних автомобілів і самохідних сільськогосподарських машин. Розрахункові показники подано у цінах 2026 року без урахування ПДВ. Вартість матеріалів, запасних частин і договірна ціна ремонту можуть коригуватися залежно від марки двигуна, ступеня зношування деталей і обсягу відновлювальних робіт.

Основні вихідні дані для розрахунку наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Основні вихідні дані для розрахунку.

Показник	Позначення	Значення
Річна програма ремонту двигунів на замовлення, шт.	N	600
Площа ділянки, м ²	F _д	21 × 36 = 756
Базова трудомісткість ремонту одного двигуна, люд.-год	t _б	51,0
Проектна трудомісткість після впровадження стенда, люд.-год	t _п	45,2
Середня тарифна ставка ремонтника, грн/год	C _{год}	120
Додаткова заробітна плата, % до основної	k _{дод}	20
Єдиний соціальний внесок, %	k _{ЄСВ}	22
Розрахункова договірна ціна ремонту одного двигуна, грн	Ц	46 000

5.2. Розрахунок виробничої програми та доходу ділянки

Річний обсяг робіт ділянки визначається кількістю двигунів, що надходять у ремонт протягом року, та середньою трудомісткістю одного ремонту. Для проектної ділянки приймаємо виробничу програму 600 двигунів на рік. Такий обсяг є реальним за умови рівномірного надходження замовлень, роботи ділянки в одну зміну з можливістю сезонного ущільнення графіка та наявності спеціалізованого обладнання для механізованого позиціонування двигуна під час розбирання і збирання.

Річна проектна трудомісткість ремонтних робіт становить: $T_{п} = N \cdot t_{п} = 600 \cdot 45,2 = 27\,120$ люд.-год.

У базовому варіанті, коли більшість розбирально-складальних операцій виконується на універсальних опорах і з більшими витратами часу на перекантування двигуна, річна трудомісткість становила б: $T_{б} = N \cdot t_{б} = 600 \cdot 51,0 = 30\,600$ люд.-год.

Отже, впровадження стенда забезпечує скорочення трудомісткості на $\Delta T = T_{б} - T_{п} = 3480$ люд.-год за рік. Це є основним джерелом прямого економічного ефекту, оскільки зменшуються витрати на оплату праці, нарахування на заробітну плату та частина змінних накладних витрат.

Річний дохід від виконання ремонтів на замовлення визначаємо за формулою: $V = N \cdot Ц = 600 \cdot 46\,000 = 27\,600\,000$ грн.

Прийнята договірна ціна є усередненою. Вона враховує оплату розбирально-складальних робіт, дефектації, мийно-очисних операцій, заміни типових комплектів деталей, регулювання та контрольного випробування. Для двигунів малої потужності фактична ціна може бути нижчою, а для двигунів сучасних енергонасичених тракторів і комбайнів – вищою, однак для економічного розрахунку використання середньої ціни дозволяє оцінити ефективність дільниці в цілому.

5.3. Розрахунок собівартості ремонту одного двигуна

Собівартість ремонту двигуна складається з витрат на запасні частини та матеріали, основну й додаткову заробітну плату ремонтників, єдиний соціальний внесок, електроенергію, технологічні витратні матеріали, обслуговування стенда та накладні витрати. У розрахунку прийнято, що середня трудомісткість одного ремонту після впровадження стенда становить 45,2 люд.-год.

Основна заробітна плата на один двигун: $З_{осн} = t_{п} \cdot C_{год} = 45,2 \cdot 120 = 5\,424,00$ грн. Додаткова заробітна плата: $З_{дод} = 0,20 \cdot З_{осн} = 1\,084,80$ грн. Фонд оплати праці на один двигун становить 6 508,80 грн, а нарахування ЄСВ: $ЄСВ = 0,22 \cdot 6\,508,80 = 1\,431,94$ грн.

Витрати на матеріали й запасні частини залежать від технічного стану двигуна. У середньому до них входять прокладки, сальники, ущільнення, ремонтні комплекти паливної апаратури, фільтри, мастильні матеріали, деталі циліндро-поршневої групи, вкладиші, дрібні кріпильні елементи та мийні засоби. Для узагальненого розрахунку прийнято середню величину 25 000 грн на один двигун.

Таблиця 5.2 – Основні вихідні дані для розрахунку.

Стаття витрат	Розрахунок	Сума, грн/двигун
Запасні частини, матеріали, мийні та мастильні засоби	Прийнято за середнім комплектом ремонту	25 000,00
Основна заробітна плата ремонтників	$45,2 \cdot 120$	5 424,00
Додаткова заробітна плата	20 % від основної зарплати	1 084,80
Єдиний соціальний внесок	22 % від фонду оплати праці	1 431,94
Електроенергія	$65 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 8,00 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год}$	520,00
Технологічне оснащення, інструмент, витратні матеріали	Прийнято розрахунково	900,00
Поточне обслуговування стенда та пристроїв	Прийнято розрахунково	240,00
Накладні витрати дільниці	60 % від фонду оплати праці	3 905,28
Разом собівартість одного ремонту	Σ витрат	38 506,02

Розрахункова собівартість ремонту одного двигуна становить 38 506,02 грн. При договірній ціні 46 000 грн прибуток від одного ремонту дорівнює $\Pi_1 = Ц - C_1 = 7\,493,98$ грн, а рівень рентабельності ремонтної послуги: $R = \Pi_1 / C_1 \cdot 100 = 19,5 \%$.

За річної програми 600 двигунів загальна собівартість ремонтних робіт становить 23 103 610 грн, а розрахунковий річний прибуток від надання послуг з ремонту двигунів – 4496390 грн.

5.4. Капітальні вкладення у стенд для розбирання-збирання двигунів

Запропонований стенд призначений для безпечного закріплення двигуна, його повороту навколо поздовжньої осі, фіксації в потрібному положенні та забезпечення доступу до вузлів кривошипно-шатунного механізму, газорозподільного механізму, систем мащення, охолодження і живлення. Економічна перевага стенда полягає не лише у зменшенні трудомісткості, а й у підвищенні якості робіт, зменшенні пошкоджень деталей під час демонтажу, скороченні часу підготовчо-заклучних операцій та покращенні умов праці ремонтників.

Капітальні вкладення включають виготовлення рами, опорних вузлів, поворотного механізму, фіксаторів, комплекту перехідних плит для різних

типів двигунів, елементів керування і захисту, а також витрати на монтаж і випробування. Орієнтовна структура вкладень наведена у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Орієнтовна структура вкладень.

Елемент вкладень	Сума, грн
Металопрокат, зварна рама, опорні елементи	70 000
Поворотний механізм, редуктор або гідравлічний вузол	95 000
Комплект змінних кронштейнів і перехідних плит	42 000
Електрообладнання, органи керування, кінцеві вимикачі, захисні пристрої	28 000
Механічна обробка, зварювання, фарбування і складання	75 000
Монтаж у ділянці, наладка та випробування	35 000
Непередбачені витрати і транспортні витрати	40 000
Разом капітальні вкладення	385 000

Прийнятий обсяг вкладень є помірним порівняно з вартістю повністю готового імпортного стендового обладнання. Оскільки конструкція стенда адаптується до найбільш поширених двигунів автотракторної техніки, підприємство отримує універсальне обладнання, яке може використовуватися протягом тривалого періоду без значних додаткових витрат.

5.5. Розрахунок економічного ефекту від впровадження стенда

Основним джерелом економії є скорочення трудомісткості одного ремонту з 51,0 до 45,2 люд.-год. Зменшення трудомісткості пов'язане з тим, що двигун на стенді швидше встановлюється, надійно фіксується, повертається у зручне положення без використання додаткових підйомно-транспортних операцій, а складальник має кращий доступ до з'єднань і вузлів. Додатковий ефект виникає завдяки зменшенню ризику пошкодження різьбових з'єднань, площин прилягання, патрубків і корпусних деталей.

Річна економія трудових витрат становить 3 480 люд.-год. Економія основної заробітної плати: $E_{\text{зосн}} = 3\,480 \cdot 120 = 417\,600$ грн. Економія додаткової заробітної плати – 83 520 грн, економія нарахувань ЄСВ – 110 246 грн.

Частина накладних витрат також зменшується, оскільки скорочується зайнятість робочих постів, тривалість використання інструменту, підйомно-транспортного обладнання та допоміжних операцій. У розрахунку прийнято, що змінна частина накладних витрат становить 40 % від зекономленого фонду оплати праці.

Таблиця 5.4 - Розрахунок економічного ефекту від впровадження стенда

Показник економії або витрат	Розрахунок	Сума, грн/рік
Економія основної заробітної плати	3 480 люд.-год · 120 грн/год	417 600
Економія додаткової заробітної плати	20 % від основної економії	83 520
Економія ЄСВ	22 % від зекономленого фонду оплати праці	110 246
Економія змінних накладних витрат	40 % від зекономленого фонду оплати праці	200 448
Зменшення втрат від пошкоджень і повторних операцій	0,5 % від річного доходу	138 000
Амортизація стенда	385 000 / 10 років	-38 500
Поточне технічне обслуговування стенда	5 % від капітальних вкладень	-19 250
Додаткові витрати електроенергії на роботу стенда	1,5 кВт · 2 год · 600 · 8,00	-14 400
Річний чистий економічний ефект	Σ економії - Σ додаткових витрат	877 664

Річний чистий економічний ефект від впровадження стенда становить 877 664 грн. Строк окупності капітальних вкладень визначаємо за формулою: $T_{ок} = K / E_p = 385\,000 / 877\,664 = 0,44$ року. Отже, вкладення окупаються менше ніж за один рік експлуатації, що свідчить про високу економічну доцільність проектного рішення.

5.6. Показники безбитковості та узагальнення результатів

Для оцінки стійкості проекту до можливого зменшення кількості замовлень визначимо точку безбитковості. Умовно-змінні витрати на один ремонт включають матеріали, оплату праці, нарахування, електроенергію, інструмент і поточне обслуговування стенда. Умовно-постійні витрати включають накладні витрати дільниці, амортизацію стенда, витрати на калібрування інструменту, організацію робочих місць і технічне забезпечення управління дільницею.

Умовно-змінні витрати на один двигун становлять $V = 34600,74$ грн. Умовно-постійні витрати за рік прийнято $F = 2487168$ грн. Точка беззбитковості: $Q_6 = F / (Ц - V) = 2\,487\,168 / (46\,000 - 34\,600,74) = 218$ двигунів.

За планової програми 600 двигунів запас фінансової стійкості становить: $З_ф = (600 - 218) / 600 \cdot 100 = 63,6 \%$. Це означає, що дільниця може залишатися прибутковою навіть за суттєвого зниження кількості замовлень, якщо збережеться прийнята структура витрат і середня договірна ціна ремонту.

Таблиця 5.5 – Показники беззбитковості та узагальнення результатів.

Показник	Значення
Річна виробнича програма ремонту двигунів, шт.	600
Річний дохід від ремонтних послуг, грн	27 600 000
Собівартість ремонту одного двигуна, грн	38 506,02
Прибуток від ремонту одного двигуна, грн	7 493,98
Річний прибуток дільниці від замовних ремонтів, грн	4 496 390
Рентабельність ремонтної послуги, %	19,5
Капітальні вкладення у стенд, грн	385 000
Річний чистий економічний ефект від стенда, грн	877 664
Строк окупності стенда, року	0,44
Точка беззбитковості, двигунів/рік	218
Запас фінансової стійкості, %	63,6

Отримані результати свідчать, що організація дільниці з ремонту двигунів внутрішнього згоряння є економічно доцільною для проєктного сільськогосподарського підприємства. Наявність виробничої площі 756 м² дає змогу розмістити необхідні пости, мийно-дефектувальну зону, місця очікування агрегатів, складальні позиції та допоміжне обладнання без будівництва нового корпусу. Це знижує потребу в капітальних вкладеннях і прискорює початок роботи дільниці.

Найбільшу частку у собівартості ремонту займають запасні частини та матеріали, тому додатковим резервом підвищення прибутковості є організація вхідного контролю деталей, використання перевірених постачальників, відновлення придатних деталей і ведення обліку типових дефектів за марками двигунів. Водночас економія на технологічному оснащенні є недоцільною, оскільки саме механізація розбирання-збирання зменшує непродуктивні витрати часу і підвищує якість ремонту.

Впровадження стенда для розбирання-збирання двигунів забезпечує скорочення трудомісткості, покращення умов праці, підвищення безпеки виконання операцій, зменшення ризику пошкодження деталей і швидке повернення вкладених коштів. Розрахунковий строк окупності 0,44 року підтверджує, що проєктне рішення має практичну цінність і може бути рекомендоване до впровадження в ремонтній дільниці підприємства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі на тему «Організація роботи дільниці з ремонту двигунів внутрішнього згорання з розробкою стенду для розбирання-збирання двигунів» розглянуто шляхи підвищення ефективності ремонтно-обслуговуючої бази сільськогосподарського підприємства шляхом організації спеціалізованої дільниці ремонту двигунів автотракторної техніки та впровадження відповідного стенда.

У першому розділі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні підприємства, розміщеного в зоні Полісся Житомирської області. Для господарства з площею земельних угідь 1250 га підібрано склад машинно-тракторного парку, визначено обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт і враховано додаткове навантаження за рахунок виконання замовлень сторонніх господарств. Прийнята річна програма ремонту 600 двигунів забезпечує ефективне використання дільниці розміром 21×36 м.

У другому розділі проаналізовано основні несправності двигунів внутрішнього згорання автотракторної техніки. Встановлено, що найчастіше відмови пов'язані зі зношуванням деталей циліндро-поршневої групи, порушенням роботи кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів, а також несправностями систем мащення, охолодження, живлення і пуску. Розглянуто характерні ознаки несправностей та запропоновано способи їх усунення шляхом дефектування, відновлення або заміни деталей, регулювання механізмів і контролю якості складання.

У роботі обґрунтовано доцільність розробки стенда для розбирання-збирання двигунів. Його використання дає змогу зменшити трудомісткість ремонтних операцій, підвищити продуктивність праці, покращити доступ до вузлів двигуна, забезпечити надійну фіксацію агрегату та підвищити якість і безпечність виконання ремонтних робіт.

У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час ремонту двигунів, зокрема рухомі частини обладнання, велику масу агрегатів, шум, вібрацію та забруднення повітря

парами пального й мастильних матеріалів. Виконано розрахунок вентиляції та штучного освітлення, а також запропоновано заходи для створення безпечних умов праці, зниження травматизму та забезпечення нормативних параметрів мікроклімату.

У техніко-економічному обґрунтуванні доведено доцільність організації дільниці ремонту двигунів і впровадження стенда. Економічний ефект досягається завдяки скороченню трудомісткості робіт, зменшенню простоїв техніки, підвищенню якості ремонту, зниженню кількості повторних відмов і можливості надання ремонтних послуг стороннім замовникам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коновалюк О. В., Кіяшко В. М., Колісник М. В. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2013. 404 с.
2. Сорваніді Ю. Г. Технічний сервіс в АПК : курс лекцій. Мелітополь : ТДАТУ, 2021. 164 с.
3. Сукач М. К. Технічний сервіс машин : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2017. 290 с.
4. Ремонт машин та обладнання : підручник / за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Київ : Агроосвіта, 2014. 665 с.
5. Домущі Д. П. Ремонт тракторів і автомобілів : навч. посіб. Одеса : ОДАУ, 2020. 188 с.
6. Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. 210 с.
7. Митрофанов О. С. Основи експлуатації, обслуговування та ремонту поршневих двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. Миколаїв : НУК, 2018. 151 с.
8. Черновол М. І., Рибалко І. М., Тіхонов О. В., Шепеленко І. В., Науменко О. А., Мартиненко О. Д. Введення в технічний сервіс машин: методи усунення несправностей машин та обладнання : навч. посіб. Харків : Діса плюс, 2024. 158 с.
9. Бендера І. М., Грушецький С. М., Роздорожнюк П. І., Михайлович Я. М. Технологія технічного обслуговування машин : навч. посіб. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2010. 320 с.
10. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт машин та обладнання. Київ : Знання, 2003. 511 с.
11. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт машин та обладнання: організація і управління. Київ : Знання, 2004. 478 с.
12. Красота М. В., Бевз О. В., Шепеленко І. В. та ін. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : метод. вказівки до практичних занять для

здобувачів другого рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія». Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 62 с.

13. Дідур В. В. Технічний сервіс в АПК : конспект лекцій для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Умань : Уманський НУС, 2020. 112 с.

14. Технічний сервіс в АПК : навч. посіб. Вінниця : ВНАУ, 2019. 208 с.

15. Трактори і автомобілі : навч. посіб. Луцьк : Луцький НТУ, 2017. 236 с.

16. 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.

17. 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.

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

19. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Міжнародний науковий журнал «Проблеми трибології». 2020. № 2. С 34–41.

20. 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.

21. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.

22. 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.