МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Стеблецький Назар Юрійович

УДК 631.3.004.5

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Організація технічного сервісу МТП з модернізацією стенду для ремонту 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 _____ Стеблецький Н.Ю.

Керівник роботи
Куликівський В.Л.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Стеблецький Назар Юрійович. Організація технічного сервісу МТП з модернізацією стенду для ремонту 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 сільськогосподарське підприємство, розміщене в зоні Полісся Житомирської області, із площею земель 1750 га. Для забезпечення його виробничої діяльності підібрано склад машинно-тракторного парку, що включає трактори, зернозбиральний комбайн, навантажувач, посівні, ґрунтообробні агрегати, обприскувач, розкидач мінеральних добрив і транспортні засоби. На основі складу техніки виконано розрахунок річного обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт, загальна трудомісткість яких становить близько 1550 люд.-год на рік. Це дало змогу обґрунтувати потребу в ремонтному персоналі та виробничих дільницях майстерні.

Особливу увагу приділено аналізу несправностей і відмов двигунів тракторів та сільськогосподарських машин. Визначено, що основними причинами погіршення їх технічного стану є несвоєчасне технічне обслуговування, використання неякісних паливно-мастильних матеріалів, порушення теплового режиму, забруднення фільтрів, несправності систем мащення, охолодження, живлення, газорозподільного механізму та зношування деталей циліндро-поршневої групи. Розглянуто технологічний процес ремонту двигунів у майстерні, який охоплює діагностування, демонтаж, очищення, розбирання, дефектування, відновлення або заміну деталей, складання, регулювання, обкатування та контроль якості.

Проєктним рішенням передбачено модернізацію стенду для ремонту двигунів. Запропоноване вдосконалення спрямоване на підвищення зручності й безпеки ремонтних операцій, надійну фіксацію двигуна, можливість його повороту в необхідне положення, зниження фізичного навантаження на ремонтників і скорочення трудомісткості робіт. Використання модернізованого стенду дає змогу покращити якість розбирання та складання двигунів, зменшити тривалість ремонту і простої техніки.

У роботі розроблено заходи з охорони праці під час виконання ремонтних робіт, виконано розрахунки освітлення, вентиляції, пожежного забезпечення та перевірки безпечності стенду. У техніко-економічному обґрунтуванні доведено доцільність упровадження модернізації за рахунок зменшення витрат робочого часу, скорочення простоїв МТП, підвищення продуктивності персоналу та зниження потреби у сторонніх ремонтних організаціях.

Ключові слова: машинно-тракторний парк, технічний сервіс, ремонтна майстерня, двигун, технічне обслуговування, ремонт двигунів, стенд для ремонту.

ANNOTATION

Nazar Yuriyovych Stebletsky. Organisation of technical maintenance for the machinery and tractor fleet, including the modernisation of the engine repair bench. *– Qualification work on the rights of the manuscript*.

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

This paper examines an agricultural enterprise located in the Polissya region of Zhytomyr Oblast, with a land area of 1,750 hectares. To support its production activities, a fleet of machinery and tractors has been selected, comprising tractors, a combine harvester, a loader, sowing and tillage units, a sprayer, a fertiliser spreader and transport vehicles. Based on the composition of the machinery, the annual volume of repair and maintenance work was calculated, the total labour intensity of which amounts to approximately 1,550 man-hours per year. This made it possible to justify the need for repair personnel and production sections within the workshop.

Particular attention was paid to the analysis of faults and breakdowns in tractor and agricultural machinery engines. It was determined that the main causes of the deterioration in their technical condition are untimely maintenance, the use of poor-quality fuels and lubricants, violations of the thermal regime, filter contamination, malfunctions in the lubrication, cooling, fuel supply and gas distribution systems, and wear of the cylinder-piston group components. The technological process of engine repair in the workshop is examined, covering diagnosis, dismantling, cleaning, disassembly, defect detection, restoration or replacement of parts, assembly, adjustment, running-in and quality control.

The design solution provides for the modernisation of the engine repair bench. The proposed improvement is aimed at enhancing the convenience and safety of repair operations, ensuring secure engine mounting, enabling its rotation into the required position, reducing the physical strain on repairers and cutting down on labour intensity. The use of the modernised stand makes it possible to improve the quality of engine disassembly and assembly, reduce repair times and equipment downtime.

The paper outlines occupational health and safety measures during repair work, and includes calculations for lighting, ventilation, fire safety and safety checks of the stand. The technical and economic justification demonstrates the feasibility of implementing the modernisation through reduced working hours, shorter downtime of the machinery and tractor fleet, increased staff productivity, and reduced reliance on external repair organisations.

Keywords: machinery and tractor fleet, technical service, repair workshop, engine, maintenance, engine repair, repair test bench.

ЗМІСТ

ВСТУП……..……6
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА……..…9
1.1. Вихідні умови проєктування……..……9
1.2. Підбір складу машинно-тракторного парку…….…10
1.3. Розрахунок річного завантаження техніки…….....…….12
1.4. Методика розрахунку кількості технічних обслуговувань……...…..13
1.5. Розрахунок кількості ТО і трудомісткості для тракторів та навантажувача……13
1.6. Розрахунок трудомісткості обслуговування зернозбирального комбайна.……15
1.7. Розрахунок трудомісткості обслуговування сільськогосподарських машин……15
1.8. Розрахунок трудомісткості обслуговування автомобільного транспорту.....…16
1.9. Загальний обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт……...…….17
1.10. Визначення потреби в ремонтних працівниках……...……..18
Висновки по розділу……..……19
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ НЕСПРАВНОСТЕЙ ДВИГУНІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЇХ РЕМОНТУ В УМОВАХ РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ……..20
2.1. Значення справного технічного стану двигунів у машинно-тракторному парку…….……..20
2.2. Основні причини несправностей і відмов двигунів тракторів та сільськогосподарських машин……..……21
2.3. Класифікація характерних несправностей двигунів……....…..23
2.4. Діагностування технічного стану двигуна перед ремонтом…….…...…..25
2.5. Технологічний процес ремонту двигунів в умовах ремонтної майстерні….26
2.6. Особливості розбирання двигуна……..……27

2.7. Дефектування деталей двигуна…….28
2.8. Відновлення і заміна деталей двигуна……..……29
2.9. Складання, регулювання та випробування двигуна після ремонту…….....30
2.10. Роль стенда для ремонту двигунів у технологічному процесі……...…31
2.11. Висновки по розділу……...……..32
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА…….....……34
3.1 Огляд існуючих конструкцій……...……..……34
3.2 Будова та принцип роботи стенду для ремонту двигунів……...…….39
3.3 Технологічний розрахунок стенду……...……..…40
3.4 Розрахунки вхідного вала та підбір редуктора…….……43
3.5 Розрахунок телескопічних адаптерів…….…...…43
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ……..…….47
4.1. Загальна характеристика умов праці у ремонтній майстерні…….....47
4.2. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори……...……..48
4.3. Вимоги безпеки під час ремонту двигунів……...……48
4.4. Розрахунок вентиляції ремонтної дільниці……...……..…….49
4.5. Розрахунок штучного освітлення……...…….…..50
4.6. Розрахунок первинних засобів пожежогасіння……...……..…50
4.7. Перевірка безпечності модернізованого стенда……..51
4.8. Висновки по розділу…….……..52
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ……..……53
5.1. Вихідні дані та сутність проєктного рішення…….....……53
5.2. Розрахунок капітальних вкладень……...……..54
5.3. Розрахунок економії трудових витрат і заробітної плати……...54
5.4. Розрахунок загальної річної економії та експлуатаційних витрат…….55
5.5. Строк окупності та оцінка ефективності проєкту……...……57
Висновки по розділу……..……57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……..…….59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..61

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Ефективність роботи машинно-тракторного парку значною мірою визначає стабільність виробничих процесів у сільському господарстві. Сучасні аграрні підприємства використовують значну кількість тракторів, комбайнів, автомобілів, ґрунтообробних, посівних, збиральних та транспортних машин, які працюють у складних умовах, зазнають високих навантажень і потребують своєчасного технічного обслуговування та якісного ремонту. Особливо важливе місце в системі технічного сервісу займає обслуговування і ремонт двигунів, оскільки саме двигун є одним із найбільш складних, відповідальних і дороговартісних агрегатів машинно-тракторного парку.

У процесі експлуатації двигуни тракторів і сільськогосподарських машин піддаються впливу значних механічних, теплових і динамічних навантажень. Порушення режимів експлуатації, несвоєчасна заміна мастильних матеріалів, забруднення паливної та повітряної систем, зношування деталей циліндро-поршневої групи, кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів призводять до зниження потужності, збільшення витрати палива, погіршення екологічних показників і зростання витрат на ремонт. Тому організація технічного сервісу двигунів повинна ґрунтуватися на плановості, діагностуванні, раціональному використанні ремонтного обладнання та впровадженні сучасних засобів механізації ремонтних операцій.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю підвищення якості технічного сервісу машинно-тракторного парку, скорочення простоїв техніки, зменшення трудомісткості ремонтних робіт і покращення умов праці ремонтного персоналу. У багатьох ремонтних майстернях значна частина операцій з розбирання, складання та обслуговування двигунів виконується із застосуванням застарілого обладнання або недостатньо пристосованих засобів, що ускладнює виконання робіт, збільшує їх тривалість і може негативно впливати на якість ремонту. Одним із шляхів вирішення цієї

проблеми є модернізація стенду для ремонту двигунів, що дасть змогу підвищити зручність виконання технологічних операцій, забезпечити надійну фіксацію агрегату, покращити доступ до його вузлів і знизити фізичне навантаження на працівників.

Раціонально організований технічний сервіс машинно-тракторного парку передбачає не лише виконання поточних ремонтів, а й своєчасне діагностування технічного стану машин, планування ремонтно-обслуговувальних робіт, забезпечення запасними частинами, використання нормативної документації, дотримання вимог охорони праці та економічну оцінку прийнятих рішень. В умовах зростання вартості техніки, паливно-мастильних матеріалів і запасних частин особливого значення набуває продовження ресурсу агрегатів за рахунок якісного ремонту та обґрунтованого технічного обслуговування.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності організації технічного сервісу у машинно-тракторному парку шляхом модернізації стенду для ремонту двигунів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

Проаналізувати стан організації технічного сервісу машинно-тракторного парку.

Визначити основні причини несправностей і відмов двигунів тракторів та сільськогосподарських машин.

Розглянути технологічний процес ремонту двигунів в умовах ремонтної майстерні.

Обґрунтувати необхідність модернізації стенду для ремонту двигунів.

Розробити конструктивні рішення щодо вдосконалення стенду.

Виконати необхідні інженерні розрахунки модернізованої конструкції.

Розглянути питання охорони праці під час виконання ремонтних робіт.

Визначити економічну доцільність запропонованих проектних рішень.

Об’єктом дослідження є процес технічного сервісу машинно-тракторного парку в умовах ремонтної майстерні аграрного підприємства.

Предметом дослідження є технологічний процес ремонту двигунів та конструкція стенду, що використовується для їх розбирання, складання і обслуговування.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Куликівський В.Л., Гарманчук Р.С., **Стеблецький Н.Ю.,** Хоменко С.М., Сторожинський І.І. Оптимізація сервісного обслуговування агротехніки з урахуванням сезонного навантаження. 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. 106-107.

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 у можливості використання запропонованої модернізації стенду для ремонту двигунів у ремонтних майстернях сільськогосподарських підприємств, навчальних майстернях і сервісних підрозділах. Удосконалення конструкції стенду дозволить підвищити продуктивність праці, покращити якість виконання ремонтних операцій, зменшити трудомісткість робіт і 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 10 рисунків, 20 таблиці та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1
РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Вихідні умови проєктування

Проєктне сільськогосподарське підприємство розміщене в зоні Полісся Житомирської області та має площу сільськогосподарських угідь 1750 га. Для цієї природно-кліматичної зони характерні дерново-підзолисті та сірі лісові ґрунти, достатнє зволоження, порівняно коротший вегетаційний період порівняно з Лісостепом, а також підвищені вимоги до своєчасності польових робіт. У зв’язку з цим машинно-тракторний парк підприємства повинен забезпечувати виконання основних технологічних операцій у стислі агротехнічні строки: основний і передпосівний обробіток ґрунту, сівбу, внесення добрив, захист рослин, збирання врожаю, транспортування продукції та післязбиральне обслуговування техніки.

Для розрахунку приймаємо зерно-олійний виробничий напрям із вирощуванням культур, характерних для умов Полісся. Орієнтовну структуру посівних площ наведено в таблиці 1.1.

Враховуючи площу господарства, доцільно формувати машинно-тракторний парк не за принципом максимальної кількості машин, а за принципом високої продуктивності, універсальності та можливості якісного технічного сервісу власними силами. Основу парку мають становити сучасні енергонасичені трактори, продуктивний зернозбиральний комбайн, універсальні посівні комплекси, обприскувач, агрегати для основного й мінімального обробітку ґрунту, транспортні засоби та навантажувальна техніка.

Таблиця 1.1 — Орієнтовна структура посівних площ підприємства

Культура		Площа, га	Частка, %
Озима пшениця		500	28,6
Озиме жито / тритикале		180	10,3
Ярий ячмінь		200	11,4
Кукурудза на зерно		350	20,0
Соя		300	17,1
Озимий ріпак		150	8,6
Багаторічні трави та кормові культури		70	4,0
Разом		1750	100,0

Під час підбору техніки враховано сучасні технічні характеристики машин. Наприклад, трактор John Deere 8R 370 має номінальну потужність 370 к. с. і максимальну 407 к. с.; John Deere 6M 155 має номінальну потужність 155 к. с.; Case IH Puma 240 – 240 к. с. номінальної та 270 к. с. максимальної потужності. Для збирання зернових культур доцільно застосувати комбайн класу CLAAS TRION 750/760, оскільки для серії TRION 700 виробником передбачено потужність до 466–507 к. с. і зерновий бункер до 12000–13500 л. Для сівби зернових і технічних культур доцільними є сівалки HORSCH Pronto та Maestro: Pronto 6 DC має робочу ширину близько 6 м, а Maestro CV/CX – 8–18 рядків з міжряддям 45–80 см. Для захисту рослин приймаємо причіпний обприскувач AMAZONE UX із баком від 4200 л і шириною штанги до 48 м, а для лущення стерні – дискову борону LEMKEN Rubin 10 з робочою шириною 3–10 м і глибиною обробітку до 14 см.

1.2. Підбір складу машинно-тракторного парку

Для підприємства площею 1750 га приймаємо такий склад сучасного машинно-тракторного парку.

Таблиця 1.2 – Проєктний склад машинно-тракторного парку підприємства

Найменування машини	Кількість, шт.	Основне призначення
John Deere 8R 370	1	Основний обробіток ґрунту, важкі ґрунтообробні агрегати, посівні комплекси
Case IH Puma 240 CVX	1	Середні енергоємні роботи, культивація, сівба, транспорт
John Deere 6M 155	2	Обприскування, внесення добрив, транспорт, легкий обробіток
Manitou MLT 733-115	1	Навантаження зерна, добрив, насіння, ремонтно-складські роботи
CLAAS TRION 750 / 760	1	Збирання зернових, зернобобових, ріпаку та кукурудзи
HORSCH Pronto 6 DC	1	Сівба зернових, ріпаку, сої
HORSCH Maestro CV/CX	1	Точна сівба кукурудзи та сої
LEMKEN Rubin 10	1	Лущення стерні, поверхневий обробіток ґрунту
Глибокорозпушувач 4–5 м	1	Руйнування плужної підошви, глибокий обробіток
Культиватор передпосівний 8–10 м	1	Передпосівний обробіток
AMAZONE UX 4201 / 5201	1	Захист рослин, внесення рідких препаратів
Розкидач мінеральних добрив	1	Внесення мінеральних добрив
Причепи та зерновози	4	Транспортування зерна, насіння, добрив
Сервісний автомобіль	1	Виїзне обслуговування техніки
Пікап / легковий службовий автомобіль	1	Оперативне забезпечення виробництва

Такий склад МТП забезпечує виконання основних механізованих робіт без надмірного збільшення кількості машин. Особливо важливим є те, що у складі парку є техніка різних енергетичних класів. Потужний трактор John Deere 8R 370 використовується на найбільш енергоємних роботах, середній трактор Case IH Puma 240 – як універсальна машина для ґрунтообробних, посівних і транспортних операцій, а трактори John Deere 6M 155 – для менш

енергоємних, але частих робіт: обприскування, підживлення, транспортування, агрегатування з розкидачами та причепами.

1.3. Розрахунок річного завантаження техніки

Річне завантаження техніки визначаємо за очікуваним обсягом механізованих робіт. Для умов підприємства площею 1750 га приймаємо такі орієнтовні річні напрацювання машин.

Таблиця 1.3 – Річне напрацювання основних машин

Машина	Кількість, шт.	Річне напрацювання однієї машини, мотогод / км	Загальне напрацювання
John Deere 8R 370	1	900 мотогод	900 мотогод
Case IH Puma 240 CVX	1	780 мотогод	780 мотогод
John Deere 6M 155 №1	1	650 мотогод	650 мотогод
John Deere 6M 155 №2	1	600 мотогод	600 мотогод
Manitou MLT 733-115	1	550 мотогод	550 мотогод
CLAAS TRION 750 / 760	1	450 мотогод	450 мотогод
Зерновоз №1	1	18000 км	18000 км
Зерновоз №2	1	16000 км	16000 км
Сервісний автомобіль	1	8000 км	8000 км
Пікап службовий	1	12000 км	12000 км

Загальне річне напрацювання тракторів і навантажувача становить:

$$T_{тр} = 900 + 780 + 650 + 600 + 550 = 3480 \text{ мотогод}$$

Річне напрацювання комбайна:

$$T_{к} = 450 \text{ мотогод}$$

Річний пробіг автомобілів:

$$L_{авт} = 18000 + 16000 + 8000 + 12000 = 54000 \text{ км}$$

Отже, машинно-ремонтна майстерня підприємства повинна бути розрахована на обслуговування техніки із загальним річним напрацюванням близько 3930 мотогод та автомобільним пробігом близько 54 тис. км.

1.4. Методика розрахунку кількості технічних обслуговувань

Для тракторів приймаємо таку періодичність технічного обслуговування:

ТО-1 – через 125 мотогод;

ТО-2 – через 500 мотогод;

ТО-3 – через 1000 мотогод;

сезонне обслуговування – 2 рази на рік.

Для комбайнів і складних сільськогосподарських машин приймаємо:

ТО-1 – через 60 мотогод;

ТО-2 – через 240 мотогод;

передсезонне та післясезонне обслуговування – 2 рази на рік.

Таку періодичність доцільно використовувати як навчально-розрахункову базу, оскільки вона відповідає типовим підходам до планування технічного сервісу машин рослинництва.

Кількість технічних обслуговувань визначаємо за формулами:

$$N_{ТО\text{-}3} = \lfloor T / 1000 \rfloor \quad (1.1)$$

$$N_{ТО\text{-}2} = \lfloor T / 500 \rfloor - N_{ТО\text{-}3} \quad (1.2)$$

$$NT_{О\text{-}1} = \lfloor T / 125 \rfloor - \lfloor T / 500 \rfloor \quad (1.3)$$

де T – річне напрацювання машини, мотогод; $N_{ТО\text{-}1}$, $N_{ТО\text{-}2}$, $N_{ТО\text{-}3}$ – кількість відповідних технічних обслуговувань.

Для комбайна:

$$N_{ТО\text{-}2} = \lfloor T / 240 \rfloor \quad (1.4)$$

$$N_{ТО\text{-}1} = \lfloor T / 60 \rfloor - \lfloor T / 240 \rfloor \quad (1.5)$$

Поточний ремонт враховуємо за питомою трудомісткістю на 1000 мотогод або 1000 км пробігу.

1.5. Розрахунок кількості ТО і трудомісткості для тракторів та навантажувача

Для розрахунку приймаємо такі нормативи трудомісткості робіт.

Таблиця 1.4 – Прийняті нормативи трудомісткості ТО і поточного ремонту тракторі**в.**

Машина	ТО-1, люд.-год	ТО-2, люд.-год	ТО-3, люд.-год	Сезонне ТО, люд.-год	Поточний ремонт, люд.-год / 1000 мотогод
John Deere 8R 370	4,5	16	36	16	70
Case IH Puma 240 CVX	4,0	14	32	14	60
John Deere 6M 155	3,5	12	28	12	55
Manitou MLT 733-115	3,0	10	24	10	50

Розрахунок виконуємо за формулою:

$$Q = N_{ТО-1} \cdot t_{ТО-1} + N_{ТО-2} \cdot t_{ТО-2} + N_{ТО-3} \cdot t_{ТО-3} + N_{СО} \cdot t_{СО} + Q_{ПР} \quad (1.6)$$

де Q – загальна трудомісткість робіт, люд.-год; $t_{ТО}$ – трудомісткість одного технічного обслуговування; $N_{СО}$ – кількість сезонних обслуговувань; $Q_{ПР}$ – трудомісткість поточного ремонту.

Поточний ремонт:

$$Q_{ПР} = T \cdot q_{ПР} / 1000 \quad (1.7)$$

де $q_{ПР}$ – питома трудомісткість поточного ремонту, люд.-год / 1000 мотогод.

Таблиця 1.5 — Розрахунок трудомісткості ТО і ремонту тракторів

Машина	Напрацювання, мотогод	ТО-1, шт.	ТО-2, шт.	ТО-3, шт.	СО, шт.	Поточний ремонт, люд.-год	Загальна трудомісткість, люд.-год
John Deere 8R 370	900	6	1	0	2	63,0	138,0
Case IH Puma 240 CVX	780	5	1	0	2	46,8	108,8
John Deere 6M 155 №1	650	4	1	0	2	35,8	85,8
John Deere 6M 155 №2	600	3	1	0	2	33,0	79,5
Manitou MLT 733-115	550	3	1	0	2	27,5	66,5
Разом	3480	21	5	0	10	206,1	478,6

Отже, річна трудомісткість технічного обслуговування і поточного ремонту тракторів та навантажувача становить:

$$Q_{тр} = 478{,}6 \text{ люд.-год}$$

1.6. Розрахунок трудомісткості обслуговування зернозбирального комбайна

Для комбайна CLAAS TRION 750/760 приймаємо річне напрацювання 450 мотогод. Кількість технічних обслуговувань:

$$N_{ТО\text{-}2} = \lfloor 450 / 240 \rfloor = 1$$

$$N_{ТО\text{-}1} = \lfloor 450 / 60 \rfloor - \lfloor 450 / 240 \rfloor = 7 - 1 = 6$$

Приймаємо трудомісткість: ТО-1 – 5,5 люд.-год; ТО-2 – 18 люд.-год; передсезонне обслуговування – 24 люд.-год; післясезонне обслуговування та консервація – 32 люд.-год; поточний ремонт – 120 люд.-год/1000 мотогод.

Поточний ремонт:

$$Q_{ПР} = 450 \cdot 120 / 1000 = 54 \text{ люд.-год}$$

Загальна трудомісткість:

$$Q_к = 6 \cdot 5{,}5 + 1 \cdot 18 + 24 + 32 + 54$$

$$Q_к = 33 + 18 + 24 + 32 + 54 = 161 \text{ люд.-год}$$

З урахуванням технічного обслуговування жатки, кукурудзяної приставки та транспортувального візка додатково приймаємо:

$$Q_{жат} = 50 \text{ люд.-год}$$

Тоді загальна трудомісткість обслуговування комбайнового комплексу:

$$Q_{компл} = 161 + 50 = 211 \text{ люд.-год}$$

1.7. Розрахунок трудомісткості обслуговування сільськогосподарських машин

Сільськогосподарські машини мають сезонний характер використання. Основний обсяг робіт з їх обслуговування припадає на підготовку до сезону, регулювання, заміну робочих органів, усунення несправностей після завершення сезону та постановку на зберігання.

Таблиця 1.6 — Трудомісткість обслуговування сільськогосподарських машин

Машина	Кількість, шт.	Орієнтовний обсяг використання	Трудомісткість, люд.-год
HORSCH Pronto 6 DC	1	1000–1200 га сівби	48
HORSCH Maestro CV/CX	1	500–650 га сівби	36
LEMKEN Rubin 10	1	1500–2000 га обробітку	45
Глибокорозпушувач 4–5 м	1	500–700 га обробітку	40
Культиватор передпосівний 8–10 м	1	1000–1400 га обробітку	38
AMAZONE UX 4201 / 5201	1	5000–6500 га проходів	70
Розкидач мінеральних добрив	1	2500–3500 га проходів	30
Причепи зернові	4	Транспортні роботи	80
Інші машини та пристрої	—	Допоміжні роботи	50
Разом	—	—	437

Отже, трудомісткість обслуговування сільськогосподарських машин становить:

$$Q_{сгм} = 437 \text{ люд.-год}.$$

1.8. Розрахунок трудомісткості обслуговування автомобільного транспорту

Для автомобільного транспорту приймаємо періодичність:

ТО-1 – через 4000 км;

ТО-2 – через 16000 км.

Трудомісткість поточного ремонту приймаємо залежно від типу автомобіля. Загальна формула:

$$Q_{авт} = N_{ТО\text{-}1} \cdot t_{ТО\text{-}1} + N_{ТО\text{-}2} \cdot t_{ТО\text{-}2} + L \cdot q_{ПР} / 1000 \quad (1.8)$$

де L – річний пробіг автомобіля, км; $q_{ПР}$ – питома трудомісткість поточного ремонту, люд.-год/1000 км.

Таблиця 1.7 – Розрахунок трудомісткості ТО і ремонту автомобілів.

Автомобіль	Річний пробіг, км	ТО-1, шт.	ТО-2, шт.	Загальна трудомісткість, люд.-год
Зерновоз №1	18000	3	1	110,4
Зерновоз №2	16000	3	1	100,8
Сервісний автомобіль	8000	2	0	29,6
Пікап службовий	12000	3	0	41,1
Разом	54000	11	2	281,9

Отже:

$$Q_{авт} = 281,9 \text{ люд.-год}$$

1.9. Загальний обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт

Загальний річний обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт машинно-ремонтної майстерні визначаємо як суму трудомісткості за всіма групами техніки:

$$Q_{заг} = Q_{тр} + Q_{компл} + Q_{сгм} + Q_{авт} \quad (1.9)$$

$$Q_{заг} = 478,6 + 211 + 437 + 281,9$$

$$Q_{заг} = 1408,5 \text{ люд.-год}$$

Для врахування діагностичних, мийних, зварювальних, слюсарно-механічних, електротехнічних та непередбачених робіт приймаємо коефіцієнт додаткових робіт:

$$K_д = 1,10.$$

Тоді уточнений річний обсяг робіт:

$$Q_{уточ} = Q_{заг} \cdot K_д$$

$$Q_{уточ} = 1408,5 \cdot 1,10 = 1549,4 \text{ люд.-год.}$$

Остаточно приймаємо:

$$Q_{уточ} \approx 1550 \text{ люд.-год.}$$

Таблиця 1.8 – Підсумкова трудомісткість ремонтно-обслуговуючих робіт

Група техніки	Трудомісткість, люд.-год	Частка, %
Трактори та навантажувач	478,6	30,9
Комбайн і жатки	211,0	13,6
Сільськогосподарські машини	437,0	28,2
Автомобільний транспорт	281,9	18,2
Додаткові роботи, 10 %	140,9	9,1
Разом	1549,4	100,0

Таким чином, річна виробнича програма машинно-ремонтної майстерні підприємства становить близько 1550 люд.-год.

1.10. Визначення потреби в ремонтних працівниках

Кількість ремонтних працівників визначаємо за формулою:

$$P = Q_{уточ} / (Ф_д \cdot K_в)$$

де Р – потрібна кількість ремонтних працівників; $Q_{уточ}$ – річна трудомісткість робіт, люд.-год; $Ф_д$ – дійсний річний фонд часу одного працівника, год; $K_в$ – коефіцієнт використання робочого часу.

Приймаємо:

$$Ф_д = 1840 \text{ год } K_в = 0,87$$

Тоді:

$$P = 1549,4 / (1840 \cdot 0,87)$$

$$P = 1549,4 / 1600,8 = 0,97$$

За розрахунком достатньо одного постійного ремонтного працівника. Однак ремонтно-обслуговуючі роботи мають виражений сезонний характер: перед посівною, перед жнивами та після завершення польових робіт навантаження на майстерню різко зростає. Тому для проєктного підприємства доцільно передбачити: 1 постійного слюсаря-ремонтника; 1 механіка або майстра-налагоджувальника; залучення механізаторів до виконання нескладних операцій ТО; виїзний сервіс для складної електроніки, гідравліки та діагностики сучасних тракторів і комбайна.

Отже, оптимальна чисельність персоналу майстерні – 2 працівники, з яких один виконує функції механіка-організатора, а другий – слюсаря-ремонтника.

Висновки по розділу

У першому розділі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні сільськогосподарського підприємства площею 1750 га, розміщеного в зоні Полісся Житомирської області. Для підприємства підібрано сучасний машинно-тракторний парк, до складу якого входять енергонасичені трактори John Deere 8R 370, Case IH Puma 240 CVX, John Deere 6M 155, зернозбиральний комбайн CLAAS TRION, посівні комплекси HORSCH, обприскувач AMAZONE UX, ґрунтообробні агрегати LEMKEN та допоміжна транспортна і навантажувальна техніка.

Розрахунками встановлено, що загальне річне напрацювання тракторів і навантажувача становить 3480 мотогод, комбайна – 450 мотогод, автомобільного транспорту – 54 тис. км. Річна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту тракторів та навантажувача становить 478,6 люд.-год, комбайнового комплексу – 211 люд.-год, сільськогосподарських машин – 437 люд.-год, автомобільного транспорту – 281,9 люд.-год.

З урахуванням додаткових мийних, діагностичних, слюсарних, електротехнічних і зварювальних робіт загальна трудомісткість ремонтно-обслуговуючих робіт становить приблизно 1550 люд.-год на рік. Для виконання цього обсягу робіт у складі машинно-ремонтної майстерні доцільно передбачити 2 працівники та відповідне оснащення робочих постів, зокрема пост технічного обслуговування, слюсарно-механічну дільницю, мийний майданчик, пост діагностики та окреме місце для ремонту двигунів. Саме модернізація стенду для ремонту двигунів є важливим напрямом підвищення ефективності технічного сервісу, оскільки двигуни тракторів, комбайнів і автомобілів є найбільш відповідальними та вартісними агрегатами машинно-тракторного парку.

РОЗДІЛ 2
АНАЛІЗ НЕСПРАВНОСТЕЙ ДВИГУНІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЇХ РЕМОНТУ В УМОВАХ РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ

2.1. Значення справного технічного стану двигунів у машинно-тракторному парку

Двигун є одним із найвідповідальніших і найдорожчих агрегатів трактора, комбайна, навантажувача або автомобіля. Його технічний стан безпосередньо впливає на продуктивність машинно-тракторного парку, витрату палива, якість виконання технологічних операцій, своєчасність польових робіт та економічні результати діяльності сільськогосподарського підприємства. Для господарства площею 1750 га, розміщеного в зоні Полісся Житомирської області, питання надійної роботи двигунів має особливе значення, оскільки більшість польових робіт виконується у стислі агротехнічні строки.

У складі проєктного машинно-тракторного парку передбачено сучасні трактори, зернозбиральний комбайн, навантажувач, автомобільний транспорт та інші енергетичні засоби. Сучасні двигуни цих машин характеризуються високою питомою потужністю, наявністю турбонаддуву, електронних систем керування паливоподачею, систем очищення відпрацьованих газів, високим тиском упорскування палива та складною системою мащення й охолодження. Це підвищує їхню ефективність, але одночасно ускладнює технічне обслуговування і ремонт.

Порушення роботи двигуна призводить до зниження потужності, збільшення витрати палива й мастильних матеріалів, нестабільної роботи машини, підвищеного димлення, перегрівання, зростання шуму та вібрації.

У разі несвоєчасного усунення несправностей незначні відхилення можуть перейти у серйозні відмови, пов’язані з руйнуванням деталей кривошипно-шатунного механізму, циліндро-поршневої групи, газорозподільного механізму, паливної апаратури або турбокомпресора.

Тому одним із важливих завдань організації технічного сервісу у машинно-тракторному парку є своєчасне виявлення причин несправностей двигунів, правильне діагностування їхнього технічного стану та організація якісного ремонту в умовах ремонтної майстерні. Особливого значення набуває використання спеціалізованого стендового обладнання, яке дає змогу безпечно розбирати, складати, фіксувати, повертати та контролювати двигуни під час ремонту.

2.2. Основні причини несправностей і відмов двигунів тракторів та сільськогосподарських машин

Несправності двигунів тракторів і сільськогосподарських машин виникають унаслідок дії багатьох факторів. Їх можна поділити на експлуатаційні, конструктивні, технологічні, організаційні та природно-кліматичні. Найчастіше відмови двигунів пов’язані не з одним фактором, а з їх поєднанням. Наприклад, використання неякісного палива разом із несвоєчасною заміною фільтрів може спричинити порушення роботи паливної апаратури, зниження потужності двигуна та підвищення зношування деталей.

До основних причин несправностей двигунів належать такі групи факторів.

1. *Порушення режимів технічного обслуговування.* Несвоєчасна заміна моторної оливи, паливних і повітряних фільтрів, охолоджувальної рідини та інших експлуатаційних матеріалів призводить до прискореного спрацювання деталей. Забруднена олива втрачає мастильні властивості, погіршує тепловідведення, сприяє утворенню нагару і шламу. У результаті підвищується зношування підшипників колінчастого вала, поршневих кілець, гільз циліндрів та деталей газорозподільного механізму.

2. *Використання неякісного палива і мастильних матеріалів.* Дизельне паливо з підвищеним вмістом води, механічних домішок або сірки негативно впливає на роботу паливної апаратури. Особливо чутливими до якості палива є сучасні системи Common Rail, форсунки яких працюють за високого тиску.

Наявність домішок у паливі може спричинити заклинювання плунжерних пар, пошкодження розпилювачів, порушення факела розпилення і нерівномірне згоряння палива.

3. *Перевантаження двигуна під час роботи.* Використання трактора з агрегатом, що не відповідає його тяговому класу, робота на підвищених навантаженнях, тривала експлуатація на низьких обертах під великим навантаженням призводять до перегрівання, підвищеного тиску в циліндрах, збільшення навантаження на поршні, шатуни, колінчастий вал і підшипники. Унаслідок цього скорочується ресурс двигуна.

4. *Порушення теплового режиму.* Перегрівання двигуна виникає через недостатній рівень охолоджувальної рідини, забруднення радіатора, несправність термостата, водяного насоса, вентилятора або приводу вентилятора. Тривала робота перегрітого двигуна може спричинити деформацію головки блока циліндрів, прогоряння прокладки, заклинювання поршнів, втрату пружності поршневих кілець і підвищене спрацювання гільз.

5. *Потрапляння пилу і абразивних частинок у циліндри.* У сільськогосподарському виробництві двигуни працюють у запиленому середовищі. Особливо це характерно для передпосівного обробітку ґрунту, збирання зернових культур, транспортування урожаю та роботи на сухих ґрунтах Полісся в літній період. Пошкодження або забруднення повітряного фільтра призводить до потрапляння пилу в циліндри, що різко прискорює зношування гільз, поршневих кілець і поршнів.

6. *Несправності системи мащення.* До характерних несправностей системи мащення належать зниження тиску оливи, забруднення масляного фільтра, спрацювання масляного насоса, засмічення масляних каналів, використання оливи невідповідної в’язкості. Недостатнє мащення призводить до підвищення температури і тертя, задирів на шийках колінчастого вала, провертання вкладишів, пошкодження розподільного вала та деталей турбокомпресора.

7. *Несправності системи живлення.* Порушення роботи паливної системи проявляється у важкому запуску двигуна, нестабільній роботі на холостому ходу, втраті потужності, підвищеній димності, збільшенні витрати палива. Причинами можуть бути забруднення паливних фільтрів, підсмоктування повітря в паливопроводи, несправність паливного насоса, форсунок, датчиків тиску, електронного блока керування.

8. *Порушення герметичності камери згоряння.* Зниження компресії в циліндрах є однією з найпоширеніших причин погіршення роботи двигуна. Воно виникає через спрацювання поршневих кілець, гільз циліндрів, прогоряння клапанів, пошкодження сідел клапанів, руйнування прокладки головки блока циліндрів. Наслідками є важкий запуск, зниження потужності, підвищена витрата палива та оливи.

9. *Несправності газорозподільного механізму.* Зміна теплових зазорів клапанів, спрацювання кулачків розподільного вала, штовхачів, коромисел, клапанів і напрямних втулок порушує фази газорозподілу. Це призводить до зниження наповнення циліндрів повітрям, погіршення згоряння палива, підвищення температури відпрацьованих газів і зменшення потужності двигуна.

10. *Порушення правил зберігання техніки.* Тривале простоювання тракторів, комбайнів і двигунів без належної консервації призводить до корозії робочих поверхонь, зволоження паливної апаратури, старіння гумових ущільнень, розрядження акумуляторних батарей. Особливо це актуально для сезонної техніки, зокрема зернозбиральних комбайнів, які значну частину року перебувають на зберіганні.

2.3. Класифікація характерних несправностей двигунів

Для якісної організації ремонтного процесу несправності двигунів доцільно класифікувати за системами та вузлами. Такий підхід дає можливість швидше встановити причину відмови, обрати метод діагностування і визначити обсяг ремонтних робіт.

Таблиця 2.1 – Основні несправності двигунів і можливі причини їх виникнення

Ознака несправності	Можливі причини	Наслідки
Двигун важко запускається	Низька компресія, розряджена АКБ, повітря в паливній системі, несправні форсунки	Затримка початку робіт, підвищене навантаження на стартер
Двигун працює нестійко	Забруднення фільтрів, нерівномірна подача палива, несправність датчиків, порушення регулювання клапанів	Вібрація, зниження продуктивності агрегату
Зниження потужності	Спрацювання ЦПГ, засмічення повітряного фільтра, несправність турбокомпресора, порушення паливоподачі	Збільшення тривалості польових робіт
Підвищена витрата палива	Неправильне розпилення палива, перевантаження двигуна, забруднені фільтри, зниження компресії	Зростання експлуатаційних витрат
Підвищена витрата оливи	Спрацювання кілець і гільз, пошкодження сальників, зношування турбокомпресора	Задимлення, нагароутворення, забруднення камери згоряння
Низький тиск оливи	Спрацювання масляного насоса, збільшені зазори у підшипниках, низький рівень оливи	Пошкодження колінчастого вала і вкладишів
Перегрівання двигуна	Забруднений радіатор, несправний термостат, низький рівень охолоджувальної рідини	Деформація деталей, прогоряння прокладки ГБЦ
Сторонні шуми і стуки	Спрацювання підшипників, збільшені зазори, пошкодження поршнів або клапанів	Аварійна відмова двигуна
Підвищена димність	Несправні форсунки, нестача повітря, зниження компресії, надлишкова подача палива	Зростання токсичності й витрати палива
Потрапляння охолоджувальної рідини в оливу	Пошкодження прокладки ГБЦ, тріщини блока або головки	Втрата мастильних властивостей оливи, аварійне спрацювання деталей

Наведена класифікація показує, що більшість несправностей двигунів має взаємопов’язаний характер. Наприклад, забруднення повітряного фільтра може спричинити підвищену витрату палива, зниження потужності, димність і перегрівання. Низький тиск оливи може стати причиною пошкодження

корінних і шатунних підшипників, що в подальшому потребуватиме капітального ремонту двигуна.

2.4. Діагностування технічного стану двигуна перед ремонтом

Перед початком ремонтних робіт необхідно виконати діагностування двигуна. Метою діагностування є встановлення фактичного технічного стану двигуна, визначення характеру несправності, оцінювання доцільності ремонту та уточнення обсягу робіт.

Діагностування двигунів у ремонтній майстерні доцільно виконувати у такій послідовності:

1. *Зовнішній огляд двигуна:* перевіряють наявність підтікання оливи, палива й охолоджувальної рідини, стан шлангів, патрубків, електропроводки, кріплень, ременів приводу, радіатора, фільтрів і навісного обладнання.

2. *Оцінювання запуску та роботи двигуна:* визначають легкість запуску, стабільність роботи на холостому ходу, наявність сторонніх шумів, стуків, вібрацій, димності, рівномірність роботи циліндрів.

3. *Перевірка тиску оливи:* низький тиск оливи свідчить про можливе спрацювання масляного насоса, корінних і шатунних підшипників, забруднення фільтра або масляних каналів.

4. *Контроль температурного режиму:* перевіряють справність системи охолодження, термостата, вентилятора, водяного насоса, стан радіатора та рівень охолоджувальної рідини.

5. *Вимірювання компресії в циліндрах:* компресія є важливим показником стану циліндро-поршневої групи і клапанного механізму. Зниження компресії в одному або кількох циліндрах свідчить про спрацювання кілець, гільз, клапанів або пошкодження прокладки головки блока.

6. *Перевірка паливної системи:* оцінюють стан паливних фільтрів, тиск палива, герметичність паливопроводів, роботу форсунок, паливного насоса, електронних датчиків і виконавчих механізмів.

7. *Комп'ютерна діагностика сучасних двигунів:* для двигунів із електронним керуванням зчитують коди помилок, аналізують параметри роботи датчиків, тиск у паливній рампі, температуру охолоджувальної рідини, температуру наддувного повітря, роботу системи рециркуляції та очищення відпрацьованих газів.

8. *Прийняття рішення щодо ремонту:* за результатами діагностики визначають, чи достатньо виконати поточний ремонт окремої системи, чи потрібне зняття двигуна з машини та його розбирання в умовах ремонтної майстерні.

Діагностування дозволяє уникнути необґрунтованого розбирання двигуна, скоротити витрати часу на ремонт і зменшити вартість відновлення техніки. У разі виявлення серйозних дефектів двигун демонтують і передають на ремонтну дільницю.

2.5. Технологічний процес ремонту двигунів в умовах ремонтної майстерні

Ремонт двигунів у ремонтній майстерні сільськогосподарського підприємства повинен здійснюватися за чітко визначеним технологічним процесом. Це забезпечує якість ремонту, раціональне використання робочого часу, зменшення простоїв техніки та підвищення надійності відремонтованих двигунів.

Технологічний процес ремонту двигуна складається з таких основних етапів: 1. Приймання двигуна або машини в ремонт. 2. Попереднє очищення і миття. 3. Діагностування. 4. Демонтаж двигуна з машини. 5. Установлення двигуна на ремонтний стенд. 6. Зовнішнє розбирання. 7. Повне або часткове розбирання двигуна. 8. Миття деталей. 9. Дефектування деталей. 10. Ремонт, відновлення або заміна деталей. 11. Комплектування. 12. Складання двигуна. 13. Регулювання. 14. Обкатування і випробування. 15. Контроль якості ремонту. 16. Установлення двигуна на машину або передача на зберігання.

Таблиця 2.2 – Технологічний маршрут ремонту двигуна в ремонтній майстерні

Етап	Зміст робіт	Обладнання та інструмент
Приймання в ремонт	Оформлення заявки, визначення несправності, огляд машини	Журнал обліку, діагностичні прилади
Очищення і миття	Видалення бруду, пилу, залишків оливи та палива	Мийна установка, компресор, щітки
Діагностування	Перевірка компресії, тиску оливи, паливної системи, електроніки	Компресометр, манометри, сканер
Демонтаж двигуна	Від’єднання систем, зняття двигуна з машини	Кран-балка, таль, домкрати, ключі
Установлення на стенд	Надійне закріплення двигуна для розбирання	Стенд для ремонту двигунів
Розбирання	Зняття навісного обладнання, головки блока, піддона, КШМ	Комплект слюсарного інструменту
Миття деталей	Очищення деталей від нагару, оливи, забруднень	Мийна ванна, розчинники
Дефектування	Вимірювання зносу, виявлення тріщин, деформацій	Мікрометри, нутроміри, індикатори
Відновлення деталей	Шліфування, хонінгування, заміна втулок, клапанів, кілець	Верстати, преси, пристрої
Складання	Установлення деталей із дотриманням моментів затягування	Динамометричні ключі, оправки
Регулювання	Регулювання клапанів, паливної апаратури, приводів	Щупи, стенди, прилади
Обкатування	Перевірка роботи двигуна після складання	Обкатувальний стенд або машина
Контроль якості	Оцінка тиску оливи, температури, шуму, герметичності	Контрольно-вимірювальні прилади

2.6. Особливості розбирання двигуна

Розбирання двигуна є відповідальним етапом ремонтного процесу. Перед його початком двигун очищують від зовнішніх забруднень, зливають оливу й охолоджувальну рідину, від’єднують паливопроводи, електричні роз’єми, патрубки системи охолодження, випускний колектор, турбокомпресор, стартер, генератор та інше навісне обладнання.

Після демонтажу двигун установлюють на спеціальний ремонтний стенд. Використання стенда забезпечує зручний доступ до всіх поверхонь двигуна, можливість його повертання у потрібне положення, зменшує фізичне навантаження на ремонтників і підвищує безпеку виконання робіт. Особливо важливо це під час ремонту двигунів сучасних тракторів і комбайнів, які мають значну масу та складну компоновку.

Під час розбирання необхідно дотримуватися таких вимог:

– розбирання виконувати у послідовності, передбаченій технологічною картою;
– не допускати пошкодження різьбових з’єднань, посадкових поверхонь і ущільнень;
– деталі одного вузла маркувати або складати окремо;
– кріпильні елементи зберігати у підписаних контейнерах;
– не застосовувати надмірне зусилля під час демонтажу деталей;
– використовувати спеціальні знімачі, оправки та пристрої;
– контролювати стан деталей уже під час розбирання.

Найбільшу увагу приділяють деталям циліндро-поршневої групи, кривошипно-шатунного механізму, головці блока циліндрів, клапанному механізму, системі мащення, паливній апаратурі й турбокомпресору. Виявлені під час розбирання ознаки перегрівання, задирів, тріщин, нагару або деформації фіксують у дефектній відомості.

2.7. Дефектування деталей двигуна

Дефектування є одним із головних етапів ремонту двигуна. Його мета – визначити технічний стан кожної деталі та прийняти рішення щодо подальшого використання: залишити без ремонту, відновити або замінити.

Під час дефектування деталі поділяють на три групи:

1. Придатні деталі — можуть використовуватися повторно без ремонту.

2. Деталі, що підлягають відновленню – мають знос або пошкодження, які можна усунути механічною обробкою, наплавленням, розточуванням, шліфуванням, заміною втулок чи іншими методами.

3. Непридатні деталі – мають критичні дефекти, тріщини, значне спрацювання або деформацію, тому підлягають заміні.

Основними методами дефектування є:

– зовнішній огляд;

– вимірювання розмірів мікрометрами, нутромірами, штангенциркулями;

– перевірка биття індикаторами;

– перевірка площинності поверхонь;

– контроль герметичності;

– виявлення тріщин капілярним або магнітопорошковим методом;

– перевірка пружності поршневих кілець і клапанних пружин;

– контроль стану різьбових з’єднань.

Особливу увагу приділяють гільзам циліндрів, поршням, поршневим кільцям, колінчастому валу, розподільному валу, головці блока циліндрів, клапанам, шатунам і вкладишам. Наприклад, спрацювання гільз циліндрів оцінюють за овальністю, конусністю та загальним збільшенням діаметра. Колінчастий вал перевіряють на знос корінних і шатунних шийок, наявність задирів, тріщин і биття. Головку блока циліндрів перевіряють на площинність, герметичність, стан сідел клапанів і напрямних втулок.

За результатами дефектування складають дефектну відомість, у якій зазначають назву деталі, характер дефекту, спосіб усунення несправності та рішення щодо ремонту або заміни.

2.8. Відновлення і заміна деталей двигуна

Після дефектування виконують відновлення деталей або їх заміну. В умовах ремонтної майстерні сільськогосподарського підприємства доцільно виконувати ті операції, які не потребують складного спеціалізованого обладнання. Складні роботи, наприклад шліфування колінчастих валів, ремонт

паливних насосів високого тиску, відновлення турбокомпресорів або ремонт електронних блоків керування, доцільно передавати спеціалізованим сервісним підприємствам.

До робіт, які можуть виконуватися у майстерні, належать:

– заміна поршневих кілець;

– заміна гільз циліндрів;

– заміна вкладишів колінчастого вала;

– заміна прокладок і ущільнень;

– притирання або заміна клапанів;

– заміна напрямних втулок клапанів;

– очищення каналів системи мащення;

– заміна масляного і водяного насосів;

– очищення або заміна радіатора;

– заміна паливних і повітряних фільтрів;

– перевірка та заміна датчиків;

– регулювання теплових зазорів клапанів;

– заміна ременів, роликів і натягувачів.

Відновлення деталей повинно здійснюватися відповідно до технічних умов. Не допускається повторне використання деталей, які мають тріщини, критичне спрацювання, втрату міцності або пошкодження, що можуть спричинити аварійну відмову двигуна.

2.9. Складання, регулювання та випробування двигуна після ремонту

Складання двигуна виконують у зворотній послідовності до розбирання. Перед складанням усі деталі мають бути очищені, промиті, висушені та перевірені. Особливу увагу приділяють чистоті масляних каналів, посадкових поверхонь, різьбових з’єднань і ущільнень.

Під час складання необхідно дотримуватися таких вимог:

– використовувати нові прокладки, ущільнення, сальники та стопорні елементи;

– дотримуватися моментів затягування різьбових з’єднань;

– застосовувати динамометричні ключі;

– перевіряти осьові та радіальні зазори;

– змащувати тертьові поверхні перед установленням;

– контролювати правильність установлення поршнів, кілець, шатунів і вкладишів;

– перевіряти фази газорозподілу;

– регулювати теплові зазори клапанів;

– забезпечувати герметичність систем мащення, охолодження і живлення.

Після складання двигун підлягає обкатуванню. Обкатування необхідне для припрацювання поверхонь тертя, перевірки якості складання, контролю роботи систем мащення, охолодження, живлення і газорозподілу. Під час обкатування контролюють тиск оливи, температуру охолоджувальної рідини, відсутність сторонніх шумів, вібрацій, підтікання палива, оливи та охолоджувальної рідини.

Після завершення обкатування проводять контрольний огляд двигуна, за потреби виконують підтягування кріплень, регулювання клапанів, перевірку герметичності з’єднань і повторну діагностику. Лише після цього двигун може бути встановлений на машину і допущений до експлуатації.

2.10. Роль стенда для ремонту двигунів у технологічному процесі

У технологічному процесі ремонту двигунів важливе місце займає стенд для розбирання, складання і фіксації двигуна. Його використання забезпечує підвищення продуктивності праці, зменшення трудомісткості ремонтних операцій, покращення умов праці та підвищення безпеки робіт.

Основними вимогами до стенда для ремонту двигунів є:

– достатня вантажопідйомність;

– стійкість під час установлення двигуна;

– можливість повороту двигуна навколо осі;

– надійна фіксація в робочому положенні;

– зручність доступу до всіх вузлів;

– простота керування;

– безпека для ремонтного персоналу;

– можливість роботи з двигунами різних типів і габаритів.

Модернізація стенда для ремонту двигунів є доцільною для проєктної майстерні, оскільки дозволяє виконувати ремонт сучасних тракторних і комбайнових двигунів з меншою трудомісткістю. Зокрема, удосконалений стенд повинен забезпечувати зручне закріплення блока циліндрів, повертання двигуна на потрібний кут, блокування положення, зменшення фізичного навантаження на працівника та підвищення точності виконання складальних операцій.

Використання модернізованого стенда особливо важливе під час таких операцій:

– зняття і встановлення піддона картера;

– демонтажу та монтажу головки блока циліндрів;

– роботи з кривошипно-шатунним механізмом;

– заміни вкладишів;

– установлення поршневої групи;

– перевірки герметичності з’єднань;

– складання двигуна після ремонту.

Таким чином, стенд для ремонту двигунів є не лише допоміжним пристроєм, а важливим елементом технологічного процесу ремонту. Його модернізація сприяє підвищенню ефективності роботи ремонтної майстерні та зниженню простоїв техніки.

2.11. Висновки по розділу

У другому розділі вирішено два основні завдання кваліфікаційної роботи. По-перше, визначено основні причини несправностей і відмов двигунів тракторів та сільськогосподарських машин. Установлено, що найчастіше відмови виникають через порушення періодичності технічного обслуговування,

використання неякісного палива й мастильних матеріалів, перевантаження двигуна, порушення теплового режиму, потрапляння пилу в циліндри, несправності систем мащення, охолодження, живлення, газорозподілу та недотримання правил зберігання техніки.

По-друге, розглянуто технологічний процес ремонту двигунів в умовах ремонтної майстерні. Визначено, що ремонт двигуна повинен включати приймання в ремонт, очищення, діагностування, демонтаж, установлення на стенд, розбирання, миття деталей, дефектування, відновлення або заміну деталей, складання, регулювання, обкатування і контроль якості. Особлива увага має приділятися діагностуванню, дефектуванню та дотриманню технологічної послідовності ремонтних операцій.

Обґрунтовано, що для підвищення ефективності ремонту двигунів у майстерні сільськогосподарського підприємства доцільно модернізувати стенд для ремонту двигунів. Це дозволить підвищити безпеку праці, зменшити трудомісткість ремонтних робіт, покращити якість розбирання і складання двигунів та скоротити простої машинно-тракторного парку у напружені періоди сільськогосподарських робіт.

РОЗДІЛ 3
КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА

3.1 Огляд існуючих конструкцій

Для ремонту тракторів із відновленням їхнього ресурсу не нижче 80 % ресурсу нових машин потрібно виконати в певній послідовності трудомісткий і складний комплекс очисних, розбірних, дефектоскопічних, ремонтно-відновлювальних, комплектувальних, складальних, обкатувально-випробувальних, фарбувальних і діагностичних робіт**.**

У розбірних роботах стенди спрощують процес розбирання вузлів, скорочуючи час і людські витрати на даний вид роботи.

Дані стенди для розбирання двигуна мають недостатню вантажопідйомність і міцність при їх використанні з енергоємною технікою.

Стенд Р-1250 для розбирання-збирання двигунів (рис. 3.1).

Стенд призначений для розбирання-збирання двигунів, КПП та інших агрегатів легкових автомобілів і легкого комерційного транспорту вагою не більше1250 кг у підвішеному стані.

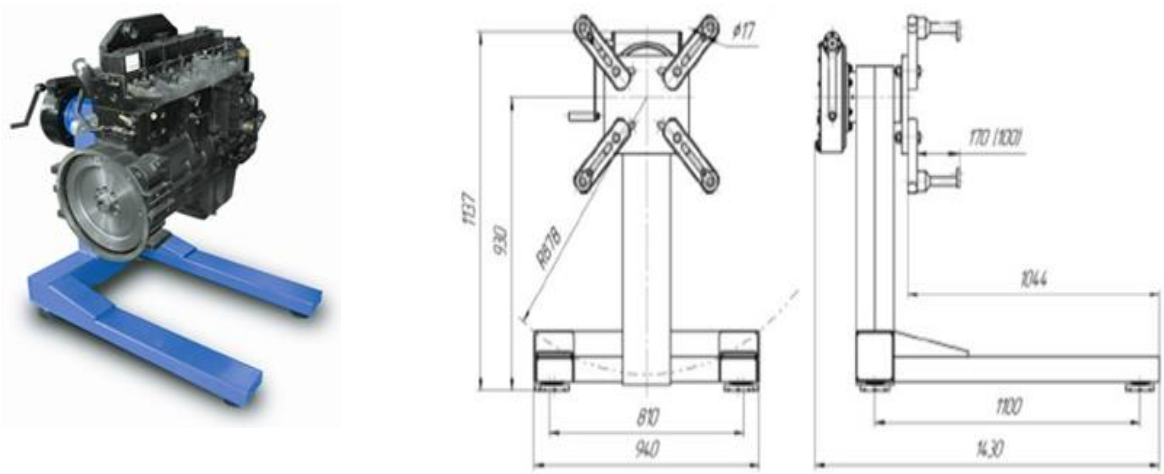


Рис. 3.1. Стенд Р-1250.

За допомогою універсальних адаптерів, що входять до основної комплектації, можна легко встановити на стенд будь-який двигун, КПП, задній міст або інший вузол вагою до1250 кг .

Високоякісний черв'ячний механізм з функцією самогальмування забезпечує надійну роботу і дозволяє повернути та зафіксувати закріплений на стенді двигун або інший вузол у потрібному положенні.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика стенду Р-1250

Тип	стаціонарний
Вантажопідйомність	1250 кг
Спосіб повороту	ручний через черв'ячний редуктор
Довжина	1430
Ширина	940 мм
Висота	940 мм
Маса, не більше	235 кг

Призначений для розбирання-збирання двигунів, КПП та інших агрегатів легкових автомобілів і легкого комерційного транспорту вагою не більше1250 кг у підвішеному стані.

За допомогою універсальних адаптерів, що входять до основної комплектації, можна легко встановити на стенд будь-який двигун, коробку передач, задній міст або інший вузол вагою до1250 кг .

Високоякісний черв'ячний механізм з функцією самогальмування забезпечує надійну роботу і дозволяє повернути та зафіксувати закріплений на стенді двигун або інший вузол у потрібному положенні.

Універсальний стенд Р-500Е для розбирання та складання двигунів, КПП, задніх мостів та агрегатів Р-500Е (рис. 3.2).

Призначений для складання-розбирання двигунів автомобілів та інших агрегатів вітчизняного та імпортного виробництва. Універсальні адаптери дозволяють легко встановити на стенд будь-який двигун, КПП, задній міст або інший вузол вагою до500 кг , самогальмуючий черв'ячний редуктор дозволяє повернути та зафіксувати закріплений на стенді двигун або інший вузол так, щоб було зручно та якісно виконувати ремонтні роботи, стенд має піддон для збору технічних рідин.



Рис. 3.2. Універсальний стенд Р-500Е.

Таблиця 4.2 – Технічна характеристика стенду Р-500Е

Тип	стаціонарний
Вантажопідйомність	500 кг
Спосіб повороту	ручний через черв'ячний редуктор
Довжина	1195 мм
Ширина	791 мм
Висота	1050 мм
Маса, не більше	160 кг

Стенд Р770Е для розбирання та складання двигунів, КПП, задніх мостів та агрегатів (рис. 3.3)

Стенд для складання та розбирання двигунів призначений для розбирання-складання автомобільних V-подібних двигунів, КПП, задніх мостів та різних агрегатів вітчизняного та імпортного виробництва вагою не більше2000 кг .

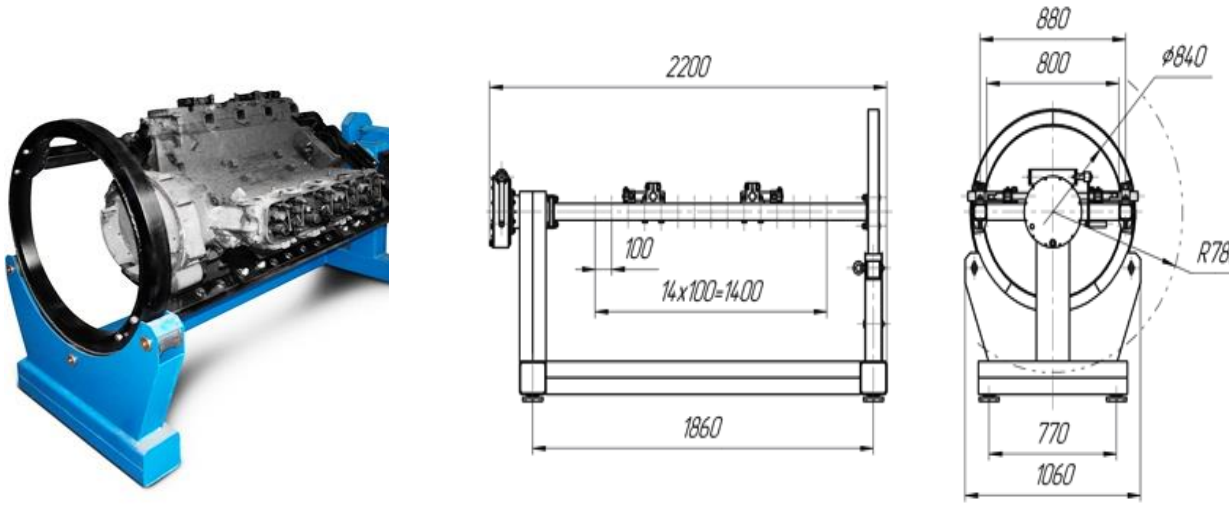


Рис. 3.3. Стенд Р770Е

Двигун, встановлений через адаптери на траверсу, повертається обертанням тихохідного вала черв'ячного редуктора в положення, найбільш

зручне для роботи. Редуктор з'єднаний з траверсою шпинделем. З протилежного боку траверса жорстко закріплена з опорним кільцем. Кільце спирається на три ролики, закріплені в рамі. Обертання швидкохідного вала черв'ячного редуктора здійснюється електродвигуном через клиноремінну передачу.

Увімкнення стенду здійснюється автоматичним вимикачем, розташованим на лівій стінці пульта управління.

Двигун або агрегат кріпиться до адаптерів болтами (шпильками) через отвори в кріпильних кронштейнах. Елементи адаптерів мають можливість при установці двигуна (агрегату) поступального та обертального руху один відносно одного. Це дозволяє закріпити двигун (агрегат) з будь-яким просторовим розташуванням місць кріплення.

Для кріплення двигунів КАМАЗ і ЯМЗ на кріпильних кронштейнах передбачені циліндричні ступені, які вставляються в отвори сорочки охолодження блоку циліндрів. Двигун надійно фіксується в будь-якому положенні, завдяки тому, що редуктор самогальмівний.

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика стенду Р770Е

Тип	стаціонарний
Вантажопідйомність	2000 кг
Спосіб повороту	електродвигуном за допомогою черв'ячного редуктора
Напруга	380 В
Потужність	0,75 кВт
Максимальна частота обертання шпинделя (траверси),	2,5 об/хв
Довжина	2467 мм
Ширина	1060 мм
Висота	1240 мм
Маса, не більше	445 кг

Перекидач двигуна Модель 8.50 (рис. 3.4). Кантувач двигуна Модель 8.50 призначений для ремонту та переміщення двигунів і агрегатів.

Універсальна система кріплень дозволяє закріпити практично будь-який двигун легкового автомобіля російського та іноземного виробництва. Посилена

конструкція кантувача здатна надійно закріпити агрегат вагою до 1 тонни, і має V-подібну нижню раму, що дозволяє використовувати піддон для збору масла, збалансований центр ваги для запобігання падінню, широкий діапазон регулювання універсальних кріплень, кут повороту кріпильного вузла 360 градусів з шістьма положеннями фіксації. Дана модель оснащена п'ятьма міцними металевими поворотними колесами, лотком для кріплення з гумовим килимком, складними опорами для зручності зберігання, а також чотирма підлоговими фіксаторами для роботи в стаціонарному режимі.



Рис. 3.4. Кантувач двигуна Модель 8.50

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика перекидача двигуна Модель 8.50

Тип	пересувний
Вантажопідйомність	700 кг
Спосіб повороту	вручну
Довжина	1070 мм
Ширина	800 мм
Висота	830 мм
Маса, не більше	50 кг

Висновок. Для майстерні господарства, де буде застосовуватися розроблюваний стенд, обираємо стаціонарний тип з електричним приводом обертання, кут повороту приймаємо рівним 360 градусів. Даний тип стенду

дозволить знизити витрати праці, пов'язані з поворотом закріпленого на стенді двигуна, порівняно з ручним приводом повороту.

3.2 Будова та принцип роботи стенду для ремонту двигунів

Нами розроблено універсальний стенд для ремонту двигунів вантажопідйомністю 2 т, загальний вигляд якого показано на рис. 3.5.

Внаслідок того, що таку величезну масу не може просто обертати людина, тому на наш стенд встановимо електропривід для обертання агрегату.

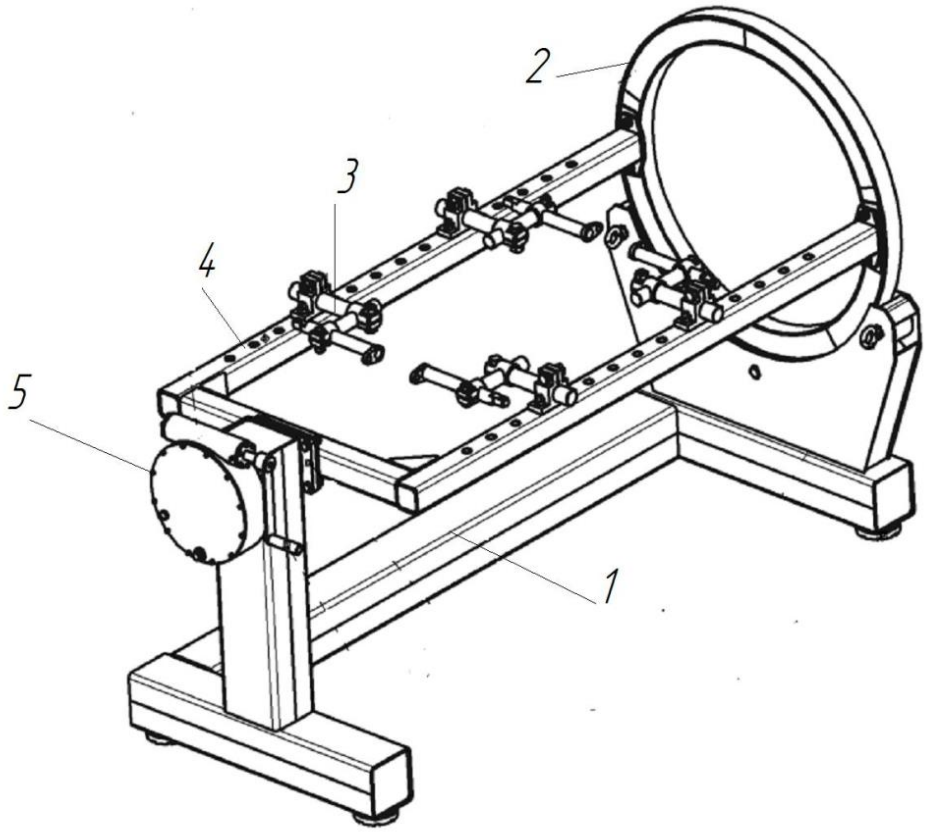


Рис. 3.5 – Універсальний стенд для ремонту двигунів вантажопідйомністю 2 т: 1 – рама; 2 – опорне кільце; 3 – адаптер; 4 – траверса; 2 – редуктор.

Двигун, встановлений через адаптери 3 (рис. 3.5) на траверсу 4, повертається обертанням тихохідного вала черв'ячного редуктора 5 у положення, найбільш зручне для роботи. Редуктор з'єднаний з траверсою шпинделем.

З протилежного боку траверса жорстко закріплена з опорним кільцем 2. Кільце спирається на три ролики, закріплені в рамі 1. Обертання швидкохідного вала черв'ячного редуктора здійснюється за допомогою рукоятки.

Двигун (агрегат) кріпиться до адаптерів болтами (шпильками) через отвори в кріпильних кронштейнах.

Елементи адаптерів мають можливість при установці двигуна (агрегату) поступального та обертального руху один відносно одного. Це дозволяє закріпити двигун (агрегат) з будь-яким просторовим розташуванням місць кріплення. Для кріплення двигунів на кріпильних кронштейнах передбачені циліндричні ступені, які вставляються в отвори сорочки охолодження блоку циліндрів.

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

3.3 Технологічний розрахунок стенду

Привід складатиметься з електродвигуна, ремінної передачі та редуктора. В якості редуктора візьмемо черв'ячний, оскільки лише він може забезпечити велике передавальне число при компактних розмірах. Отже, під дією сили тяжіння апарат не буде самовільно обертатися, оскільки утримуватиметься силами тертя в редукторі. Загальна схема приводу зображена на рис. 3.6.

Для визначення необхідної потужності двигуна спочатку визначимо ККД передач та елементів (підшипників) приводу:

– черв'ячна передача (кількість заходів черв'яка Z_1=4) – $\eta_1 = 0{,}9$.

– клиноремінна передача – $\eta_2 = 0{,}95$.

– підшипники кочення (одна пара) – $\eta_3 = 0{,}995$.

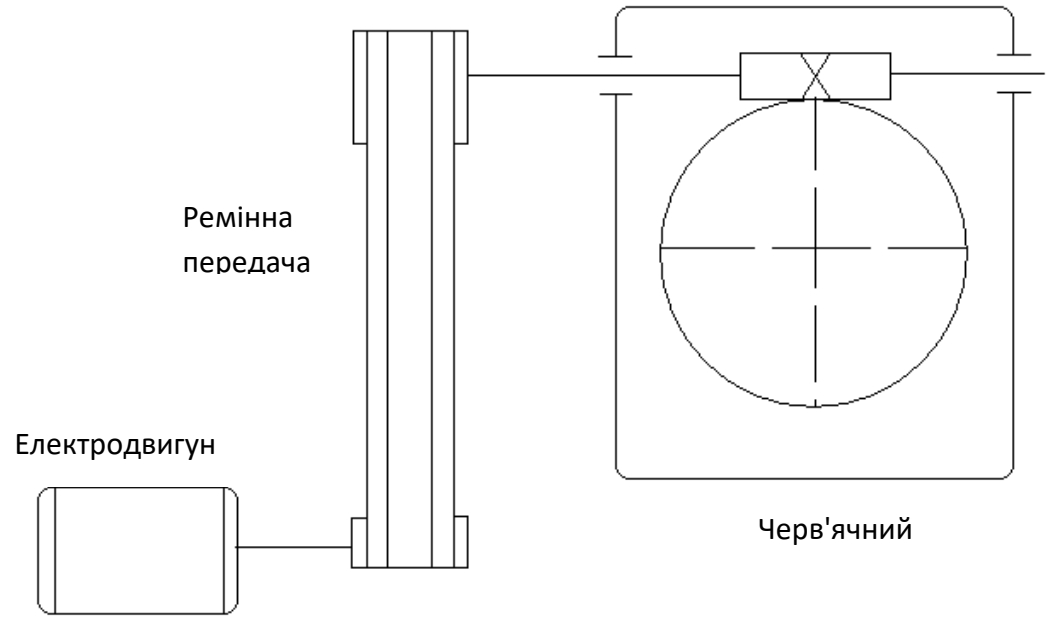


Рис. 3.6. Загальна схема приводу стенду.

Визначення орієнтовного (розрахункового) значення ККД приводу за формулою

$$\eta_{ПР} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^m, \quad (3.1)$$

де m – кількість пар підшипників кочення в приводі. У нашому випадку m = 2.

$$\eta_{ПР} = 0{,}9 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}995^2 = 0{,}85$$

Максимальна частота обертання стенду з агрегатом не повинна перевищувати $n_в = 5$ *об/хв*. Припустимо, що центр ваги агрегату не лежить на осі обертання, а зміщений на $e = 0{,}3$ м . При цьому виникатиме крутний момент, який приблизно дорівнює, Н·м:

$$M = G \cdot e \cdot n_в, \quad (3.2)$$

$$M = 0{,}3 \cdot 500 \cdot 9{,}81 = 981 \text{ Н·м}$$

Враховуючи значення крутного моменту, знайдемо необхідну потужність для повороту агрегату на стенді, Вт:

$$N = M \cdot \pi \cdot n/30, \quad (3.3)$$

$$N = 981 \cdot 3{,}14 \cdot 5/30 = 513{,}4 \text{ Вт}.$$

З огляду на ККД приводу потужність двигуна повинна бути не меншою, Вт:

$$N_{дв} = N/\eta_{пр}\ , \qquad (3.4)$$

$$N_{дв} = 513,4 / 0,85 = 604\ Вт$$

З огляду на вищезазначені розрахунки візьмемо електродвигун АДМ80А6 з параметрами 0,75 кВт; 750 об/хв.

Передавальне відношення приводу:

$$U = n_{ном} / n_т\ , \qquad (3.5)$$

$$U = 730/5=146$$

де $n_т$ =5 об/хв частота обертання тихохідного вала редуктора.

Розкладемо передавальні числа для ремінної передачі та черв'ячного редуктора:

– ремінна передача – $u_1 = 4$

– черв'ячна передача – $u_2 = \frac{U}{u_1} = \frac{146}{4} = 36.5$

Визначення частоти обертання валів приводу:

$$n_1 = n_{ДВ} = 730\ \text{об/хв},$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_1} = \frac{730}{4} = 182,5\ \text{об/хв},$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_2} = \frac{182,5}{36,5} = 5\ \text{об/хв}.$$

Визначення крутного моменту на валах приводу:

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{N_{ДВ}}{n_{ДВ}} = 9550 \cdot \frac{0,75}{730} = 9,81\ \text{Н·м};$$

$$T_2 = T_1 \cdot U_1 \cdot \eta_2 = 9,81 \cdot 4 \cdot 0,95 = 37,3\ \text{Н·м};$$

$$T_3 = T_2 \cdot U_2 \cdot \eta_1 \cdot \eta_3^2 = 37,3 \cdot 36,5 \cdot 0,9 \cdot 0,995^2 = 1213,1\ \text{Н·м}$$

Таблиця 3.5 – Зведені дані крутних моментів і частот обертання валів приводу

Вал	I	II	III
n, об/хв.	730	182,5	5
Т, Н·м	9,81	37,3	1213,1

3.4 Розрахунки вхідного вала та підбір редуктора

Проектування вала починають з визначення діаметра, який розраховують на чисте кручення за зниженим допустимим напруженням без урахування впливу вигину за такою залежністю

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_к}{П \cdot [\tau_к]}}, \tag{3.6}$$

де $T_к$ – крутний момент, беремо максимальний крутний момент, $T_к$ = 1213б1 Н·м;

[$\tau_к$] – допустиме напруження на кручення, для вала зі сталі 45

[$\tau_к$] = 150 МПа[5].

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1213{,}1 \cdot 10^3}{3{,}14 \cdot 150}} = 34{,}4 \text{ мм.}$$

Беремо черв'ячний редуктор Ч-80-8-52-2-Ц-У3, у якого діаметр вхідного кінця вала дорівнює 35 мм [3].

Схема вхідного вала редуктора показана на рисунку 4.7.

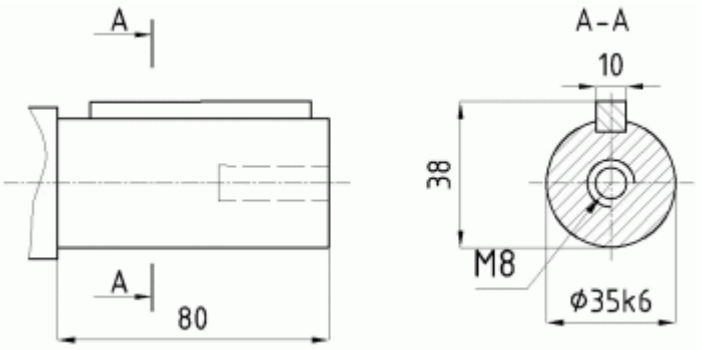


Рис. 3.7. Схема вхідного вала.

3.5 Розрахунок телескопічних адаптерів

Для фіксації на рамі запропонованого стенду двигунів, коробок передач, мостів та інших важких агрегатів використовуються телескопічні адаптери. Вони являють собою триланкову просторову конструкцію з фіксацією в кожному з положень (рис. 3.8).

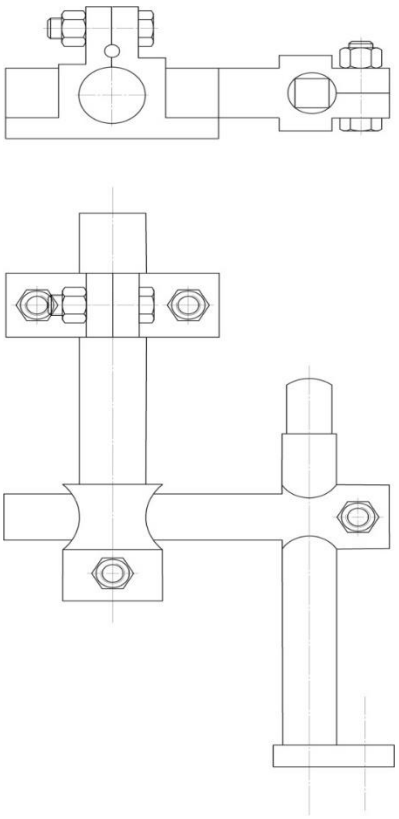


Рис. 3.8. Загальний вигляд адаптера.

Для надійної фіксації агрегату необхідно 4 адаптери. Для розрахунку припустимо, що при максимальному навантаженні на один адаптер припадає навантаження не більше $P=0{,}4\cdot G_{макс}=0{,}4\cdot 2000\cdot 9{,}81=7848$ Н. Несприятливі умови роботи – максимальний виліт усіх ланок і коли всі ланки адаптера знаходяться в одній площині (рис. 3.9).

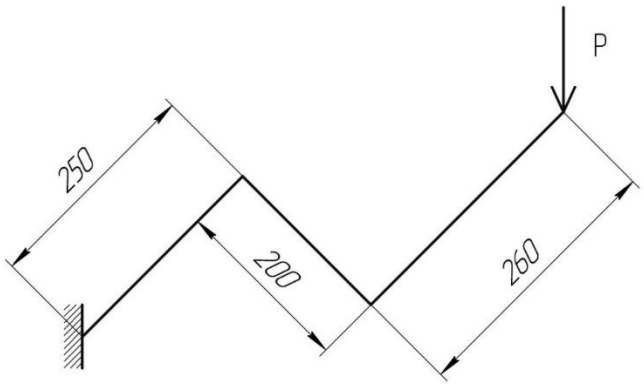


Рис. 3.9 Розрахункова схема адаптера.

Для побудови епюр дії згинальних і крутних моментів визначимо окремо моменти від сил на кожній ділянці, використовуючи принцип суперпозиції. Отже, максимальний згинальний момент від сили на 1-й ділянці з індексом 1:

$$M^1 = \mathrm{P}\cdot 0.26 = 7848\cdot 0.26 = 2040.5 \text{ Н·м.}$$

Максимальний згинальний момент від сили на 2-му ділянці:

$$M^2 = P \cdot 0.2 = 7848 \cdot 0.2 = 1569.6 \text{ Н·м.}$$

Максимальний згинальний момент від сили на 3-му ділянці:

$$M^3 = P \cdot (0.26 + 0.25) = 7848 \cdot (0.26 + 0.25) = 4002{,}5 \text{ Н·м.}$$

Визначимо крутні моменти, що діють на ділянках вала. Від сили Р на 1-й ділянці, Н·м:

$$T^1 = 0$$

Крутний момент від сили Р на 2-му відрізку:

$$T^2 = P \cdot 0.26 = 7848 \cdot 0.26 = 2040.5 \text{ Н·м}$$

Крутний момент від сили Р на 3-му відрізку:

$$T^3 = P \cdot 0.2 = 7848 \cdot 0.2 = 1569.6 \text{ Н·м.}$$

За отриманими значеннями будуємо епюри, рис. 4.10

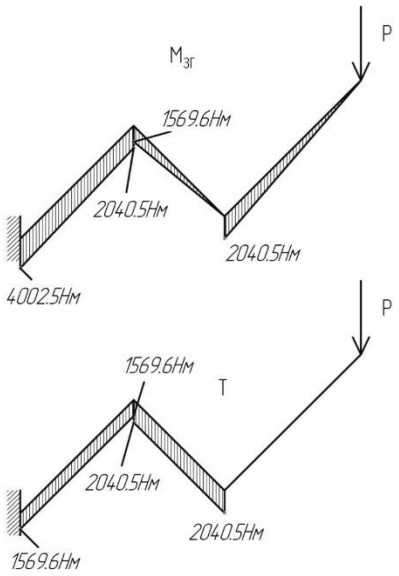


Рис. 3.10. Епюри згинальних і крутних моментів.

З ескізів видно максимальні навантаження на ділянках вала. Для можливості проведення подальших розрахунків та спираючись на досвід конструювання, приймемо попередні значення діаметрів ділянок телескопічного адаптера d_1 =35 мм, d_2 =35 мм, d_3 =44 мм. Визначимо номінальні напруження на кожній з ділянок адаптера:

$$\sigma_{зг}{}^1 = \frac{32 \cdot M^1}{\pi \cdot \mathrm{d}^3} = \frac{32 \cdot 2040.5}{\pi \cdot 35^3} = 10{,}8 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_{зг}{}^{2} = \frac{32 \cdot M^{2}}{\pi \cdot \mathrm{d}^{3}} = \frac{32 \cdot 1569{,}5}{\pi \cdot 35^{3}} = 13{,}053 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{зг}{}^{3} = \frac{32 \cdot M^{3}}{\pi \cdot \mathrm{d}^{3}} = \frac{32 \cdot 4002.5}{\pi \cdot 44^{3}} = 18{,}053 \text{ МПа}.$$

Також визначимо дотичні напруження від кручення:

$$\tau^{1} = \frac{16 \cdot T^{1}}{\pi \cdot \mathrm{d}^{3}} = \frac{16 \cdot 0}{\pi \cdot 35^{3}} = 0 \text{ МПа};$$

$$\tau^{2} = \frac{16 \cdot T^{2}}{\pi \cdot \mathrm{d}^{3}} = \frac{16 \cdot 2040.5}{\pi \cdot 35^{3}} = 24{,}1 \text{ МПа};$$

$$\tau^{3} = \frac{16 \cdot T^{3}}{\pi \cdot \mathrm{d}^{3}} = \frac{16 \cdot 1569.6}{\pi \cdot 44^{3}} = 9{,}4 \text{ МПа}.$$

Еквівалентні напруження за теорією міцності:

$$\sigma_{e}^{1} = \sqrt{(\sigma_{зг}{}^{1})^{2} + 4(\tau^{1})^{2}} = \sqrt{10.8^{2} + 4 \cdot 0^{2}} = 10.8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{e}^{2} = \sqrt{(\sigma_{зг}{}^{2})^{2} + 4(\tau^{2})^{2}} = \sqrt{13.053^{2} + 4 \cdot 24.1^{2}} = 49.9 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{e}^{3} = \sqrt{(\sigma_{зг}{}^{3})^{2} + 4(\tau^{3})^{2}} = \sqrt{18.053^{2} + 4 \cdot 9.4^{2}} = 26.64 \text{ МПа}.$$

Допустиме значення еквівалентного напруження можна визначити за виразом (для сталі 40Х):

$$[\sigma_{e}] = 0{,}8 \cdot \sigma_{т} = 0{,}8 \cdot 800 = 640 \text{ МПа}.$$

Як видно з допустимих значень, всі ділянки телескопічного адаптера витримали вимоги міцності зі значним запасом. Можна було б зменшити діаметри ділянок, але з конструктивних міркувань для забезпечення належного кріплення всіх ділянок цього робити не можна.

Висновок. Стенд спрощує процес розбирання двигуна, скорочуючи час і людські витрати на цей вид роботи.

Для стенду приймаємо: електродвигун АДМ80А6 потужністю 0,75 кВт і частотою обертання 750 об/хв; черв'ячний редуктор Ч-80-8-52-2-Ц-У3с з діаметром вхідного кінця вала 35 мм. Для фіксації двигуна на стенді необхідно використовувати телескопічні адаптери з діаметрами ділянок d_1 =35 мм, d_2 =35 мм, d_3 =44 мм.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальна характеристика умов праці у ремонтній майстерні

Охорона праці є обов’язковою складовою організації технічного сервісу в машинно-тракторному парку. У даній кваліфікаційній роботі розглядається ремонтна майстерня сільськогосподарського підприємства, де виконуються діагностування, розбирання, дефектування, складання та поточний ремонт двигунів тракторів, комбайнів, навантажувачів і автомобілів. Роботи проводяться з використанням слюсарного інструменту, вантажопідіймальних пристроїв, мийного обладнання, електроінструменту, компресора та модернізованого стенда для ремонту двигунів.

Правову основу безпеки становлять Закон України «Про охорону праці», Типове положення про навчання і перевірку знань з питань охорони праці, санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень, будівельні норми щодо вентиляції та освітлення, а також правила пожежної безпеки. Роботодавець повинен забезпечити безпечний технічний стан обладнання, навчання працівників, інструктажі, засоби індивідуального захисту та контроль за виконанням робіт.

Для розрахунків приймаємо, що дільниця ремонту двигунів має площу $S = 72$ м², висоту $h = 4{,}2$ м і обладнана постом ремонту двигунів, верстаком, мийною ванною, стелажами для деталей, місцем для діагностичного обладнання та вільними проходами. Розміщення обладнання має забезпечувати зручний підхід до стенда, вільне переміщення агрегатів кран-балкою або талію та безпечне виконання операцій із важкими деталями.

4.2. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час ремонту двигунів виникають механічні, електричні, теплові, хімічні та пожежонебезпечні фактори. Найбільшу небезпеку становлять падіння або зміщення двигуна, защемлення рук під час повороту стенда, використання

несправного інструменту, розлив палива й оливи, дія парів мийних рідин, недостатня освітленість і підвищене фізичне навантаження.

Таблиця 4.1 – Аналіз небезпечних факторів у дільниці ремонту двигунів

Фактор	Джерело	Можливі наслідки	Заходи безпеки
Механічне травмування	Стенд, кран-балка, важкі вузли	Удари, защемлення, падіння деталей	Справні захвати, фіксатори, огородження, спецвзуття
Електронебезпека	Електроінструмент, освітлення, зарядні пристрої	Ураження струмом, опіки	Заземлення, УЗО, огляд кабелів, суха підлога
Шкідливі пари та пил	Миття деталей, паливо, оливи, металевий пил	Подразнення органів дихання	Вентиляція, респіратори, окуляри
Пожежна небезпека	Паливо, олива, розчинники, зварювання	Загоряння, опіки, пошкодження майна	Вогнегасники, порядок зберігання, прибирання розливів
Недостатнє освітлення	Тіньові зони біля двигуна і верстака	Помилки ремонту, втома зору	Загальне та місцеве освітлення

Зниження ризику досягається правильним плануванням робочого місця, використанням механізованих засобів піднімання, справністю стенда, контролем стану інструменту, прибиранням розливів, достатньою вентиляцією та обов’язковим застосуванням засобів індивідуального захисту.

4.3. Вимоги безпеки під час ремонту двигунів

До робіт допускаються працівники, які пройшли інструктажі, навчання, перевірку знань з охорони праці та мають практичні навички роботи з вантажопідіймальними засобами. Перед початком зміни слід перевірити справність стенда, фіксаторів, болтових з’єднань, кран-балки, талі, стропів, освітлення, вентиляції та електроінструменту.

Двигун перед установленням на стенд очищують, з нього зливають оливу, паливо та охолоджувальну рідину, від’єднують трубопроводи, електричні роз’єми і навісне обладнання. Під час переміщення двигуна заборонено перебувати під вантажем, залишати його у підвішеному стані, застосовувати пошкоджені стропи або піднімати агрегат за випадкові елементи конструкції.

Після встановлення двигуна на стенд перевіряють надійність кріплення, положення центра мас і справність стопора поворотної частини. Поворот

виконують плавно, без ривків, після звільнення робочої зони від інструменту та деталей. Забороняється використовувати подовжувачі рукояток, працювати з несправним фіксатором, перевищувати допустиму вантажопідйомність стенда або розміщувати деталі на краю верстака.

Під час миття деталей працівник повинен користуватися рукавицями, захисними окулярами та, за потреби, респіратором. Відпрацьовані оливи, фільтри, мийні рідини і забруднене ганчір’я збирають у спеціальну тару. Робочі проходи, підходи до електрощита, вогнегасників і виходів мають бути вільними.

4.4. Розрахунок вентиляції ремонтної дільниці

Повітря у дільниці ремонту двигунів забруднюється парами палива, оливи, мийних рідин, пилом і продуктами короткочасного запуску двигунів. Тому передбачаємо загальнообмінну припливно-витяжну вентиляцію з місцевим відсмоктуванням у зоні миття деталей. Об’єм приміщення визначаємо за формулою:

$$V = S \cdot h = 72 \cdot 4{,}2 = 302{,}4 \text{ м}^3. \quad (4.1)$$

Приймаємо кратність повітрообміну $n = 4$ год$^{-1}$. Необхідна продуктивність вентиляції:

$$L = n \cdot V = 4 \cdot 302{,}4 = 1209{,}6 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (4.2)$$

З урахуванням 10 % запасу на втрати у повітропроводах та забруднення фільтрів:

$$L_р = 1{,}10 \cdot 1209{,}6 = 1330{,}6 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Отже, для дільниці ремонту двигунів необхідна вентиляційна система продуктивністю не менше 1350 м³/год. Практично приймаємо припливно-витяжну установку або вентилятор продуктивністю 1400-1500 м³/год. Місцеве відсмоктування біля мийної ванни повинно працювати під час очищення деталей і після завершення робіт до повного видалення парів.

4.5. Розрахунок штучного освітлення

Достатнє освітлення необхідне для якісного дефектування, складання та регулювання двигунів. Для слюсарно-ремонтних робіт приймаємо нормовану освітленість E = 300 лк. Розрахунок виконуємо методом світлового потоку:

$$N = (E \cdot S \cdot Kз \cdot z) / (Ф_л \cdot \eta), \quad (4.3)$$

де N - кількість світильників; $K_з$ = 1,5 – коефіцієнт запасу; z = 1,1 - коефіцієнт нерівномірності; $Ф_л$ = 6000 лм – світловий потік одного LED-світильника; η = 0,55 – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$N = (300 \cdot 72 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / (6000 \cdot 0,55) = 10,8 \text{ шт.}$$

Приймаємо 12 світлодіодних світильників по 6000 лм, розміщених рівномірно у два ряди.

4.6. Розрахунок первинних засобів пожежогасіння

У ремонтній майстерні можливе загоряння палива, олив, ганчір’я, електропроводки та ізоляції електрообладнання. Кількість вогнегасників визначимо за площею дільниці. Приймаємо, що один порошковий вогнегасник ВП-5 забезпечує захист площі S_1 = 50 м². Тоді:

$$N_в = S / S_1 = 72 / 50 = 1,44 \text{ шт.} \quad (4.4)$$

Кількість приймаємо у більшу сторону, тому потрібно не менше 2 порошкових вогнегасників ВП-5. Додатково, з урахуванням наявності електрообладнання, приймаємо 1 вуглекислотний вогнегасник ВВК-3 або ВВК-5. У дільниці також передбачають ящик із піском, совок, пожежний щит і металеву тару для промасленого ганчір’я.

Таблиця 4.2 – Первинні засоби пожежогасіння

Засіб	Кількість	Місце розміщення
Порошковий вогнегасник ВП-5	2 шт.	Вхід у майстерню та зона стенда
Вуглекислотний вогнегасник ВВК-3/ВВК-5	1 шт.	Поблизу електрообладнання
Ящик з піском і совком	1 компл.	Мийна або зварювальна зона
Пожежний щит	1 компл.	Доступне місце біля виходу

4.7. Перевірка безпечності модернізованого стенда

Основне навантаження на стенд виникає від маси двигуна та динамічних впливів під час його повороту. Приймаємо максимальну масу двигуна з навісними елементами m = 1100 кг, коефіцієнт динамічності $k_д$ = 1,3, прискорення вільного падіння g = 9,81 м/с². Розрахункове навантаження:

$$P = m \cdot g \cdot k_д = 1100 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}3 = 14028 \text{ Н} = 14{,}03 \text{ кН}. \quad (4.5)$$

Для ремонтного обладнання приймаємо коефіцієнт запасу міцності n = 2,5. Необхідна несуча здатність вузла кріплення:

$$P_р = P \cdot n = 14{,}03 \cdot 2{,}5 = 35{,}08 \text{ кН}. \quad (4.6)$$

Двигун кріпиться до поворотної плити чотирма болтами М16 класу міцності 8.8. Площа розрахункового перерізу одного болта A = 157 мм², допустиме напруження зрізу τдоп = 160 МПа. Несуча здатність одного болта:

$$Q_1 = \tau_{доп} \cdot A = 160 \cdot 157 = 25120 \text{ Н} = 25{,}12 \text{ кН}. \quad (4.7)$$

$$Q_4 = 4 \cdot 25{,}12 = 100{,}48 \text{ кН}.$$

Оскільки Q_4 = 100,48 кН > $P_р$ = 35,08 кН, міцність болтового кріплення забезпечується. Перевіримо стійкість стенда проти перекидання. Приймаємо відстань від осі повороту до центра мас двигуна a = 0,35 м, ширину опорної бази B = 1,20 м. Вага двигуна:

$$G = m \cdot g = 1100 \cdot 9{,}81 = 10{,}79 \text{ кН}. \quad (4.8)$$

$$M_п = G \cdot a = 10{,}79 \cdot 0{,}35 = 3{,}78 \text{ кН·м}; \quad (4.9)$$

$$M_у = G \cdot B / 2 = 10{,}79 \cdot 1{,}20 / 2 = 6{,}47 \text{ кН·м}. \quad (4.10)$$

$$K_{ст} = M_у / M_п = 6{,}47 / 3{,}78 = 1{,}71. \quad (4.11)$$

Оскільки $K_{ст}$ = 1,71 > 1,5, умова стійкості виконується. Отже, стенд може безпечно використовуватися для ремонту двигунів масою до 1100 кг за умови справності стопорів, використання штатних болтів, контролю вантажопідйомності та заборони перебування працівників у зоні можливого падіння агрегата.

4.8. Висновки по розділу

У розділі розглянуто умови праці під час ремонту двигунів у машинно-ремонтній майстерні та визначено основні небезпечні фактори: механічне травмування, електронебезпека, пожежна небезпека, дія парів палива й оливи, недостатня освітленість, шум і підвищене фізичне навантаження. Запропоновано організаційні й технічні заходи безпеки, пов’язані з навчанням працівників, справністю стенда, використанням засобів індивідуального захисту та підтриманням порядку на робочому місці.

Розрахунками встановлено, що для дільниці площею 72 м² необхідна вентиляція продуктивністю не менше 1350 м³/год, тому прийнято установку 1400-1500 м³/год. Для забезпечення освітленості 300 лк потрібно встановити 12 світлодіодних світильників по 6000 лм та місцеве освітлення біля робочих місць. Для пожежної безпеки прийнято 2 порошкові вогнегасники, 1 вуглекислотний вогнегасник, ящик із піском і пожежний щит.

Перевірний розрахунок модернізованого стенда показав, що несуча здатність болтового кріплення становить 100,48 кН і перевищує необхідне розрахункове значення 35,08 кН. Коефіцієнт стійкості стенда дорівнює 1,71, що більше прийнятого мінімального значення 1,5. Отже, запропоновані заходи забезпечують безпечне виконання ремонтно-обслуговуючих робіт і підвищують ефективність технічного сервісу машинно-тракторного парку.

РОЗДІЛ 5
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

5.1. Вихідні дані та сутність проєктного рішення

Метою техніко-економічного обґрунтування є визначення доцільності модернізації стенда для ремонту двигунів у машинно-ремонтній майстерні сільськогосподарського підприємства. У попередніх розділах установлено, що підприємство має площу 1750 га, використовує сучасний машинно-тракторний парк, а річна трудомісткість ремонтно-обслуговуючих робіт становить близько 1550 люд.-год. Частина цих робіт пов’язана з діагностуванням, демонтажем, розбиранням, дефектуванням і складанням двигунів тракторів, комбайна, навантажувача та автомобільного транспорту.

Проєктне рішення передбачає модернізацію наявного стенда шляхом посилення рами, встановлення поворотного вузла з надійним фіксатором, регульованих кронштейнів для кріплення двигунів різних типів, піддона для збирання технологічних рідин та страхувальних елементів. Очікуваний результат полягає у скороченні трудомісткості ремонту, зменшенні потреби у сторонніх сервісних послугах, скороченні простоїв техніки та підвищенні безпеки робіт. Розрахунки виконано за планово-розрахунковими цінами, прийнятими для умов ремонтної майстерні господарства. Основні вихідні дані наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показник	Позначення	Значення
Площа угідь підприємства, га	F	1750
Річна трудомісткість робіт майстерні, люд.-год	$Q_{заг}$	1550
Трудомісткість ремонту двигунів до модернізації, люд.-год	$T_б$	550
Трудомісткість ремонту двигунів після модернізації, люд.-год	$T_п$	430
Годинна тарифна ставка ремонтника, грн/год	$C_т$	120
Коефіцієнт додаткової зарплати	$K_д$	1,20
Коефіцієнт нарахувань на зарплату	$K_н$	1,22
Норма амортизації модернізованого стенда, %	$H_а$	15
Норма витрат на технічне утримання, %	$H_р$	5

5.2. Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення включають витрати на матеріали, комплектуючі, виготовлення та монтаж елементів стенда, фарбування і випробування. Оскільки модернізація виконується на базі наявного стенда, витрати є нижчими порівняно з придбанням нового промислового обладнання. Кошторис проєктного рішення подано в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Кошторис витрат на модернізацію стенда для ремонту двигунів

№	Стаття витрат	Сума, грн
1	Металопрокат для посилення рами та опорних елементів	18500
2	Поворотний вузол, редуктор і підшипникові опори	16200
3	Регульовані кронштейни та перехідні плити	9400
4	Фіксатор положення, стопорні пальці, страхувальні елементи	4800
5	Опорні колеса, піддон для оливи, дрібні комплектуючі	6200
6	Зварювальні, токарні та слюсарно-монтажні роботи	9800
7	Фарбування, маркування, випробування	3600
8	Накладні та транспортно-заготівельні витрати, 10 %	6850
	Разом капітальні вкладення	75350

Загальну суму капітальних вкладень визначаємо як суму витрат за всіма статтями кошторису:

$$K = \Sigma C_i = 75350 \text{ грн},$$

де K – загальні капітальні вкладення; C_i - витрати за окремими статтями. Отже, для реалізації проєктного рішення необхідно 75350 грн.

5.3. Розрахунок економії трудових витрат і заробітної плати

Модернізований стенд дає змогу встановлювати двигун у зручне положення без багаторазового підвішування на кран-балці або талі. Це зменшує кількість допоміжних операцій під час зняття піддона картера, роботи з кривошипно-шатунним механізмом, головкою блока циліндрів, системами мащення й охолодження. Розрахунок зміни трудомісткості наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Зміна трудомісткості ремонту двигунів після модернізації стенда

Вид робіт	Кількість за рік	До модернізації, люд.-год	Після модернізації, люд.-год
Поточний ремонт із частковим розбиранням двигуна	3	168	132
Середній ремонт двигуна з демонтажем основних вузлів	2	192	150
Усунення несправностей ЦПГ, ГРМ, систем мащення й охолодження	4	112	88
Допоміжні роботи: демонтаж, установлення, контроль, регулювання	6	78	60
Разом		550	430

Річну економію трудових витрат визначаємо за формулою:

$$\Delta T = T_б - T_п = 550 - 430 = 120 \text{ люд.-год.} \quad (5.1)$$

Відносне скорочення трудомісткості становить:

$$\eta = (\Delta T / T_б) \cdot 100 = (120 / 550) \cdot 100 = 21{,}8\ \%. \quad (5.2)$$

Повну вартість однієї людино-години ремонтного працівника визначаємо з урахуванням основної заробітної плати, додаткової заробітної плати та нарахувань:

$$C_{год} = C_т \cdot K_д \cdot K_н = 120 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}22 = 175{,}68 \text{ грн/люд.-год.} \quad (5.3)$$

Тоді економія витрат на оплату праці становитиме:

$$E_{зп} = \Delta T \cdot C_{год} = 120 \cdot 175{,}68 = 21081{,}60 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

Отже, лише за рахунок зменшення трудомісткості робіт річна економія витрат на оплату праці становить 21081,60 грн. Крім того, ремонтний персонал отримує можливість швидше виконувати сезонні роботи з підготовки техніки до польових операцій.

5.4. Розрахунок загальної річної економії та експлуатаційних витрат

Крім економії оплати праці, модернізація стенда зменшує потребу у сторонньому сервісі. Приймаємо, що протягом року підприємство зможе відмовитися від двох виїздів спеціалізованої сервісної організації вартістю 12000 грн кожний:

$$E_{серв} = 2 \cdot 12000 = 24000 \text{ грн.}$$

Скорочення простоїв техніки приймаємо для чотирьох ремонтних випадків на одну зміну кожний. Умовні втрати від простою однієї енергетичної машини становлять 2500 грн за зміну:

$$Е_{пр} = 4 \cdot 1 \cdot 2500 = 10000 \text{ грн.}$$

Економію витратних матеріалів, прокладок, кріпильних елементів та повторних операцій приймаємо 4000 грн на рік. Загальна річна валова економія дорівнює:

$$Е_{вал} = 21081,60 + 24000 + 10000 + 4000 = 59081,60 \text{ грн.}$$

Для визначення чистого ефекту враховуємо експлуатаційні витрати модернізованого стенда. Амортизаційні відрахування становлять:

$$А = К \cdot Н_а / 100 = 75350 \cdot 15 / 100 = 11302,50 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

Витрати на технічне утримання і дрібний ремонт стенда:

$$В_р = К \cdot Н_р / 100 = 75350 \cdot 5 / 100 = 3767,50 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

Витрати на електроенергію та інші поточні потреби приймаємо відповідно 500 грн і 2000 грн на рік. Тоді загальні експлуатаційні витрати становлять:

$$В_{експ} = 11302,50 + 3767,50 + 500 + 2000 = 17570,00 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.4 – Розрахунок річного економічного ефекту

Показник	Сума, грн
Економія витрат на оплату праці	21081,60
Зменшення витрат на сторонній сервіс	24000,00
Скорочення втрат від простоїв техніки	10000,00
Економія витратних матеріалів і повторних операцій	4000,00
Річна валова економія	59081,60
Амортизація стенда	11302,50
Технічне утримання і дрібний ремонт	3767,50
Електроенергія та інші поточні витрати	2500,00
Річні експлуатаційні витрати	17570,00
Чистий річний економічний ефект	41511,60

Чистий річний економічний ефект визначаємо як різницю між валовою економією та експлуатаційними витратами:

$$Е_ч = Е_{вал} - В_{експ} = 59081,60 - 17570,00 = 41511,60 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

У розрахунку на 1 га сільськогосподарських угідь економічний ефект становить:

$$E_{га} = E_ч / F = 41511,60 / 1750 = 23,72 \text{ грн/га}. \quad (5.8)$$

5.5. Строк окупності та оцінка ефективності проєкту

Строк окупності показує, за який період отриманий економічний ефект компенсує капітальні вкладення. Його визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = K / E_ч = 75350 / 41511,60 = 1,82 \text{ року}. \quad (5.9)$$

Коефіцієнт економічної ефективності становить:

$$E_к = E_ч / K = 41511,60 / 75350 = 0,55.$$

Отриманий строк окупності 1,82 року є прийнятним для обладнання ремонтної майстерні, оскільки фактичний строк використання модернізованого стенда значно більший. Крім прямої економії, проєктне рішення має організаційно-технічний ефект: підвищує безпеку праці, зменшує фізичне навантаження на ремонтників, покращує доступ до вузлів двигуна, знижує ризик пошкодження деталей під час розбирання і складання.

Таблиця 5.5 – Основні показники економічної ефективності

Показник	Значення
Капітальні вкладення, грн	75350,00
Скорочення трудомісткості, люд.-год	120
Скорочення трудомісткості, %	21,8
Річна валова економія, грн	59081,60
Річні експлуатаційні витрати, грн	17570,00
Чистий річний економічний ефект, грн	41511,60
Строк окупності, років	1,82
Коефіцієнт економічної ефективності	0,55
Економічний ефект на 1 га, грн/га	23,72

Порівняння базового та проєктного варіантів показує, що модернізований стенд дозволяє виконувати більший обсяг робіт власними силами, зменшує залежність підприємства від зовнішніх сервісних організацій і сприяє скороченню простоїв машин у напружені періоди польових робіт. Для підприємства площею 1750 га це має важливе значення, оскільки своєчасність ремонту двигунів безпосередньо впливає на виконання обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив, захисту рослин і збирання урожаю.

Висновки по розділу

У розділі виконано техніко-економічне обґрунтування модернізації стенда для ремонту двигунів у машинно-ремонтній майстерні сільськогосподарського підприємства. Визначено, що загальні капітальні вкладення на реалізацію проєктного рішення становлять 75350 грн. До складу витрат входять матеріали, комплектуючі, поворотний механізм, регульовані кронштейни, фіксатори, зварювальні та слюсарно-монтажні роботи.

Розрахунками встановлено, що застосування модернізованого стенда скорочує трудомісткість ремонту двигунів з 550 до 430 люд.-год на рік. Економія трудових витрат становить 120 люд.-год, або 21,8 %. Економія витрат на оплату праці дорівнює 21081,60 грн, а загальна річна валова економія з урахуванням зменшення стороннього сервісу, простоїв і витратних матеріалів становить 59081,60 грн.

Після врахування експлуатаційних витрат модернізованого стенда чистий річний економічний ефект становить 41511,60 грн. Строк окупності капітальних вкладень дорівнює 1,82 року, а коефіцієнт економічної ефективності — 0,55.

Додатковою перевагою проєктного рішення є те, що воно не потребує значної перебудови ремонтної майстерні. Модернізацію можна виконати власними силами підприємства із залученням зварювальних, слюсарних і токарних робіт, що знижує загальні витрати та дає змогу адаптувати стенд до двигунів наявного машинно-тракторного парку.

Практичне впровадження модернізованого стенда доцільно здійснювати в міжсезонний період, коли навантаження на ремонтну майстерню є меншим. Після виготовлення і монтажу необхідно провести контрольний огляд, пробне навантаження, перевірку фіксаторів, навчання ремонтного персоналу та оформлення інструкції з безпечної експлуатації.

Отже, запропоноване проєктне рішення є економічно доцільним і може бути рекомендоване до впровадження у ремонтній майстерні підприємства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі на тему «Організація технічного сервісу у машинно-тракторному парку з модернізацією стенду для ремонту двигунів» розглянуто питання підвищення ефективності технічного обслуговування і ремонту техніки сільськогосподарського підприємства. Проаналізовано склад машинно-тракторного парку, визначено річний обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт, досліджено основні причини несправностей двигунів та обґрунтовано доцільність модернізації ремонтного стенда.

У роботі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні підприємства, розміщеного в зоні Полісся Житомирської області, із площею земель 1750 га. Підібраний склад техніки забезпечує виконання основних технологічних операцій у встановлені агротехнічні строки. Загальна трудомісткість технічного обслуговування і поточного ремонту з урахуванням додаткових операцій становить близько 1550 люд.-год на рік, що дає підстави передбачити в майстерні двох працівників: механіка-організатора та слюсаря-ремонтника.

Визначено, що основними причинами несправностей двигунів є несвоєчасне технічне обслуговування, використання неякісних паливно-мастильних матеріалів, забруднення фільтрів, порушення теплового режиму, недостатній тиск оливи, зношування деталей циліндро-поршневої групи, несправності систем охолодження, мащення, живлення та газорозподільного механізму. Розглянуто технологічний процес ремонту двигунів, який включає очищення, діагностування, демонтаж, розбирання, дефектування, відновлення або заміну деталей, складання, регулювання, обкатування та контроль якості.

Особливу увагу приділено модернізації стенда для ремонту двигунів. Запропоноване вдосконалення забезпечує надійне закріплення двигуна, його поворот у зручне робоче положення, безпечну фіксацію, зменшення фізичного навантаження на працівників і підвищення продуктивності праці. Використання

модернізованого стенда дає змогу скоротити тривалість ремонтних операцій, покращити якість складання двигунів і знизити ризик травмування персоналу.

У роботі також розроблено заходи з охорони праці під час технічного обслуговування і ремонту двигунів. Передбачено проведення інструктажів, використання засобів індивідуального захисту, справного вантажопідіймального обладнання, забезпечення належного освітлення, вентиляції, пожежного захисту та безпечної експлуатації стенда. Техніко-економічне обґрунтування підтвердило доцільність модернізації стенда. Економічний ефект досягається завдяки зниженню трудомісткості ремонтних робіт, скороченню простоїв техніки, підвищенню продуктивності ремонтного персоналу та зменшенню витрат на залучення сторонніх ремонтних організацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. John Deere 8R 370 Tractor. Specifications // John Deere. URL: https://www.deere.com/en/tractors/row-crop-tractors/row-crop-8-family/8r-370-tractor/ (accessed: 19.05.2026).

2. John Deere 6M 155 Utility Tractor. Specifications // John Deere. URL: https://www.deere.com/en/tractors/utility-tractors/6-family-utility-tractors/6m-155-tractor/ (accessed: 19.05.2026).

3. HORSCH Pronto 6 DC. Disc seeder. Technical specifications // HORSCH. URL: https://www.horsch.com/us/products/seeding/disk-type-seeders/pronto-6-7-dc (accessed: 19.05.2026).

4. HORSCH Maestro CV/CX. Planting technology. Technical specifications // HORSCH. URL: https://www.horsch.com/en/products/planting/maestro/maestro-cv-cx (accessed: 19.05.2026).

5. Agricultural mechanization. A key input for sub-Saharan African smallholders / B. Sims, J. Kienzle, M. Hilmi. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016. 54 p. URL: https://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/resources/publications/details/en/c/449937/ (accessed: 19.05.2026).

6. Mechanization for rural development: a review of patterns and progress from around the world / ed. by J. Kienzle, J. E. Ashburner, B. G. Sims. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013. 336 p. URL: https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/273809/ (accessed: 19.05.2026).

7. Mobley R. K. Maintenance Fundamentals. 2nd ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2004. 424 p.

8. Mobley R. K. An Introduction to Predictive Maintenance. 2nd ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2002. 438 p.

9. Heywood J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. 2nd ed. New York : McGraw-Hill Education, 2018. 1056 p.

10. Stone R. Introduction to Internal Combustion Engines. 4th ed. London : Palgrave Macmillan, 2012. 516 p.

11. Crouse W. H., Anglin D. L. Automotive Mechanics. 10th ed. New York : McGraw-Hill, 1993. 768 p.

12. ISO 12100:2010. Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction. Geneva : International Organization for Standardization, 2010. 77 p.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. Технічний сервіс машин в агропромисловому комплексі : навч. посіб. / за ред. О. І. Сідашенка. Харків : ХНТУСГ, 2017. 320 с.

19. Ремонт машин та обладнання : підручник / О. І. Сідашенко, О. А. Науменко, А. Я. Поліський та ін. Харків : Міськдрук, 2010. 744 с.

20. Технологія ремонту машин : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, В. О. Лебедєв, О. А. Науменко. Харків : ХНТУСГ, 2015. 270 с.

21. Надійність сільськогосподарської техніки : навч. посіб. / В. Я. Анілович, М. І. Черновол, В. В. Аулін. Кіровоград : КНТУ, 2010. 320 с.

22. Машиновикористання в землеробстві : підручник / В. І. Пастухов, А. Г. Чигрин, П. А. Джолос та ін. Харків : Веста, 2013. 384 с.