

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО – ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно – технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**РЕНОВАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КАПІТАЛЬНОГО
РЕМОНТУ ДВИГУНІВ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ НА
СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

Виконав: студентка 4 курсу, групи АІС-1-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Канципко Михайло Васильович

Керівник: _____ Мельянцов Петро Тимофійович

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО – ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Дудін В. Ю.

(підпис) (прізвище, ініціали)

«___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Канципко Михайлу Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема роботи: «Реновація технологічного процесу капітального ремонту двигунів вантажних автомобілів на сервісних підприємствах»

керівник роботи Мельянцов Петро Тимофійович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«___» _____ 2026 року № _____

2. Строк подання студентом роботи 11.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту Характеристика парку вантажних автомобілів (марки, типи двигунів, кількість, умови експлуатації). Виробнича програма підприємства (річний обсяг ремонтів, структура робіт). Технічні вимоги та нормативи до капітального ремонту двигунів, Існуючий технологічний процес ремонту (операції, обладнання, трудомісткість).

4. Зміст розрахунково – пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз стану технологічних процесів сервісних підприємств з ремонту двигунів. 2. Аргументація проектних рішень та план

виконання робіт 3. Розрахунково-конструкторське обґрунтування стенду для розбирання-складання двигунів вантажних автомобілів. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка. Основні висновки. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Схема процесу. (A1). 2. Технологічне планування відділення (A1). 3. Дефектовочна карта головки блоку. 4. Стенд для розбирання-складання двигунів (A1). 5. Робочі креслення деталей та складальних одиниць (A1). 6. Економічні показники (A1).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1- 4	Мельянцов П. Т., доцент		
нормоконтроль	Івлєв В. В., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 05.05.2026 р.	Виконано
2	Технологічний	до 15.05.2026 р.	Виконано
3	Конструктивний	до 28.05.2026 р.	Виконано
4	Охорона праці	до 01.06.2026 р.	Виконано
5	Економічний	до 04.06.2026 р.	Виконано
6	Графічна частина	до 05.06.2026 р.	Виконано

Студент _____

(підпис)

Канципко М. В. _____

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Мельянцов П. Т. _____

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Канципко М. В. «Реновація технологічного процесу капітального ремонту двигунів вантажних автомобілів на сервісних підприємствах» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Технічний сервіс»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У дипломному проекті досліджено шляхи підвищення результативності функціонування сервісних підприємств, що виконують ремонт двигунів вантажного автотранспорту. Проведено оцінку сучасного рівня технологічних процесів ремонту, визначено їх слабкі сторони та окреслено можливості для вдосконалення. На підставі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність застосування сучасних технологій і сформовано оптимізований технологічний процес відновлення двигунів.

У роботі запропоновано структуру організації робіт сервісного центру, виконано розрахунок річної трудомісткості з її подальшим розподілом за окремими видами робіт. Значну увагу приділено інженерно-конструкторській частині, де розроблено конструкцію стенда для розбирання та складання двигунів вантажних автомобілів. Визначено його основні технічні параметри, принцип дії та забезпечення надійності привідного механізму.

Окрім цього, у проекті розглянуто комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення рівня охорони праці, створення безпечних умов для персоналу та зниження виробничих ризиків. На завершальному етапі виконано оцінку економічної та технічної ефективності запропонованих рішень, що підтверджує доцільність їх впровадження на сучасних сервісних підприємствах.

Ключові слова: ремонт двигунів, підприємство сервісу, технологія ремонту, вантажний транспорт, трудомісткість, виробниче планування, стенд для складання двигунів, охорона праці, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ З РЕМОНТУ ДВИГУНІВ	8
1.1 Актуальність сервісних послуг з відновлення працездатного стану двигунів вантажних автомобілів	8
1.2 Аналіз технічної підготовки при проведенні реноваційних робіт для сервісних підприємств з ремонту двигунів.....	10
1.3 Аналіз технологічних процесів з капітального ремонту двигунів на сервісних підприємств.....	11
1.4 Організація робіт на сервісних підприємств з капітального ремонту двигунів.....	13
1.5 Основні висновки та задачі проекту	15
2. АРГУМЕНТАЦІЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ТА ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБІТ	17
2.1 Обґрунтування прогресивних технологій з ремонту двигунів для сервісних підприємств.....	17
2.2 Розробка загального технологічного процесу	19
2.3 Обґрунтування оптимальної програми робіт сервісного центру та їх річна трудомісткість	21
2.4 Розподіл річної трудомісткості за технологічними групами робіт	23
2.5 Розрахунок технічного забезпечення виробничих ділянок сервісного підрозділу.....	25
2.6 Визначення потреби в кадрових ресурсах для реалізації програми робіт.....	29
2.7 Розрахунок площі відділення ремонту ДВЗ.....	31
3. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКЕ ОБґРУНТУВАННЯ СТЕНДУ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ-СКЛАДАННЯ ДВИГУНІВ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ	34
3.1 Дослідження сучасного стану технічних засобів для розбирання та складання двигунів вантажного транспорту.....	34

	6
3.2 Будова та принцип роботи стенда.....	39
3.2.1 Обґрунтування робочих характеристик та надійності конструкції привода	41
4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛУ В УМОВАХ ВИНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕК	52
4.1 Організація охорони праці сервісному підрозділі з ремонту двигунів..	52
4.2 Вимоги з охорони праці при ремонті двигунів.....	54
4.3 Дії при надзвичайних ситуаціях у виробничому приміщенні	55
5. ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОЄКТУ	57
ВИСНОВКИ ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	63
ЛІТЕРАТУРА	66
ДОДАТКИ.....	67

ВСТУП

Ось суцільний текст вступу, об'єднаний в єдину логічну структуру без зайвих заголовків та списків, що ідеально підходить для пояснювальної записки дипломного проекту:

Стрімкий розвиток ринку вантажних перевезень та зростання інтенсивності експлуатації комерційного транспорту висувають безкомпромісні вимоги до показників технічної готовності автопарків. В умовах високих навантажень та жорстких часових обмежень загальна ефективність логістичних процесів безпосередньо залежить від надійності та безвідмовності силових агрегатів. Постійне ускладнення конструкцій двигунів внутрішнього згорання, впровадження прецизійних систем керування та підвищення екологічних стандартів вимагають безперервного вдосконалення ремонтної бази, що робить обрану тему проекту особливо актуальною. Реновація технологічного процесу капітального ремонту є критично необхідною, оскільки традиційні методи відновлення на багатьох сервісних підприємствах уже не відповідають сучасним технічним допускам, що призводить до скорочення міжремонтного ресурсу вантажівок. Економічна доцільність якісного відновлення двигуна до заводських параметрів є пріоритетною альтернативою заміні агрегату або купівлі нової техніки в умовах дефіциту обігових коштів. У межах проекту особлива увага приділяється створенню спеціалізованих дільниць із високим рівнем чистоти, використанню професійних стендів для розбирання-складання, а також обов'язковому впровадженню обладнання для холодної та гарячої обкатки. Такий підхід не лише гарантує якість виконаних робіт, а й створює потенціал для отримання додаткового прибутку через надання послуг стороннім організаціям. Підвищення ефективності ремонтних процесів у даній роботі досягається шляхом комплексного оновлення парку обладнання, оптимізації планування робочих зон та впровадження прогресивних технологічних регламентів, що в сукупності забезпечує високу конкурентоспроможність сучасного сервісного підприємства.

1. АНАЛІЗ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ З РЕМОНТУ ДВИГУНІВ

1.1 Актуальність сервісних послуг з відновлення працездатного стану двигунів вантажних автомобілів

На сучасному етапі розвитку автомобільного транспорту актуальність послуг із відновлення двигунів вантажівок зумовлена насамперед економічною стратегією власників автопарків та критичним станом рухомого складу. Статистичні дані підтверджують значний попит на капітальний ремонт: станом на 2024–2025 роки середній вік вантажних автомобілів (масою понад 3,5 т) на внутрішньому ринку України становить близько 18,5–19 років. Для порівняння, середній вік вантажівок у Європейському Союзі складає 13,9 року, що також свідчить про загальну тенденцію до старіння техніки в регіоні [1, 2].

Високий ступінь зношеності парку в поєднанні з обмеженими темпами його оновлення - обсяг ринку нових вантажівок у 2025 році скоротився на 5% порівняно з попереднім роком - робить реновацію двигунів життєво важливою для функціонування транспортної галузі. Вантажний автомобіль - це інструмент отримання прибутку, де кожна година простою через несправність силового агрегату призводить до значних фінансових втрат. Оскільки вартість нового двигуна сучасного вантажного автомобіля може становити від 30% до 50% вартості всієї машини, професійне відновлення його ресурсу до рівня 80–90% від заводського є найбільш економічно обґрунтованим рішенням. [3, 4]

Технічний аспект актуальності полягає у зміні концепції експлуатації. Сучасні дизельні двигуни вантажівок надзвичайно чутливі до якості палива та регламентів обслуговування. Можливість повернути двигуну його початкові параметри шляхом капітального ремонту дозволяє перевізникам значно знизити собівартість логістики. Крім того, актуальність послуг підсилюється такими чинниками:

Дефіцит нових транспортних засобів: імпорт вживаної техніки (середній вік якої становить 7,9–9,3 року) лише частково задовольняє попит, залишаючи значну частку ринку для послуг із відновлення агрегатів «вікових» авто.

Екологічні вимоги: підтримка екологічних стандартів (Euro-5 та Euro-6) є критичною для міжнародних перевезень, що неможливо без прецизійного налаштування та ремонту ДВЗ.

Розвиток технологій: використання сучасного обладнання для механічної обробки та діагностики дозволяє проводити ремонт із точністю, яка раніше була доступна лише заводам-виробникам. [5, 6]

Для обґрунтування доцільності реновації технологічного процесу було проведено порівняльний аналіз витрат на прикладі двигунів вантажних автомобілів європейського виробництва (класу MAN, Volvo, Scania) за цінами 2024–2025 років. Результати аналізу наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Порівняльна характеристика варіантів відновлення працездатності ДВЗ

Показник порівняння	Капітальний ремонт (Реновація на підприємстві)	Придбання нового оригінального двигуна	Купівля вживаного двигуна
Середня вартість, грн	180 000 – 260 000	900 000 – 1 300 000	250 000 – 480 000
Відносна вартість (% від нового)	20–25%	100%	30–45%
Міжремонтний ресурс (%)	85–95%	100%	30–60% (непередбачувано)
Гарантійні зобов'язання	6–12 міс. (прозорі умови)	24–36 міс. (заводська гарантія)	14 днів (на встановлення)
Ризик прихованих дефектів	Мінімальний (контроль усіх етапів)	Відсутній	Дуже високий
Вплив на екологічні показники	Повне відновлення до норм Euro-5/6	Відповідність паспортним нормам	Невідповідність через зношеність

Аналіз даних таблиці 1.1 дозволяє зробити висновок, що реновація двигуна на базі сучасного сервісного підприємства є найбільш збалансованим рішенням. При витратах, що не перевищують чверті вартості

нового агрегату, власник отримує відновлений вузол із ресурсом, що майже не поступається новому.

Таким чином, створення високотехнологічних сервісних дільниць для ремонту ДВЗ є стратегічно важливим напрямком. Це дозволяє підприємству не лише задовольнити попит на якісний ремонт в умовах старіння автопарку, а й інтегруватися у ринок вторинних послуг, таких як обкатка та випробування агрегатів, що суттєво підвищує загальну рентабельність сервісного центру.

1.2 Аналіз технічної підготовки при проведенні реноваційних робіт для сервісних підприємств з ремонту двигунів

Технічна підготовка виробництва при реновації двигунів вантажних автомобілів є складним комплексом заходів, що визначає кінцевий ресурс відновленого агрегату. На відміну від поточного ремонту, реновація передбачає повне відновлення технічних характеристик ДВЗ до параметрів, максимально наближених до заводських. Це вимагає впровадження суворого регламенту підготовчих операцій, які можна розділити на три ключові блоки: інформаційний, метрологічний та технологічний.

Інформаційно-нормативна підготовка полягає у забезпеченні підприємства актуальною технічною документацією від виробників (Service Manuals). Враховуючи різноманітність моделей двигунів (Euro-5, Euro-6), критично важливим є доступ до баз даних із параметрами моментів затяжки, теплових зазорів та ремонтних розмірів. Без належної інформаційної підтримки неможливо забезпечити прецизійну точність складання сучасних систем Common Rail або складних механізмів газорозподілу [7].

Метрологічна підготовка та діагностика є найбільш відповідальним етапом. Аналіз показує, що понад 40% передчасних відмов двигунів після ремонту стаються через помилки на етапі дефектування. Сучасна технічна підготовка вимагає використання: високоточних інструментів (мікрометрів, нутромірів із ціною поділки 0,01 мм) для оцінки геометрії циліндрів та ліжок

колінчастого вала; методів неруйнівного контролю (ультразвукова або магнітно-порошкова дефектоскопія) для виявлення мікротріщин у блоці та головці циліндрів; стендів для перевірки герметичності (опресування) сорочок охолодження під тиском та при робочих температурах.

Технологічна підготовка чистоти середовища (так звана «стерильність» процесу). Аналіз сучасних сервісних стандартів підтверджує, що присутність навіть незначних абразивних часток після обробки деталей може скоротити ресурс ДВЗ у кілька разів. Тому технічна підготовка реноваційних робіт обов'язково включає [8]:

1. Багаторівневу мийку: використання автоматичних мийних машин струменевого типу та ультразвукових ванн для видалення нагару та металевої стружки з каналів змащення.

2. Організацію зон збирання: створення ізолюваних ділянок із контрольованим пиловим режимом, де виключено проведення шліфувальних чи зварювальних робіт.

Завершальним етапом технічної підготовки є забезпечення стендовим обладнанням. Реновація вважається незавершеною без проведення холодної та гарячої обкатки. Це дозволяє не лише перевірити герметичність з'єднань та тиск оливи, а й провести припрацювання деталей у контрольованих режимах, що виключає ризик заклинювання двигуна при першому запуску безпосередньо на автомобілі.

Таким чином, аналіз підтверджує, що висока якість реноваційних робіт на сервісному підприємстві можлива лише за умови комплексної технічної підготовки, яка поєднує сучасне діагностичне обладнання, культуру виробництва та суворе дотримання технологічної дисципліни.

1.3 Аналіз технологічних процесів з капітального ремонту двигунів на сервісних підприємств

Технологічний процес капітального ремонту (реновації) двигунів вантажних автомобілів є послідовністю організаційних та технічних

операцій, спрямованих на повне відновлення вихідних експлуатаційних характеристик агрегату. Стандартна схема процесу на сучасних сервісних підприємствах включає: приймання та зовнішню мийку, розбирання, дефектування деталей, відновлення або заміну компонентів, складання, випробування (обкатку) та фарбування.

Проте аналіз діяльності більшості вітчизняних сервісних центрів та авторемонтних дільниць виявляє низку системних недоліків у наявних технологічних процесах, які негативно впливають на якість та собівартість робіт.

На багатьох підприємствах досі використовується ручна мийка або мийка під тиском без застосування спеціалізованих хімічних реагентів. Це не дозволяє повністю видалити внутрішні відкладення та нагар у важкодоступних каналах системи змащення та охолодження, що згодом стає причиною швидкого забруднення нової оливи та абразивного зносу деталей.

Одним із головних недоліків є суміщення операцій розбирання (брудний етап) та складання двигуна в одному приміщенні. Пил, металева стружка від металообробних верстатів та інші забруднення неминуче потрапляють на прецизійні поверхні вкладишів, шийок колінчастого вала та в циліндри. Для сучасних двигунів стандарту Euro-5 та Euro-6, де допуски обчислюються мікронами, така організація праці є неприпустимою.

На багатьох дільницях діагностика зносу проводиться вибірково або за допомогою застарілого вимірювального інструменту з низьким класом точності. Часто ігнорується перевірка на наявність прихованих мікротріщин у блоках та головках циліндрів (відсутність стендів для опресування), що призводить до виходу двигуна з ладу невдовзі після капітального ремонту.

Типовим недоліком є нехтування використанням регламентованого спеціалізованого інструменту (динамометричних ключів, фіксаторів, оправлення) та недотримання черговості затягування нарізних з'єднань. Використання пневмоінструменту для фінішної затяжки відповідальних вузлів призводить до деформацій та нерівномірного розподілу навантажень.

Найбільш критичним недоліком існуючих процесів є відсутність фінішної обкатки двигуна на стенді. Встановлення неперевіреного агрегату безпосередньо на автомобіль підвищує ризик виникнення поломок під навантаженням. Без гарячої обкатки неможливо перевірити роботу двигуна на різних температурних режимах, налаштувати паливну апаратуру та вчасно виявити течі робочих рідин.

Хаотичне розташування обладнання призводить до зайвих переміщень важких деталей, що збільшує трудовитрати та час перебування двигуна в ремонті. Відсутність сучасних засобів малої механізації (кантувачів, траверс) підвищує травматизм та ризик пошкодження деталей при транспортуванні.

Виявлені недоліки підтверджують необхідність глибокої реновації технологічного процесу. Основними напрямками вдосконалення мають стати: розмежування зон розбирання та складання, впровадження високоточного діагностичного обладнання та обов'язкова інсталяція випробувальних стендів для фінішної перевірки ДВЗ.

1.4 Організація робіт на сервісних підприємств з капітального ремонту двигунів

Ефективність реновації двигунів вантажних автомобілів залежить не лише від технічного оснащення, а й від раціональної моделі організації праці. На сучасних сервісних підприємствах організація робіт базується на принципах спеціалізації та кооперації, де кожен етап відновлення агрегату має бути чітко регламентований у часі та закріплений за відповідальними виконавцями.

Аналіз показує, що більшість підприємств використовують агрегатно-дільничний метод організації, за якого ремонт виконується на спеціалізованих постах. Проте детальний розгляд організаційної структури виявляє низку суттєвих недоліків, що знижують продуктивність дільниці.

Одним із головних організаційних недоліків є хаотичне розташування постів розбирання, мийки та дефектування. Часто шляхи переміщення

брудних деталей перетинаються з потоками вже відновлених вузлів, що призводить до вторинного забруднення та порушення технологічної послідовності. Відсутність чіткої маркувальної системи та спеціалізованої тари для зберігання деталей одного двигуна часто стає причиною пересортиці компонентів.

На багатьох сервісах один і той самий працівник виконує і брудні роботи (розбирання, очищення), і прецизійні операції (складання, регулювання). Це суперечить принципам професійної спеціалізації та негативно позначається на якості складання. Організація робіт часто не передбачає системного навчання персоналу роботі з новими типами двигунів, що призводить до помилок при налаштуванні складних систем Euro-5/6.

Часто процес ремонту зупиняється через відсутність необхідних деталей на складі. Відсутність оперативного зв'язку між відділом дефектування та відділом закупівель створює значні простой обладнання (до 30–50% від загального часу ремонту). Організаційна модель «замовлення деталей після розбирання» без наявності страхового запасу витратних матеріалів (прокладок, вкладишів, гільз) суттєво подовжує термін перебування автомобіля в ремонті.

На більшості підприємств відсутні сучасні нормативи часу на виконання конкретних операцій реновації. Використання застарілих норм радянських часів або робота без нормування взагалі призводить до нерівномірного завантаження працівників. Відсутність фінансової мотивації за дотримання термінів та відсутність рекламацій (повернень) знижує особисту відповідальність персоналу за якість.

Організація документообігу на багатьох дільницях досі ведеться в паперовому вигляді. Відсутність цифрового обліку результатів дефектування, використаних запчастин та параметрів обкатки не дозволяє вести історію ремонту конкретного двигуна та аналізувати причини виникнення типових несправностей.

Часто робочі місця не укомплектовані повним набором необхідного інструменту, що змушує майстрів витрачати час на пошук або очікування

загальних пристосувань. Відсутність стендів-кантувачів, ергономічних верстатів та належного освітлення підвищує втомлюваність персоналу та ризик травматизму.

Для успішної реновації технологічного процесу необхідно кардинально переглянути організаційну модель дільниці. Ключовими кроками мають стати: впровадження спеціалізованих робочих місць, розробка сучасної системи логістики запчастин, цифровізація обліку та розмежування функцій персоналу. Це дозволить не лише скоротити термін ремонту на 20–30%, а й суттєво підвищити надійність відрновлених двигунів.

1.5 Основні висновки та задачі проекту

На основі проведеного аналізу в першому розділі, можна сформулювати ключові висновки та визначити завдання, які необхідно вирішити в дипломному проєкті.

1. Економічна стратегічна значущість: В умовах критичного старіння парку вантажних автомобілів в Україні (середній вік ~19 років) та високої вартості нових агрегатів, реновація двигунів є найбільш рентабельним способом підтримки працездатності транспорту, дозволяючи заощадити до 75% коштів порівняно з купівлею нового ДВЗ.

2. Технологічна невідповідність: Існуючі процеси на більшості підприємств мають критичні недоліки: відсутність «стерильних» зон складання, застарілі методи мийки та дефектування, а головне — відсутність стендів для обкатки, що не дозволяє гарантувати якість ремонту сучасних двигунів Euro-5/6.

3. Організаційна неефективність: Низький рівень цифровізації, хаотична внутрішня логістика та суміщення брудних і чистих операцій призводять до значних простоїв і зниження ресурсу відрновлених двигунів.

4. Ринковий потенціал: Наявність професійного стендового обладнання для обкатки дозволяє підприємству не лише задовольняти власні потреби, а й

надавати додаткові послуги стороннім організаціям, підвищуючи свою конкурентоспроможність.

З огляду на виявлені недоліки, основними завданнями дипломного проекту є:

1. Розробити вдосконалену технологічну схему капітального ремонту ДВЗ, яка передбачає чітке зонування та дотримання принципів технічної чистоти.

2. Спроекувати спеціалізовану ділянку з реновації двигунів, впровадивши сучасне мийне, діагностичне та складальне обладнання.

3. Обґрунтувати та розрахувати впровадження стенду для проведення розбирально-складальних робіт.

4. Оптимізувати організаційну структуру ділянки: розрахувати необхідну кількість персоналу, та основного обладнання.

- 5 Провести розрахунок економічної ефективності запропонованих рішень, визначити термін окупності нового обладнання та потенційне зростання продуктивності праці.

2. АРГУМЕНТАЦІЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ТА ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБІТ

2.1 Обґрунтування прогресивних технологій з ремонту двигунів для сервісних підприємств

На основі проведеного аналізу існуючих технологічних процесів, для забезпечення конкурентоспроможності сервісного підприємства та досягнення ресурсу двигуна на рівні 90–95% від заводського, необхідно впровадити низку прогресивних технологічних рішень. Реновація процесу має базуватися на переході від «ремонту за станом» до «прецизійного відновлення».

Для комплексного впровадження ефективних рішень доцільно об'єднати організаційну модель та технологічний ланцюжок у єдину високопродуктивну систему.

Для сервісного підприємства, що прагне максимальної рентабельності, пропонується наступна комбінація.

Метод ремонту: Знеособлений (агрегатний). Це дозволяє створити обмінний фонд уже відновлених двигунів. Клієнт здає несправний ДВЗ і одразу (або в короткий термін) отримує аналогічний відновлений, що скорочує простій вантажівки з тижнів до 1–2 днів [9].

Метод організації праці: Агрегатно-вузловий. Дільниця розділяється на спеціалізовані пости: пост ГБЦ, пост паливної апаратури, пост кривошипно-шатунного механізму. Це підвищує якість складання за рахунок вузької спеціалізації майстрів.

Спосіб розміщення: Тупіковий (на універсальних постах-стапелях). Для капітального ремонту двигунів вантажівок потокова лінія (конвеєр) є недоцільною через велику різноманітність моделей. Тупіковий метод на базі пересувних стапелів дозволяє гнучко працювати з різними ДВЗ одночасно.

До найбільш ефективних заходів, що значно вдосконалять технологічний процес з ремонту двигунів слід віднести мийно-очисні операції.

Замість ручного очищення обґрунтовано використання двоступеневої системи: спочатку автоматична мийка гарячим лужним розчином під тиском для видалення мастильних нашарувань, а потім - ультразвукова ванна для прецизійної очистки масляних каналів колінчастого вала та блоку від прикиплого нагару та лакових відкладень. Це гарантує ідеальну чистоту перед складанням.

Прогресивним кроком є обов'язкова діагностика деталей на герметичність та наявність втомних тріщин. Використання стендів для «гарячого» опресування (випробування ГБЦ та блоку в гарячій воді під тиском повітря) дозволяє виявити дефекти, які проявляються лише при робочих температурах, що виключає ризик повторного розбирання двигуна через потрапляння антифризу в оливу.

Обґрунтовано виділення окремої зони для складання ДВЗ із надлишковим тиском повітря та системою фільтрації. Це виключає потрапляння пилу та абразиву на дзеркало циліндра та вкладиші. Використання професійних стапелів-кантувачів із черв'ячною передачею дозволяє складальнику мати вільний доступ до будь-якої точки двигуна, забезпечуючи дотримання моментів затягування згідно з електронними картами виробника.

Замість простої заміни дорогих вузлів обґрунтовано застосування технологій напилення (плазмового або газополум'яного) та лазерної наплавки для відновлення посадкових місць під підшипники та шийок валів. Це дозволяє повернути деталь у номінальний розмір, зберігаючи її структурну міцність.

Найбільш прогресивним заходом є інсталяція універсального обкатно-гальмівного стенду.

Холодна обкатка (примусове обертання електродвигуном) забезпечує початкове припрацювання пар тертя та перевірку роботи масляного насоса.

Гаряча обкатка (робота під власним паливом із навантаженням) дозволяє перевірити герметичність систем, відрегулювати паливну апаратуру та переконатися у відсутності сторонніх шумів до моменту встановлення ДВЗ на автомобіль.

Використання інструменту з цифровою індикацією та можливістю вивантаження звіту про затяжку кожної гайки в електронний паспорт двигуна створює систему персональної відповідальності майстра та гарантує відсутність «людського фактору».

Впровадження вищезазначених заходів дозволяє перетворити сервісне підприємство на сучасний реноваційний центр. Це забезпечує стабільно високу якість робіт, скорочує термін виконання замовлення та мінімізує кількість гарантійних рекламаций, що є критично важливим для утримання великих корпоративних клієнтів (логістичних компаній).

2.2 Розробка загального технологічного процесу

Загальний технологічний процес можна представити у вигляді «маршрутної карти» реновації, яка впроваджується на проектованому сервісному центрі.

Для забезпечення високої продуктивності за основу беремо агрегатно-вузловий метод із елементами знеособленого ремонту (для створення обмінного фонду).

Загальна технологічна послідовність реновації двигунів на сервісному підприємстві представлена у вигляді наступних етапів.

Приймання та зовнішня очистка. Оформлення документації: Перевірка серійних номерів, оцінка комплектності та зовнішніх пошкоджень. Очистка ДВЗ у камері струменевого типу (температура розчину 80-90°C) для видалення дорожнього бруду та мастила.

Розбирання на вузли та деталі. Зливання залишків технічних рідин. Демонтаж навісного обладнання (паливна апаратура, турбокомпресор, генератор). Повне розбирання базового блоку на стаціонарному кантувачі.

Підпрозбиральні операції: Випресовування гільз, вилучення заглушок масляних каналів, демонтаж форсунок охолодження поршнів.

Прецизійна очистка та дефектування. Ультразвукова очистка: Видалення твердих вуглецевих відкладень з масляних каналів та внутрішніх порожнин. Метрологічний контроль: Вимірювання геометрії гільз, шийок колінчастого вала, ліжок блоку циліндрів. Неруйнівний контроль: Опресування ГБЦ та блоку в термостатній ванні для виявлення прихованих тріщин. Сорткування: Розподіл деталей на три групи: придатні, такі, що підлягають відновленню, та брак.

Комплектування та відновлення деталей. Направлення бракованих деталей на склад брукху та отримання нових зі складу запчастин. Механічна обробка відновлюваних деталей (шліфування валів, хонінгування циліндрів). Формування «Ремонтного комплекту»: Всі деталі одного двигуна збираються на спеціалізованому візку-стелажі.

Складання агрегату (у «стерильній зоні»). Встановлення колінчастого вала та гільзо-поршневої групи з контролем зазорів. Використання електронних динамометричних ключів для контролю моменту затяжки болтів ГБЦ та корінних підшипників. Монтаж навісного обладнання та перевірка фаз газорозподілу.

Випробування та обкатка (Контроль якості). Холодна обкатка: Перевірка механічних втрат на тертя та функціонування системи змащення (30-60 хв). Гаряча обкатка: Запуск двигуна на стенді під навантаженням. Контроль температури, тиску, відсутності витоків та аналіз димності вихлопу. Зняття характеристик потужності та їх порівняння з заводськими даними.

Фінішні операції. Зовнішня антикорозійна обробка та фарбування термостійкою емаллю. Пломбування відповідальних вузлів. Складання паспорта відновленого двигуна з роздруківкою параметрів обкатки.

Незважаючи на тупікове розміщення стапелів, рух деталей між мийкою, дефектуванням та складанням організовано за лінійним принципом без зустрічних потоків «брудного» та «чистого».

Завдяки обов'язковому опресуванню та стендовій обкатці, ймовірність повернення двигуна за рекламацією знижується на 80–90%.

Виділення етапу підпрозбиральних операцій та прецизійної очистки дозволяє працювати з сучасними двигунами Euro-6, де чистота каналів є критичною.

2.3 Обґрунтування оптимальної програми робіт сервісного центру та їх річна трудомісткість

Для розрахунку річної програми з ремонту двигунів для автомобільного парку сервісного підприємства та кількісного складу автомобілів, що підпадають до зони обслуговування сервісного підрозділу, що проектується проведемо їх аналіз, а для визначення кількості ремонтів використаємо формулу [9]:

$$N_P = \frac{A \cdot L_{рик} \cdot K_1 \cdot K_2}{L_{мр}}, \quad (2.1)$$

де A - кількість автомобілів вантажного парку, що закріплені за сервісним центром (або потенційна місткість ринку);

$L_{рик}$ - середньорічний пробіг одного автомобіля, км;

$L_{мр}$ - міжремонтний пробіг двигуна до капітального ремонту (для сучасних вантажівок складає 500–800 тис. км);

K_1 - коефіцієнт, що враховує частку автомобілів, двигуни яких реально потребуватимуть капітального ремонту в поточному році ;

K_2 - коефіцієнт охоплення ринку (частка клієнтів, які звернуться до сервісу), ($K_2 = 1,0$).

Наприклад для автомобілів марки MAN річна кількість двигунів, які потребують ремонту складе:

$$N_P^{MAN} = \frac{125 \cdot 100000 \cdot 1 \cdot 1,0}{450000} \approx 30 \text{ дв.}$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших марок автомобілів, а результати зводяться до (таблиці 2.1)

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків річної програми ремонту двигунів для сервісного центру

Категорія	Марка автомобіля	Тип двигуна (приклад)	Частка в програмі, %	Кількість ремонтів на рік (од.)
Закордонні (70%)	MAN	D2066 / D2676	25%	30
	DAF	MX-11 / MX-13	20%	24
	Volvo / Renault	D11 / D13	15%	18
	Mercedes-Benz	OM 470 / OM 471	10%	12
Вітчизняні / СНД (30%)	МАЗ	ЯМЗ-651 / 658	15%	18
	КрАЗ / КамАЗ	ЯМЗ-238 / КамАЗ-740	10%	12
	ГАЗ (Валдай/Газель)	Cummins ISF	5%	6
УСЬОГО			100%	120

Отже річна програма ремонту двигунів для сервісного підрозділу становить 120 двигунів.

Для визначення річної трудомісткості робіт застосуємо вираз:

$$T_P = N_P \cdot t \cdot K_M \cdot K_C, \quad (2.2)$$

де N_P - розрахована річна програма (кількість ДВЗ);

t - нормативна трудомісткість капітального ремонту однієї одиниці (двигуна даного типу), люд-год ($t = 80 \text{ люд.} - \text{год}$);

K_M - коефіцієнт механізації (враховує зниження трудовтрат завдяки впровадженню нового обладнання: стендів, ультразвукових мийок тощо, $K_M = 0,85 \dots 0,95$).

K_C - коефіцієнт, що враховує складність робіт (наприклад, для двигунів Euro-6 він може бути $K_C > 1$ через підвищену кількість операцій).

$$T_p = 120 \cdot 80 \cdot 0,90 \cdot 1,1 \approx 10000 \text{ люд.} - \text{год.}$$

Таким чином річна трудомісткість сервісного підрозділу з капітального ремонту двигунів буде становити $T_p \approx 10000 \text{ люд.} - \text{год.}$

2.4 Розподіл річної трудомісткості за технологічними групами робіт

Визначення трудомісткості робіт за їх видами формується виходячи із особливостей технологічного процесу, який передбачається організувати на сервісному підприємстві з капітального ремонту двигунів, що проектується.

Проведемо розподілення трудомісткості згідно типових норм на види робіт для підрозділів з капітального ремонту двигунів (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Розподіл трудомісткості робіт в сервісному підрозділі за їх видами

№ з/п	Найменування технологічного етапу (робіт)	Частка в загальному обсязі, %	Трудомісткість, люд.-год
1	Приймання, зовнішня мийка та очистка	5%	500
2	Розбирання двигуна на вузли та деталі	12%	1200
3	Підпрозбиральні операції та ультразвукова очистка	8%	800
4	Дефектування, метрологічний контроль та опресування	12%	1200
5	Механічна обробка та відновлення деталей	18%	1800
6	Комплектування та підготовка до складання	5%	500
7	Прецизійне складання (у «чистій зоні»)	25%	2500
8	Стендова обкатка та випробування ДВЗ	10%	1000
9	Фінішне фарбування, консервація та пакування	5%	500
УСЬОГО		100%	10000

Етап складання (25%) є найбільш трудомістким, оскільки реновація передбачає використання високоточного інструменту, контроль усіх зазорів та моментів затяжки, що потребує значних часових витрат.

Механічна обробка (18%) враховує час на шліфування колінчастих валів, хонінгування блоків та ремонт ГБЦ, так як ці операції виконуються безпосередньо на дільниці.

Представлене розподілення трудомісткості в вигляді лінійчатої гістограми на (рисунку 1) дає більш наглядну картину.



Рисунок 2.1 – Лінійчата гістограма розподілення трудомісткості ремонтних робіт за їх видами

Із аналізу гістограми чітко проглядаються резерви скорочення тривалості знаходження двигуна в ремонті. До них слід віднести поєднання операцій комплектування з операціями дефектації для деталей які є придатними і зразу можуть транспортуватися на комплектувальну дільницю або пост.

Актуальним являється проведення відновлювальних операцій на які припадає трудомісткість до 1800 люд.-год. Їх бажано проводити паралельно по відношенню до операцій згідно технології виконання робіт, що значно скоротить їх тривалість.

2.5 Розрахунок технічного забезпечення виробничих дільниць сервісного підрозділу

Ключовим етапом проектування дільниці є формування її технічного оснащення через розрахунок необхідного числа верстатів та стендів. При підборі обладнання важливо дотримуватися балансу: надлишок техніки провокує не ефективне використання площ і зайві амортизаційні нарахування, тоді як її брак унеможлиблює дотримання встановленої технології ремонту

Кількісний склад технічного оснащення дільниці залежить від співвідношення між річним планом робіт і часовим ресурсом обладнання. Технологічно необхідний мінімум (одна одиниця) приймається тоді, коли фонд часу покриває всю трудомісткість операцій. В іншому випадку кількість одиниць устаткування розраховується за формулою, що враховує інтенсивність їх використання та коефіцієнт завантаження виробничих потужностей.

Організація дільниці реновації двигунів передбачає ретельний підбір мийних установок як фундаментального обладнання, що регламентує швидкість проведення подальшої дефектоскопії. Кількість одиниць мийного парку дискретної дії обчислюється за такою формулою:

$$n_m = \frac{G_{zag} \cdot t_{цикл}}{\Phi_{д.об} \cdot q_{зав} \cdot k_g \cdot \eta_{\chi}}, \quad (2.3)$$

де G_{zag} - загальна вага деталей та складальних одиниць, що проходять стадію очищення протягом року, кг; $t_{цикл}$ - часовий інтервал одного повного циклу миття (рекомендується приймати $t < 0,5 год.$); $\Phi_{д.об}$ - реальний річний бюджет робочого часу установки з огляду, год ($\Phi_{д.об} = 1500 год.$); $q_{зав}$ - максимальна вага разового завантаження деталей у мийну камеру або ванну, кг ($q_{зав} = 500 кг$); k_g - показник заповнення корисної ємності, що

визначається геометрією та щільністю розстановки вузлів ($k_g = 0,6 \dots 0,8$); η_q - коефіцієнт експлуатаційного використання техніки за часом ($\eta_q \approx 0,9$).

Річний обсяг маси об'єктів миття, що надходять на дільницю реновації, розраховується за формулою:

$$G_{\text{заг}} = k_{\text{дв}} \cdot G_{\text{дв}} \cdot N_{\text{дв}}, \quad (2.4)$$

де: $k_{\text{дв}}$ - питома частка деталей двигуна, які потребують миття

($k_{\text{дв}} = 0,6 \dots 0,8$); $G_{\text{дв}}$ - маса двигуна, кг ($G_{\text{дв}} = 1500 \text{ кг}$); $N_{\text{дв}}$ - річна програма з ремонту двигунів, шт. ($N_{\text{дв}} = 120 \text{ од.}$).

В відповідності до (2.4) загальна маса об'єктів очищення складе:

$$G_{\text{заг}} = 0,7 \cdot 1500 \cdot 120 = 126000 \text{ кг.}$$

Тоді кількість машин згідно (2.3) дорівнює

$$n_m = \frac{126000 \cdot 0,4}{1500 \cdot 500 \cdot 0,7 \cdot 0,9} = 0,2 \approx 1 \text{ мийна машина}$$

Для реалізації операцій з очищення агрегатів і компонентів ДВЗ передбачено використання однієї мийної установки марки ОМ-1366Г-01.

Кількість ванн для виварювання корпусних деталей двигунів визначається за виразом:

$$n_{\text{вув}} = \frac{M_g}{\Phi_{\text{д.об}} \cdot g_g \cdot k_g \cdot \eta_q}, \quad (2.5)$$

де M_g - маса деталей, для виварювання, кг ($M_g = 60000 \text{ кг.}$);

g_g - вага деталей, що завантажуються на один цикл ($g_g = 200 \text{ кг.}$).

$$n_{\text{вив}} = \frac{60000 \cdot 1,0}{1500 \cdot 200 \cdot 0,7 \cdot 0,9} = 0,3 \approx 1 \text{ ванна}$$

З метою забезпечення якісної підготовки деталей прийнято до експлуатації одну одиницю виварочного обладнання моделі ОМ-12190.

Додаткове оснащення мийної зони формується згідно зі специфікацією технологічного процесу реновації.

Визначення кількості постів для стендових випробувань та обкатки відновлених ДВЗ базується на такому математичному виразі:

$$S_c = \frac{N_p \cdot t_g \cdot c}{T \cdot \eta_{cm}},$$

де t_g - тривалість обкатки за наявності монтажно-демонтажних операцій, ($t_g = 2,9 \text{ год.}$);

c - показник, що враховує необхідність повторного застосування стенда, ($c = 1,1$);

η_{cm} - показник експлуатації обладнання, ($\zeta_g = 0,9 \dots 0,99$);

де T - дійсний річний фонд часу роботи ремонтного підприємства, ($T = 1500 \text{ год.}$);

N_p - число ремонтів, ($N_p = 120 \text{ од.}$).

За таких умов чисельність обкатних стендів становитиме:

$$S_c = \frac{120 \cdot 2,9 \cdot 1,1}{1500 \cdot 0,9} = 0,3 \approx 1 \text{ стенд}$$

Для виконання обкатних та випробувальних операцій у відділенні з річним темпом роботи 120 двигунів обґрунтовано вибір одного комплекту обладнання КИ-5540М.

Для розрахунку оптимальної кількості металорізального устаткування застосуємо методику, що базується на врахуванні річної трудомісткості операцій з механічної обробки деталей:

$$n_{\epsilon} = \frac{T_{\text{верст}}}{\Phi_{\text{д.об}} \cdot k_{\text{нер}} \cdot \eta_3}, \quad (2.8)$$

де: $T_{\text{верст}}$ - сумарна річна трудомісткість станочних робіт за їх видами, люд.-год, ($T_{\text{верст}} = 1800,0$ люд.-год); $\Phi_{\text{д.об}}$ - фактичний річний фонд часу експлуатації верстата з урахуванням прийнятого режиму змінності, год ($\Phi_{\text{д.об}} = 1500$ год); $k_{\text{нер}}$ - коефіцієнт, що враховує календарну нерівномірність завантаження виробничих потужностей ($k_{\text{нер}} = 0,8 \dots 0,9$); η_3 - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання за часом ($\eta_3 = 0,8 \dots 0,9$).

$$n_{\epsilon} = \frac{1800,0}{1500 \cdot 0,85 \cdot 0,85} = 1,7 \approx 2 \text{ од.}$$

Для виконання верстатних операцій направлених на механічну обробку деталей при їх відновленні і виготовленні необхідно мати дві одиниці металооброблювальних верстатів. До них слід віднести: верстат токарно-гвинторізний верстат 1А616; вертикально-фрезерний 6Р160. Додатково відповідно до технологічного процесу приймаємо верстат для розточення циліндрів двигунів 278Н, верстат для полірування циліндрів двигунів 3833М, верстат для перешліфування колін валів, верстат для шліфування клапанів ОПР-823, верстат свердлильний 2С132, верстат заточний ТШ-3.

Число кран-балок та консольних кранів у відділенні визначається без розрахунку з врахуванням прийнятої схеми технологічного процесу ремонту.

В процесі проведення ремонтних робіт застосовують основне та допоміжне обладнання [5].

Згідно існуючих видів устаткування та способів його підбору, враховуючи вимоги технологічного процесу проведення ПР, підберемо необхідне технологічного встаткування розміщеного на ділянці ремонту двигунів і представимо його в (додатку А).

Склад технологічного оснащення та пристроїв визначається без проведення математичних обчислень, а виключно з умов повноцінного виконання всього комплексу ремонтних робіт. Його перелік і кількісний склад наводиться в (додатку Б).

Підйомне - транспортне обладнання, яке задіяне при проведенні ремонтних робіт і організаційна оснастка виробничого підрозділу наведені в (додатку В).

2.6 Визначення потреби в кадрових ресурсах для реалізації програми робіт

Для розрахунку кількості персоналу для спеціалізованого сервісного підрозділу з ремонту двигунів використаємо вихідні дані: річна трудомісткість $T_{PIЧ} = 10000 \text{ люд.} - \text{год}$

Для визначення кількості робітників використовуємо дві величини: технологічно необхідну (явочну) та штатну (спискову). Вихідні дані:

$T_{PIЧ} = 10000 \text{ люд.} - \text{год}$; Φ_n (номінальний фонд часу) = 2015 год;
 Φ_o (дійсний фонд часу) $\approx 1840 \text{ год.}$; $K_{вн}$ (коефіцієнт виконання норм) = 1,05.
 Явочна чисельність (Ня):

$$N_{я} = \frac{T_{PIЧ}}{\Phi_n \cdot K_{вн}} = \frac{10000}{2015 \cdot 1,05} = 4,72 \approx 5 \text{ роб.}, \quad (2.6)$$

Приймаємо 5 осіб.

Штатна чисельність (Ншт):

$$N_{шт} = \frac{T_{PIЧ}}{\Phi_o \cdot K_{вн}} = \frac{10000}{1840 \cdot 1,05} = \frac{10000}{1932} \approx 5,17, \quad (2.7)$$

Приймаємо 5 осіб з врахуванням можливості перенавантаження одного робітника до 15%, що на п'ятьох робочих складе по 3%.

Отже технологічно необхідна кількість основних робітників для сервісного підрозділу складе 5 осіб. В відповідності до виду робіт та їх трудомісткості проведемо розподілення робочих за робочими постами (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3- Розрахунок кількості робітників за видами робі

№ з/п	Найменування (робіт)	Трудомісткість, люд.-год	Розрахункова кількість (Рт)	Прийнята кількість (Рп)
1	Приймання, зовнішня мийка та очистка	500	0,26	-
2	Розбирання двигуна на вузли та деталі	1200	0,62	1
3	Підпрозбиральні операції та ультразвукова очистка	800	0,41	-
4	Дефектування, метрологічний контроль та опресування	1200	0,62	1
5	Механічна обробка та відновлення деталей	1800	0,93	1
6	Комплектування та підготовка до складання	500	0,26	-
7	Прецизійне складання (у «чистій зоні»)	2500	1,29	1
8	Стендова обкатка та випробування ДВЗ	1000	0,52	1
9	Фінішне фарбування, консервація та пакування	500	0,26	-
Усього		10000	5	5

З проведених розрахунків випливає, що для рівномірного розподілення навантаження між слюсарями необхідно провести залучання слюсарів до виконання суміжних робіт згідно технології.

Слюсар з розбирання двигуна для повного завантаження буде залучатись до проведення робіт з приймання, зовнішнього миття та очистки двигуна, що забезпечить його завантаженість майже на 90%.

Слюсар дефектувальник буде довантажуватись роботами з часткового підроби рання вузлів на деталі та очистки деталей перед дефектацією, що також забезпечить його 100% завантаження.

Слюсар з обкатка та випробування ДВЗ буде довантажуватись роботами пов'язаними з комплектуванням деталей перед складанням двигуна (26% навантаження), а після обкатки двигуна він буде залучатись до робіт з фінішного фарбування, консервації та пакування двигуна, що також забезпечить його 100% завантаження.

2.7 Розрахунок площі відділення ремонту ДВЗ

Визначити площу ділянки можна декількома способами, проте в даній роботі застосовано метод, що базується на габаритах обладнання та об'єктів ремонту [8].

$$F_{від} = (\Sigma F_M + \Sigma F_{ОБ}) \cdot K, \quad (2.8)$$

де $F_{від}$ - площа відділення, m^2 ;

ΣF_M - габаритна площа, зайнята силовими агрегатами (об'єктами ремонту), m^2 ;

$\Sigma F_{ОБ}$ - габаритна площа, зайнята всіма видами верстатів, стендів та допоміжних пристроїв, m^2 ; K - коефіцієнт, за допомогою якого при розрахунку площі моторного цеху враховують зони обслуговування, а також внутрішні проходи та проїзди, ($K = 4,0 \dots 4,5$) [8].

Спираючись на відомості (в додатку), сумарна габаритна площа під усі види верстатів та пристосувань становить:

$$F_{від} = (19,5 + 0) \cdot 4,0 = 78 \approx 81 m^2$$

Остаточню приймаємо $F = 81 m^2$.

Спроектована ділянка наведена на рисунку 2.2

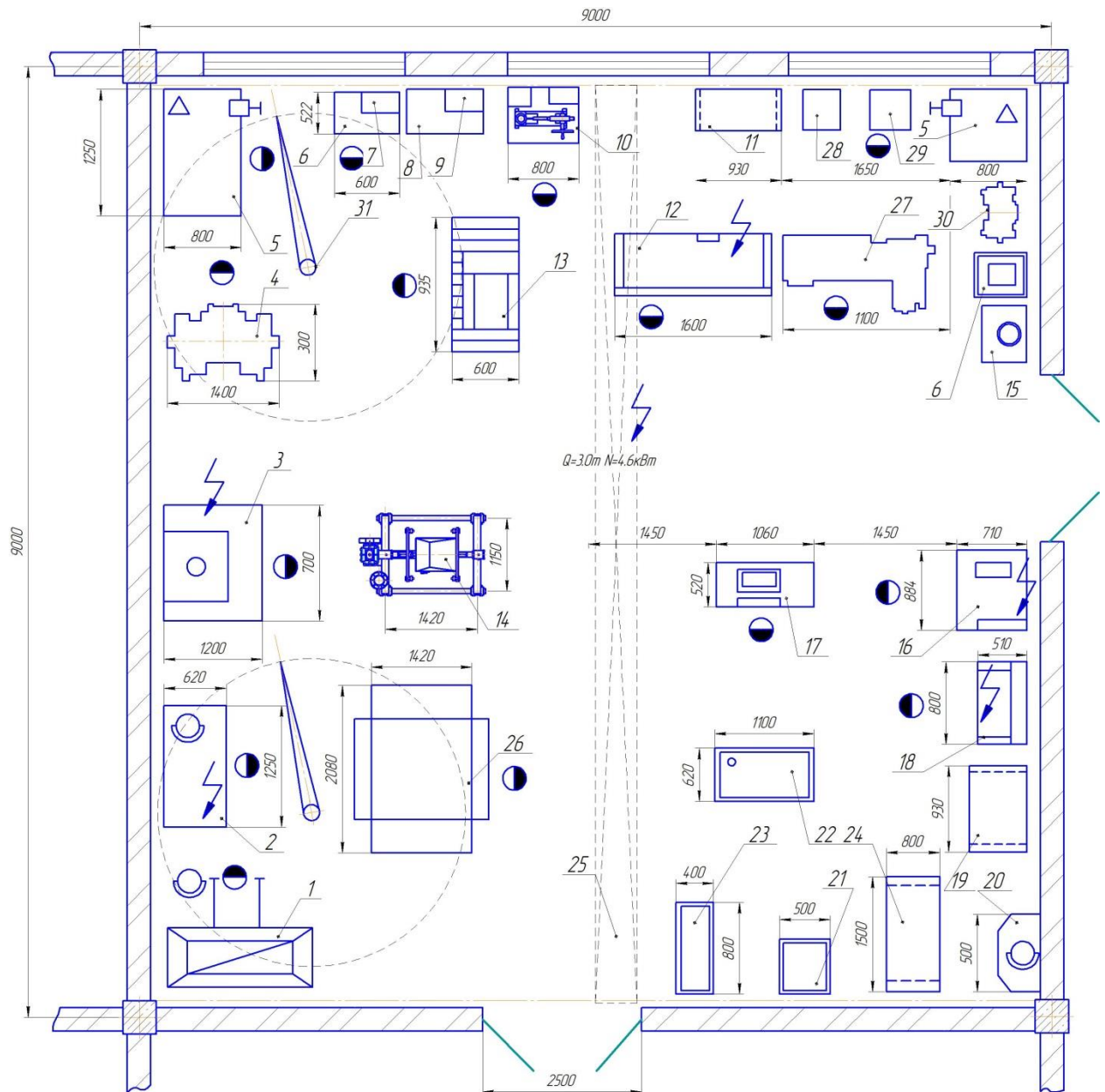


Рисунок 2.2 – Планування дільниці з ремонту двигунів

Із розробленого технологічного планування відділення з ремонту двигунів чітко проглядається вдаль розміщення основного та достатня наявність під'ємно-транспортного обладнання, вдала організація робочих місць, що являється запорукою для забезпечення якості ремонтних робіт та зменшення їх трудомісткості.

Висновки по розділу.

1. У результаті обґрунтування проектних рішень встановлено, що підвищення ефективності сервісного підприємства з ремонту двигунів досягається за рахунок переходу до концепції прецизійного відновлення.

Запропоноване поєднання агрегатного методу ремонту, агрегатно-вузлової організації праці та тупікового способу розміщення забезпечує гнучкість виробництва, скорочення простою техніки клієнтів і підвищення якості виконання робіт.

2. Розроблений технологічний процес реновації двигунів є комплексною системою, що охоплює всі етапи - від приймання до випробувань і фінішної обробки. Впровадження сучасних методів очищення, дефектування, відновлення деталей та стендової обкатки дозволяє забезпечити ресурс відновлених двигунів на рівні 90–95% від номінального та значно знизити ризик повторних відмов.

3. Проведені розрахунки виробничої програми показали, що річний обсяг робіт сервісного центру становить 120 двигунів із загальною трудомісткістю близько 10000 люд.-год. Аналіз структури трудових витрат виявив найбільш ресурсоємні етапи — складання та механічну обробку, що дозволило визначити резерви скорочення тривалості ремонту за рахунок паралельного виконання операцій і оптимізації логістики процесу.

4. Обґрунтування технічного оснащення підтвердило можливість ефективної реалізації технологічного процесу при використанні мінімально необхідної кількості обладнання. Розрахунки показали доцільність застосування однієї мийної установки, одного обкатно-гальмівного стенду та комплексу металорізальних верстатів, що забезпечує раціональне використання виробничих площ і оптимальне завантаження обладнання.

5. Визначення кадрових і просторових параметрів показало, що для виконання запланованого обсягу робіт достатньо 5 основних робітників при площі виробничої ділянки 81 м². Запропонований розподіл функцій між працівниками із залученням до суміжних операцій забезпечує їх повне завантаження та підвищує ефективність використання трудових ресурсів.

3. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТЕНДУ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ-СКЛАДАННЯ ДВИГУНІВ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

3.1 Дослідження сучасного стану технічних засобів для розбирання та складання двигунів вантажного транспорту

На сервісних підприємствах з ремонту двигунів внутрішнього згорання застосовуються різні конструкції стендів для їх розбирання та складання.

Різноманітність конструкцій обумовлюється конструктивними особливостями двигуна (рядний, v-подібний; його геометричними розмірами, вагою та ін.).

Значну роль в виборі конструкції стенда для розбирання та складання двигуна має річна програма підприємства, яка впливає на конструктивні рішення розбирально-складальних стендів з точки зору механізації робіт.

Відома конструкція стенда для ремонту двигунів КамАЗ, ЯМЗ-236, 238 М-401 (рис.3.1).



Рисунок 3.1 - Стенд М-401

Конструктивно виріб являє собою зварну основу з двома вертикальними опорами. Одна зі стійок є регульованою та може фіксуватися

у двох позиціях: максимальний виліт передбачений для роботи з двигунами ЯМЗ (автомобілі МАЗ, КрАЗ), тоді як друге положення адаптоване під габарити двигунів КАМАЗ. Механізм обертання реалізовано через черв'ячний редуктор, з'єднаний із ведучою траверсою на стаціонарній опорі, тоді як на протилежній стійці розміщено ведену траверсу. Фіксація блоку циліндрів здійснюється за допомогою спеціальних штирів, що входять у технологічні отвори агрегату.

Водночас основним недоліком є значне фізичне навантаження на оператора при роботі з великогабаритними агрегатами ЯМЗ. Необхідність прикладати зусилля до рукоятки протягом тривалого робочого дня може знижувати продуктивність праці. Також ручне керування поступається електричним аналогам у швидкості підготовки двигуна до різних етапів розбирання

Конструктивне виконання стенда моделі СТУ-300 (М-401), призначеного для обслуговування силових агрегатів вантажівок, продемонстровано на (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 - Стенд марки СТУ-300 (М-401) для розбирально-складальних робіт з двигунами КамАЗ та ЯМЗ.

Стенд базується на зварному каркасі та оснащений двома стійками. Рухома опора може фіксуватися у двох позиціях залежно від типу двигуна: для модифікацій ЯМЗ або КамАЗ. Вузол обертання реалізовано за допомогою черв'ячної передачі та системи з ведучої й веденої траверс. Фіксація агрегату на стенді виконується шляхом введення штирів траверс у технологічні отвори блока двигуна

Технологічний процес підготовки передбачає виставлення та надійну фіксацію регульованої опори у заданому положенні. Після цього об'єкт ремонту опускають на ложементи й затискають чотирма нарізними гвинтами, які вкручують у технологічні отвори блока до упору. Завдяки використанню черв'ячного редуктора, зміна просторового положення двигуна здійснюється плавно за допомогою ручного привода

Дана конструкція вирізняється доступною вартістю та експлуатаційною гнучкістю, яка забезпечується можливістю регулювання відстані між опорними стійками та використанням змінних траверс для монтажу різних типів силовиків. Однак позитивні якості нівелюються стаціонарним розміщенням установки та не зовсім вдалою ергономікою, оскільки поворотна рукоятка розташована незручно щодо робочої зони майстра. Крім того, стенд має досить масивний редуктор, а відсутність у базовій комплектації спеціального піддона для збору оливи та бруду потребує додаткового облаштування робочого місця.

Візуалізація стенда Р 660, функціональною особливістю якого є наявність електромеханічного привода поворотного пристрою, наведена на (рисунку 3.3).

Основою обладнання є зварний каркас із парою опорних стійок, причому одна з них може бути зафіксована у двох варіантах. Максимальна відстань між стійками розрахована на габарити двигунів ЯМЗ (МАЗ, КрАЗ), тоді як друге положення адаптоване під параметри двигунів КамАЗ. Головною особливістю механізму обертання є черв'ячний редуктор, який отримує крутний момент від асинхронного реверсивного електродвигуна через пасову передачу.



Рисунок 3.3 - Загальна конструкція стенда марки Р 660 для виконання ремонтних робіт із агрегатами ЯМЗ і КамАЗ

Система привода захищена металевим коробом, на фронтальній панелі якого змонтовано пульт керування для регулювання напрямку обертання агрегату. Крім того, на рамі передбачено спеціальний знімний резервуар, що забезпечує збір залишків мастила, бруду та технічних рідин, які стікають під час розбирання

Головною перевагою даного обладнання є автоматизація робочих процесів завдяки впровадженню електромеханічного привода, що суттєво полегшує працю майстра. Універсальність конструкції підкреслюється можливістю регулювання відстані між опорами та використанням різноманітних траверс для кріплення агрегатів. Водночас експлуатація стенда має певні обмеження, зокрема стаціонарне розміщення в цеху та обов'язкову прив'язку до електромережі з напругою 220В. Крім того, наявність системи автоматизації призвела до збільшення загальних габаритів редукторного вузла.

Ще одним зразком устаткування для відновлення силових агрегатів вантажівок є модель Р-776-01, представлена на (рисунку 3.4). Це обладнання спеціально спроектоване для технічного обслуговування та ремонту двигунів ЯМЗ серій 236 і 238, а також модифікацій 740 і 741.



Рисунок 3.4 - Зовнішній вигляд установки моделі Р-776-01 для ремонту силових агрегатів сімейства ЯМЗ

Основу установки становить зварний каркас із двома вертикальними опорами. Завдяки використанню траверс різних конфігурацій, стенд дозволяє змінювати взаємне розташування привальних площин. Це забезпечує можливість роботи у двох режимах: перший адаптований під двигуни ЯМЗ моделей 740 та 741, а другий — під серії 236 і 238. Обертальний момент передається через двоступеневий редуктор (що поєднує конічну та черв'ячну передачі), змонтований на лівій стійці. Фіксація блока циліндрів виконується за допомогою штифтів ведучої та веденої траверс, які встановлюються безпосередньо в технологічні отвори агрегату

Дана модель характеризується доступною вартістю та продуманою ергономікою, що виражається у зручному розміщенні поворотної рукоятки відносно оператора. Додаткову функціональність забезпечує можливість застосування траверс різних типів для адаптації під конкретний двигун. Проте конструкція має і низку обмежень, серед яких — стаціонарний тип установки та відсутність механізму регулювання відстані між опорними стійками. Окрім цього, базове оснащення не передбачає наявності спеціальної ємності для збору технічних рідин та забруднень, що утворюються під час ремонту.

Проведений огляд виявив, що більшість існуючих аналогів не повною мірою відповідають сучасним експлуатаційним вимогам. Основним недоліком є використання ручного привода повороту, який потребує значних фізичних зусиль від персоналу та знижує загальну ефективність роботи. З метою покращення умов праці доцільно впровадити механізм на основі електродвигуна та черв'ячного редуктора, що суттєво спростить маніпуляції з агрегатом.

За результатами аналізу технічних параметрів найбільш перспективними базовими моделями визначено стенди Р-776Е та М-401. Для підвищення їхньої універсальності та функціональності пропонується внести такі конструктивні зміни: спроектувати оновлену раму, що дозволить регулювати відстань між опорними стійками для обслуговування широкого спектра двигунів вантажного транспорту; інтегрувати та розрахувати систему електричного привода для автоматизації процесу обертання; передбачити в конструкції спеціальний піддон для гігієнічного збору відпрацьованого мастила та інших технічних відходів.

Ці вдосконалення дозволять створити більш адаптивну та зручну в експлуатації модель стенда

3.2 Будова та принцип роботи стенда

Конструкція проектованої установки (рис. 3.5) базується на рамі 10, де розміщені стаціонарна 7 та мобільна 8 опорні стійки, система траверс 4 для монтажу двигуна, силовий привод 9, а також піддон 1, оснащений механізмом нахилу для зливу технічних рідин.

Ергономічність робочого простору забезпечується наявністю інструментального кошика 5, закріпленого безпосередньо на опорі. Права стійка виконана рухомою з можливістю чіткої фіксації у заданих позиціях, а для полегшення її переміщення передбачено спеціальне руків'я.

Ключовим технічним рішенням є впровадження електричного привода 9, який дає змогу обертати ремонтований агрегат навколо поздовжньої осі на будь-

який кут. Цей вузол складається з електродвигуна та черв'ячного редуктора, сполучених пасовою передачею.

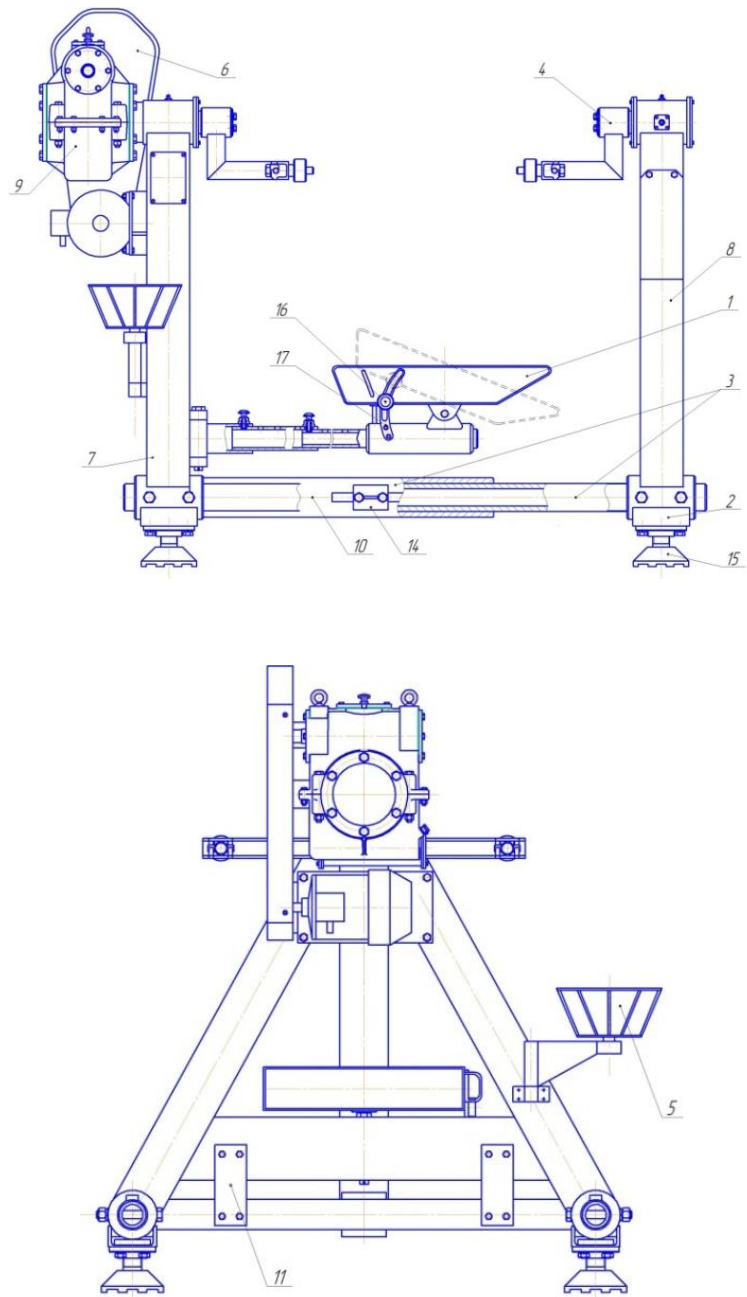


Рисунок 3.5 - Загальна конструкція стенда для розбирально-складальних робіт із двигунами вантажівок: 1 – похила ємність для відпрацьованих рідин; 2 – пересувний вузол опори; 3 – розсувні штанги; 4 – елементи підвіски (траверси); 5 – лоток для інструменту; 6 – кожух безпеки; 7 – фіксована права опора; 8 – мобільна ліва стійка; 9 – блок привода; 10 – зварна станина; 11, 12 – пластина та піддон; 13 – сполучна перекладина; 14, 17 – елементи фіксації (пластина та планка); 15 – лапа; 16 – фіксатор

Для підтримання належного санітарного стану ділянки на станині змонтовано піддон 1. Він призначений для акумулювання залишків оливи та забруднень, що виникають під час демонтажних або мийних операцій.

3.2.1 Обґрунтування робочих характеристик та надійності конструкції привода

Розрахунок привода стенда.

Конструктивна схема привода (рис. 3.6) базується на електродвигуні, пасовій передачі та черв'ячному редукторі. Використання черв'ячної передачі обумовлене її компактністю та здатністю ефективно утримувати закріплений вузол у будь-якому положенні за рахунок внутрішнього тертя, що підвищує безпеку під час ремонту. Це унеможливорює самовільний поворот двигуна під дією сили тяжіння.

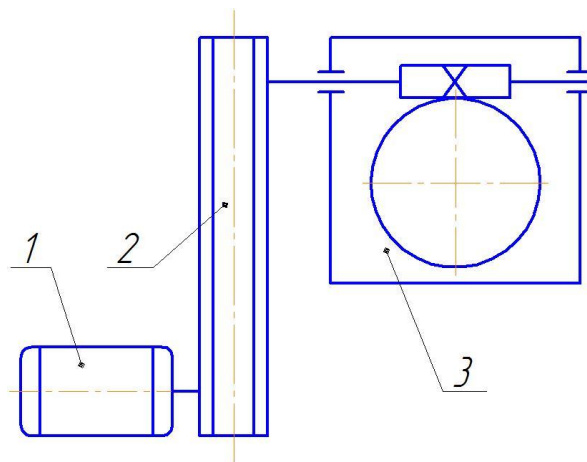


Рисунок 3.6 - Схема приводної системи стенда: 1 - електромотор, 2 - пасова передача з клиновим профілем, 3 - редуктор

Щоб розрахувати потрібну потужність електропривода, встановимо значення коефіцієнтів корисної дії (ККД) його складових: для клинопасової передачі - $\eta_2 = 0,95$; для пари підшипників кочення - $\eta_3 = 0,995$; для черв'ячної передачі (при кількості заходів черв'яка $Z_1=4$) - $\eta_4 = 0,9$.

Визначення орієнтовного (розрахункового) значення ККД привода:

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

де: m - число пар підшипників кочення в приводі ($m = 2$).

$$\eta_{\text{ПР}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^m = 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,995^2 = 0,85$$

Максимальна частота обертання стенда з агрегатом не повинна перевищувати $n_g = 5 \text{ хв}^{-1}$. Припустимо, що центр ваги агрегату не лежить на осі обертання, а зміщений на $e = 0,3$ м. При цьому буде виникати крутний момент, що приблизно дорівнює, Н·м:

Гранична швидкість обертання стенда разом із встановленим агрегатом обмежена значенням $n_g = 5 \text{ хв}^{-1}$. Враховуючи зміщення центра мас агрегату відносно осі на відстань $e = 0,3$ м, виникає дисбаланс, що створює крутний момент. Орієнтовна величина цього моменту обчислюється так, Н·м:

$$M = G \cdot e = 0,3500 \cdot 9,81 = 981 \text{ Нм}, \quad (3.2)$$

Виходячи з отриманої величини моменту, визначимо потужність, що забезпечить обертання агрегату на стенді, Вт:

$$N = M \cdot \pi \cdot n / 30 = 981 \cdot 3,14 \cdot 5 / 30 = 513,4 \text{ Вт}, \quad (3.3)$$

З урахуванням загального ККД приводного механізму, мінімально допустима потужність електродвигуна становить, Вт:

$$N_{\text{дв}} = N / \eta_{\text{пр}} = 513,4 / 0,85 = 604 \text{ Вт}, \quad (3.4)$$

Спираючись на результати розрахунків, обираємо електродвигун моделі АДМ80А6 (потужність - 0,75 кВт, частота обертання - 750 хв^{-1}).

Загальне передавальне число приводного механізму:

$$U = n_{ном} / n_m = 730 / 5 = 146, \quad (3.5)$$

де $n_m = 5 \text{ хв}^{-1}$ частота обертання тихохідного вала редуктора.

Розподілимо загальне передавальне число між клинопасовою передачею та черв'ячним редуктором: пасова передача $u_1 = 4$; черв'ячна

передача $u_2 = \frac{U}{u_1} = \frac{146}{4} = 36,5$.

Обчислення швидкості обертання валів приводного механізму:

$$\begin{cases} n_1 = n_{ДВ} = 730 \text{ хв}^{-1} \\ n_2 = \frac{n_1}{u_1} = \frac{730}{4} = 182,5 \text{ хв}^{-1}, \\ n_3 = \frac{n_2}{u_2} = \frac{182,5}{36,5} = 5 \text{ хв}^{-1} \end{cases} \quad (3.6)$$

Обчислення значень крутних моментів для кожної ланки привода:

$$\begin{cases} T_1 = 9550 \cdot \frac{N_{ДВ}}{n_{ДВ}} = 9550 \cdot \frac{0,75}{730} = 9,81 \text{ Нм} \\ T_2 = T_1 \cdot U_1 \cdot \eta_2 = 9,81 \cdot 4 \cdot 0,95 = 37,3 \text{ Нм} \\ T_3 = T_2 \cdot U_2 \cdot \eta_1 \cdot \eta_3^2 = 37,3 \cdot 36,5 \cdot 0,9 \cdot 0,995^2 = 1213,1 \text{ Нм} \end{cases} \quad (3.7)$$

Отримані результати розрахунків крутних моменти і частот обертання зведемо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - таблиця крутних моментів і частот обертання валів привода

Параметр	Ланка приводу		
	I	II	III
n, об/хв.	730	182.5	5
T, Н×м	9.81	37.3	1213.1

Визначення основних параметрів та характеристик черв'ячної передачі.

Вихідні параметри для проектування черв'ячного зачеплення: Загальне передавальне число ($U = 36,5$) при чотиризахідному черв'яку ($Z_1 = 4$). Робочі параметри на валах становлять: $n_1 = 182,5 \text{ хв}^1$, $n_2 = 5 \text{ хв}^1$; $T_1 = 37,3 \text{ Нм}$, $T_2 = 1213,1 \text{ Нм}$. Експлуатаційний ресурс передачі - 1500 год (постійний реверсивний режим із коефіцієнтом перевантаження $k = 1,5$).

Наступним етапом є вибір матеріалів черв'ячної пари та розрахунок швидкості ковзання.

Визначення наближеного показника швидкості ковзання:

$$V_{ск} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot n_1 \cdot \sqrt[3]{T_2} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 182,5 \cdot \sqrt[3]{1213,1} = 0,973 \text{ м/с}, \quad (3.8)$$

Для конструкції обрано антифрикційний матеріал Па групи. Вінець колеса черв'яка виготовлено з бронзи БрАЖ9-4л (кокільне лиття), що характеризується значеннями $\sigma_{\sigma} = 490 \text{ МПа}$ та $\sigma_T = 184 \text{ МПа}$. Відповідно до вимог експлуатації, черв'як виготовляємо зі сталі 40Х із подальшим шліфуванням та зміцненням поверхні (СВЧ-загартування до HRC 50...55).

Обґрунтування допустимих напружень при розрахунку на контактну втому.

Критерії розрахунку міцності при згині:

$$\sigma_{FP} = \sigma_{FO} \cdot \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_{\text{ц}}}}, \quad (3.9)$$

де значення граничного напруження згину при обмеженій витривалості (реверсивний режим):

$$\sigma_{FO} = 0,25 \cdot \sigma_T + 0,08 \cdot \sigma_B = 0,25 \cdot 184 + 0,08 \cdot 490 = 85,2 \text{ МПа}$$

$$N_u = 60 \cdot n_2 \cdot t = 60 \cdot 5 \cdot 1500 = 45 \cdot 10^4.$$

Звідси

$$\sigma_{FP} = \sigma_{FO} \cdot \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_u}} = 85,2 \cdot \sqrt[9]{\frac{10^6}{45 \cdot 10^4}} = 50,87 \text{ МПа}$$

Граничні значення напружень при максимальних короткочасних навантаженнях для бронзи без вмісту олова становлять:

$$\begin{cases} \sigma_{HPmax} = 2 \cdot \sigma_T = 2 \cdot 184 = 368 \text{ МПа} \\ \sigma_{FPmax} = 0,8 \sigma_T = 0,8 \cdot 184 = 147,2 \text{ МПа} \end{cases}, \quad (3.10)$$

Обчислення розрахункового коефіцієнта навантаження. Згідно з нормативами для передачі 8-го ступеня точності при швидкості ковзання $V_{CK} = 5,24 \text{ м/с}$, значення динамічного коефіцієнта становить $K_V = 1,4$. Враховуючи рівномірність розподілу навантаження ($K_\beta = 1$), загальний коефіцієнт дорівнює: $K = K_V \cdot K_\beta = 1,4$.

Основні розміри передачі. Визначення первісного значення міжосьової відстані (a_ω), мм:

$$a_\omega = \left(\frac{Z_2}{q} + 1 \right) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{170}{[\sigma_H] \cdot Z_2 / q} \right)^2 \cdot K \cdot T_2}, \quad (3.11)$$

$$a_\omega = 5 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{170}{168,94 \cdot 4} \right)^2 \cdot 1,4 \cdot 386 \cdot 10^3} = 162,2 \text{ мм}$$

Керуючись умовою достатньої жорсткості конструкції, задаємо відношення $Z_2 / q = 4$. На основі рекомендацій ДСТУ 2144-96 встановлюємо нормативне значення $a_\omega = 160 \text{ мм}$.

Розрахункова кількість зубів колеса (Z_2):

$$Z_2 = U \cdot Z_1, \quad (3.12)$$

$$Z_2 = 36,5 \cdot 4 = 146$$

Визначення основного параметра - осьового модуля:

$$m = (1,4 \dots 1,7) \cdot a_w / Z_2, \quad (3.13)$$

$$m = (1,4 \dots 1,7) \cdot 160 / 146 = 4,48 \dots 5,44 \text{ мм}$$

Керуючись стандартом ДСТУ 2144-96, обираємо модуль $m = 5 \text{ мм}$.

Показник діаметрального коефіцієнта черв'яка:

$$q = (2a_w - mZ_2) / m, \quad (3.14)$$

$$q = \frac{320 - 5 \cdot 146}{5} = 14$$

приймаємо $q = 14$, тоді

$$a_w = m(q + Z_2) / 2, \quad (3.15)$$

$$a_w = 5 \cdot (14 + 146) / 2 = 160 \text{ мм}$$

Обчислення основних геометричних розмірів зачеплення:

Геометричні характеристики черв'яка:

Ділильний діаметр: $d_1 = m \cdot q = 5 \cdot 14 = 70 \text{ мм}$;

Діаметр вершин витків: $d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 70 + 2 \cdot 5 = 80 \text{ мм}$;

Діаметр западин витків: $d_{f1} = d_1 - 2,4 \cdot m = 70 - 2,4 \cdot 5 = 58 \text{ мм}$;

Довжина нарізної ділянки черв'яка:

Мінімально допустима

довжина: $b_1 > (Z_1 + Z_2 \cdot Z_2) \cdot m = (12,5 + 0,09 \cdot 50) \cdot 5 = 85 \text{ мм}$;

З урахуванням шліфування витків: $b_1 > 85 + 3 \cdot 5 = 100 \text{ мм}$;

Остаточно встановлюємо: $b_1 = 130 \text{ мм}$.

Конструктивні розміри черв'ячного колеса:

Ділильний діаметр: $d_2 = m \cdot Z_2 = 5 \cdot 50 = 250 \text{ мм}$;

Діаметр вершин зубів: $d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m = 250 + 2 \cdot 5 = 260 \text{ мм}$;

Максимальний діаметр колеса:

$$d_{am2} \approx d_{a2} + 6 \cdot m / (Z_1 + 2) = 260 + \frac{30}{6} = 265 \text{ мм};$$

Діаметр западин: $d_{f2} = d_2 - 2,4 \cdot m = 250 - 2,4 \cdot 5 = 238 \text{ мм}$;

Ширина зубчастого вінця:

$b_2 < 0,67 \cdot d_{a1} = 0,67 \cdot 80 = 53,6 \text{ мм}$ (приймаємо $b_2 = 53 \text{ мм}$).

Розрахунок фактичної швидкості ковзання в зачепленні:

$$V_{ск} = \frac{\pi \cdot n_1 \cdot d_1}{60 \cdot \cos \gamma}, \quad (3.16)$$

де $\psi = \arctg_1 / q = \arctg 4 / 14 = 15,94^\circ$

$$V_{ск} = \frac{3,14 \cdot 1440 \cdot 70}{60 \cdot \cos 15,94} = 5486 \text{ мм/с} = 5,48 \text{ м/с}$$

Контрольний розрахунок зачеплення за контактними напруженнями:

$$\sigma_H = 170 \frac{q}{Z_2} \cdot \sqrt{\left(\frac{\frac{Z_2}{q} + 1}{a_w} \right)^3} \cdot K \cdot T_2, \quad (3.17)$$

$$\sigma_H = 170 \cdot \frac{14}{50} \cdot \sqrt{\left(\frac{5}{160} \right)^3} \cdot 1,4 \cdot 386 \cdot 10^3 = 168,9 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{HP} = 168,94 \text{ МПа}$$

Рівень перевантаження за контактними напруженнями:

$$\frac{\sigma_H - \sigma_{HP}}{\sigma_H} \cdot 100\% = 0,03\% < 5\%, \quad (3.18)$$

Розрахунок зубів черв'ячного колеса за напруженнями згину:

$$\sigma_F = \frac{1,54 \cdot y_F \cdot K \cdot T_2 \cdot \cos \gamma}{m^2 \cdot d_2 \cdot q} \leq \sigma_{FP}, \quad (3.19)$$

Визначення еквівалентної кількості зубів колеса (Z_V):

$$Z_V = Z_2 / \cos^3 \gamma, \quad (3.20)$$

$$Z_V = 50 / \cos^3 15,94 = 56,24$$

де: коефіцієнт форми зуба $y_F = 1,45$

$$\sigma_F = \frac{1,54 \cdot 1,45 \cdot 1,4 \cdot 386 \cdot \cos 17,74 \cdot 10^3}{4^2 \cdot 200 \cdot 12,5} = 13,53 \text{ МПа}$$

$$\sigma_F < \sigma_{FP} \rightarrow 13,53 \text{ МПа} < 50,87 \text{ МПа}$$

Проектований механізм задовольняє критеріям втомної міцності за напруженнями згину.

Контрольна перевірка конструкції на жорсткість.

Сили, що виникають у зачепленні черв'ячної пари:

Окружне зусилля:

$$\begin{cases} F_{t1} = 2 \cdot T_1 / d_1 = 2 \cdot 32,67 / 0,07 = 933,42 \text{ Н} \\ F_{t2} = 2 \cdot T_2 / d_2 = 2 \cdot 386 / 0,25 = 3088 \text{ Н} \end{cases}, \quad (3.21)$$

Осьові:

$$\begin{cases} F_{a1} = -F_{t1} = -933,42 \text{ Н} \\ F_{a2} = -F_{t2} = -3088 \text{ Н}; \end{cases} \quad (3.22)$$

Радіальні:

$$Fr_1 = -Fr_2 = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha / \cos \alpha = 3088 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ / \cos 15^\circ = 1168,88 \text{ Н}, \quad (3.23)$$

Величина прогину вала черв'яка в середньому перерізі:

$$f = \frac{Q \cdot L^3}{48 \cdot EI} \leq [f], \quad (3.24)$$

$$Q = \sqrt{F_{t1}^2 + F_{r1}^2}, \quad (3.25)$$

$$Q = \sqrt{933,42^2 + 1168,88^2} = 1495,84 \text{ Н}$$

$$I = \frac{\pi \cdot d_{f1}^4}{64 \cdot (0,375 + 0,625 \cdot d_{a1}/d_{f1})}, \quad (3.26)$$

Допустиме значення прогину становить:
 $[f] = (0,005 \dots 0,01) \cdot m = (0,005 \dots 0,01) \cdot 5 = 0,025 \dots 0,05 \text{ мм. мм.}$

Для попереднього аналізу деформації черв'яка використовуємо значення $d_{a2} = 208 \text{ мм}$ та модуль пружності $E = 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Тоді

$$f = \frac{1970,62 \cdot 208^3}{48 \cdot 2,15 \cdot 10^5 \cdot 1,03 \cdot 10^5} = 0,017 \text{ мм}$$

Отриманий результат: $f < [f] = 0,02 \dots 0,4 \text{ мм мм.}$

Висновок: Жорсткість розрахованого черв'яка відповідає встановленим нормам.

Контроль міцності шпонкових з'єднань.

Вузол черв'ячного колеса:

Для фіксації колеса на валу використовуємо дві призматичні шпонки з округленими торцями (виконання 1) розміром $18 \times 11 \text{ мм}$, розміщені під кутом 180° одна до одної. Параметри шпонок, пазів та їх довжина відповідають ДСТУ 23360-98. Матеріал виготовлення - нормалізована сталь 45.

Перевірка за напруженнями зминання проводиться за залежністю:

$$\sigma_{зм} = \frac{T}{d \cdot (l - b) \cdot (h - t_1)} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.27)$$

Підставивши значення: ($T = 1213000 \text{ Нм}$, $d = 50 \text{ мм}$, $h = 11 \text{ мм}$, $b = 18 \text{ мм}$, $l = 63 \text{ мм}$, $t = 7 \text{ мм}$)

отримаємо

$$\sigma_{зм} = \frac{113000}{50 \cdot (63 - 18) \cdot (11 - 7)} = 65,74 \text{ МПа}$$

Отримане значення ($\sigma_{зм} = 65,74 \text{ МПа}$) не перевищує граничне значення $[\sigma_{зм}] = 75 \text{ МПа}$ для сталевих маточини та змінного режиму навантаження.

Аналогічно виконуємо перевірку на зріз:

Допустиме напруження зрізу:

$$\tau_{зр} = \frac{T}{d \cdot (l - b) \cdot b}, \quad (3.28)$$

$$\tau_{зр} = \frac{1213000}{50 \cdot (63 - 18) \cdot 18} = 20,94 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження зрізу: $[\tau_{зр}] = 0,6 \cdot [\sigma_{зм}] = 45 \text{ МПа}$. Оскільки $\tau_{зр} < [\tau_{зр}]$, умови міцності повністю дотримані.

Висновки по розділу.

1. Проведений аналіз існуючих конструкцій стендів для розбирання та складання двигунів показав, що більшість серійних моделей мають обмежену універсальність та недостатній рівень механізації. Основними недоліками є використання ручного привода, низька ергономічність та відсутність елементів, що забезпечують комфорт і безпеку праці, що обґрунтовує необхідність розробки модернізованої конструкції.

2. У результаті конструкторського опрацювання запропоновано удосконалений стенд, який поєднує універсальність (регульована відстань між опорами), ергономічність та підвищений рівень механізації за рахунок застосування електромеханічного привода. Додаткове впровадження піддона для збору технічних рідин і допоміжних елементів підвищує санітарність та зручність експлуатації.

3. Виконані розрахунки привода підтвердили доцільність використання електродвигуна потужністю 0,75 кВт у поєднанні з клинопасовою передачею та черв'ячним редуктором. Обрана схема забезпечує необхідне передавальне число, плавність роботи та самогальмування механізму, що гарантує безпечну фіксацію двигуна в будь-якому положенні.

4. Розрахунок та перевірка елементів черв'ячної передачі, валів і шпонкових з'єднань показали, що спроектована конструкція відповідає умовам міцності, жорсткості та довговічності. Отримані значення напружень не перевищують допустимих, що підтверджує надійність і працездатність стенда в умовах експлуатації сервісного підприємства.

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛУ В УМОВАХ ВИНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕК

4.1 Організація охорони праці сервісному підрозділі з ремонту двигунів

Організація охорони праці у сервісному підрозділі з ремонту двигунів є невід'ємною складовою виробничого процесу та спрямована на забезпечення безпечних і сприятливих умов для роботи працівників, запобігання травматизму на виробництві та захворювань, пов'язаних з професією. Вона базується на вимогах чинного законодавства України, зокрема Закону України «Про охорону праці» [10], Кодексу законів про працю, а також відповідних державних стандартів і нормативних документів.

Основним завданням організації охорони праці є створення таких умов праці, при яких вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівників буде зведений до мінімуму або повністю виключений. У сервісному підрозділі з ремонту двигунів до таких факторів належать: підвищений рівень шуму і вібрації, наявність шкідливих випарів (пари палива, мастил, мийних розчинів), ризик травмування при роботі з важкими агрегатами, рухомими частинами механізмів та інструментом.

Організаційна структура охорони праці на підприємстві передбачає відповідальність керівника підрозділу за створення безпечних умов праці, а також призначення відповідальної особи або інженера з охорони праці (за наявності). До основних функцій системи охорони праці належать: розробка та впровадження інструкцій з безпеки, контроль за дотриманням вимог безпеки, проведення навчання та інструктажів працівників.

На підприємстві повинні проводитися такі види інструктажів: вступний, первинний на робочому місці, повторний, позаплановий та цільовий. Вступний інструктаж проводиться для всіх новоприйнятих працівників, а також для осіб, які проходять практику. Первинний інструктаж здійснюється безпосередньо на робочому місці перед початком виконання

робіт. Повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на 6 місяців з метою закріплення знань з безпеки праці.

Особлива увага приділяється організації безпечного виконання робіт при розбиранні та складанні двигунів. Усі операції повинні виконуватись із застосуванням справного технологічного обладнання, інструменту та пристосувань. Використання підйомно-транспортних механізмів (кран-балок, стендів, тельферів) має здійснюватися з дотриманням вимог безпеки, а працівники повинні бути навчені правилам їх експлуатації.

Важливим елементом є забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). До них належать: спецодяг, захисне взуття, рукавиці, захисні окуляри, респіратори (при роботі з мийними розчинами та фарбами), а також засоби захисту органів слуху при підвищеному рівні шуму. Використання ЗІЗ є обов'язковим і контролюється керівництвом підрозділу.

Санітарно-гігієнічні умови праці також відіграють важливу роль. Виробничі приміщення повинні бути обладнані ефективною вентиляцією (загальнообмінною та місцевою), що забезпечує видалення шкідливих парів і газів. Освітлення має відповідати встановленим нормам і забезпечувати достатню видимість при виконанні точних робіт. Температурний режим у приміщенні повинен підтримуватись у межах, комфортних для працівників.

Для запобігання пожежам необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки. Приміщення повинні бути оснащені первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, пожежні щити), а працівники — проінструктовані щодо дій у разі виникнення пожежі. Забороняється зберігання легкозаймистих речовин у невстановлених місцях та використання несправного електрообладнання.

Контроль за станом охорони праці здійснюється шляхом регулярних перевірок, аналізу умов праці та розслідування нещасних випадків. За результатами контролю розробляються заходи щодо усунення виявлених недоліків та покращення умов праці.

Таким чином, ефективна організація охорони праці у сервісному підрозділі з ремонту двигунів забезпечує зниження рівня травматизму, підвищення продуктивності праці та створення безпечного виробничого середовища, що є важливою умовою стабільної роботи підприємства.

4.2 Вимоги з охорони праці при ремонті двигунів

Ремонт двигунів внутрішнього згоряння супроводжується впливом небезпечних і шкідливих виробничих факторів, тому дотримання вимог охорони праці є обов'язковою умовою безпечної роботи персоналу. Основні заходи спрямовані на запобігання травмам, ураженню електричним струмом, впливу небезпечних речовин та виникненню аварій.

Перед початком роботи працівник повинен пройти інструктаж, перевірити справність обладнання, інструменту та засобів індивідуального захисту. Робоче місце має бути впорядкованим, достатньо освітленим і вільним від сторонніх предметів.

Під час розбирання та складання двигунів особливу увагу необхідно приділяти безпечному використанню підйомно-транспортних засобів. Переміщення агрегатів допускається лише за допомогою справних механізмів. Забороняється перебування під підвішеними вантажами та робота при ненадійному закріпленні двигуна. Перед початком робіт обов'язково перевіряється надійність фіксації агрегату.

Використовувати слід тільки справний і призначений для конкретних операцій інструмент. Застосування пошкодженого або саморобного інвентарю не допускається. Особливо це стосується спеціалізованих пристроїв, від яких залежить безпека виконання робіт.

При очищенні деталей необхідно враховувати вплив хімічних речовин. Роботи з мийними розчинами та паливно-мастильними матеріалами повинні проводитися у вентильованих приміщеннях із використанням засобів захисту (рукавиці, окуляри, респіратори). Забороняється використання відкритого вогню поблизу легкозаймистих речовин.

Під час механічної обробки необхідно дотримуватись правил безпеки роботи на верстатах: перевіряти їх технічний стан, наявність захисних кожухів та заземлення. Забороняється виконувати налаштування або очищення під час роботи обладнання. Для захисту очей обов'язково застосовуються окуляри.

Дотримання вимог електробезпеки передбачає справність ізоляції, заземлення обладнання та негайне припинення роботи при виявленні несправностей.

Після завершення робіт необхідно прибрати робоче місце, очистити обладнання та утилізувати відходи. Заборонено залишати працюючу техніку без нагляду.

Отже, виконання вимог охорони праці дозволяє знизити рівень травматизму, підвищити безпеку праці та забезпечити ефективну роботу сервісного підрозділу.

4.3 Дії при надзвичайних ситуаціях у виробничому приміщенні

Під час виконання робіт з ремонту двигунів у виробничому приміщенні можуть виникати надзвичайні ситуації, зокрема пожежі, витіки паливно-мастильних матеріалів, ураження електричним струмом, травмування працівників або несправності обладнання. Для зменшення ризиків і запобігання негативним наслідкам необхідно чітко дотримуватись встановлених правил дій у таких випадках.

У разі пожежі працівник повинен негайно повідомити персонал і керівництво, викликати пожежну службу та, за відсутності загрози життю, розпочати гасіння за допомогою вогнегасників або інших засобів. Одночасно необхідно знеструмити обладнання, перекрити подачу палива та організувати евакуацію людей відповідно до затвердженого плану.

При витокі пального чи мастил роботи слід негайно припинити, ліквідувати джерело витоків та локалізувати розлив за допомогою сорбентів (пісок, тирса тощо). Забороняється використання відкритого вогню або

інструментів, що можуть дати іскру. Забруднені матеріали утилізуються згідно з вимогами.

У випадку ураження електричним струмом необхідно перш за все відключити живлення або звільнити потерпілого із застосуванням ізоляційних засобів, після чого надати першу допомогу та викликати медиків. Контакт із потерпілим без усунення джерела струму заборонений.

При отриманні травм роботу слід зупинити, надати домедичну допомогу та повідомити керівника. За потреби викликається швидка допомога, а місце події фіксується для подальшого аналізу.

У разі поломки обладнання його необхідно негайно зупинити, відключити від мережі та повідомити відповідальну особу. Самостійний ремонт без належної кваліфікації не допускається.

Важливим елементом безпеки є організована евакуація. У приміщенні повинні бути розміщені схеми виходу, а персонал має бути ознайомлений із маршрутами. Евакуація проводиться без паніки через передбачені виходи.

Отже, чіткі та своєчасні дії працівників у надзвичайних ситуаціях дозволяють зменшити рівень небезпеки та уникнути серйозних наслідків. Важливу роль відіграє регулярне навчання персоналу та відпрацювання дій у аварійних умовах.

Висновки по розділу.

1. Встановлено, що ефективність системи охорони праці у сервісному підрозділі досягається за рахунок поєднання організаційних заходів, технічного контролю обладнання та обов'язкового застосування засобів індивідуального захисту, що забезпечує зниження виробничих ризиків під час ремонту двигунів.

2. Доведено, що дотримання регламентованих вимог безпеки та алгоритмів дій у надзвичайних ситуаціях сприяє мінімізації травматизму, підвищенню надійності виробничого процесу та забезпеченню безпечного функціонування сервісного підрозділу.

5. ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОЄКТУ

Економічна оцінка виконується для визначення доцільності впровадження удосконаленого технологічного процесу капітального ремонту двигунів вантажних автомобілів для сервісного підрозділу. Річна програма ремонту: (проектна - $N_{рем}^n = 120 \text{ рем.}$, базова - $N_{рем}^б = 100 \text{ рем.}$). Річна трудомісткість: (базова - $T_{річ}^б = 8000 \text{ люд.} - \text{год.}$, проектна - $T_{річ}^n = 10000 \text{ люд.} - \text{год.}$). Кількість робітників: (базова - 4 осіб, проектна - 5 особи

1. Вартість річної програми ремонту.

$$B_P = \eta \cdot B_{OP}, \quad (5.1)$$

де $\eta^б, \eta^П$ - програма базова і проектна ($\eta^б = 100 \text{ рем.}$, $\eta^П = 120 \text{ рем.}$);

B_P - ремонт одиниці, грн ($B_{OP} = 35000 \text{ грн}$).

$$B_P^б = 100 \cdot 35000 = 3500000 \text{ грн}$$

$$B_{ПП}^б = 120 \cdot 35000 = 4200000,0 \text{ грн.}$$

2. Загальні виробничі витрати:

$$E_B = ЗП + A + B_{ЕЛ} + B_{P.OB} + B_{З.Ч} + IB, \quad (5.2)$$

де $ЗП$ – повний заробіток; A – амортизація; $B_{ЕЛ}$ – кошти на оплату енергоспоживання; $B_{РЕМ}$ – витрати на регламентне обслуговування та ремонт технічного парку; $B_{З.Ч}$ - кошторис запасних частин, грн; IB – сукупність інших супутніх витрат.

Повний заробіток :

$$ЗП = З_{CP} \cdot N_P \cdot 12 + З_{П.Н}, \quad (5.3)$$

де $З_{CP}$ - середня заробітна плата, грн ($З_{CP}^B = З_{CP}^П = 18000 \text{ грн}$);

N_P - склад слюсарів ($N_P^B = 4 \text{ чол.}$, $N_P^П = 5 \text{ чол.}$);

$З_{П}$ - нарахування, грн ($З_{П.Н} = 1,22 \cdot (З_{CP} \cdot N_P \cdot 12)$).

$$З_{CP}^B = 18000 \cdot 4 \cdot 12 = 864000 \text{ грн},$$

$$З_{CP}^П = 18000 \cdot 5 \cdot 12 = 1080000 \text{ грн},$$

$$З_{П}^B = 864000 \cdot 1,22 = 1054080,0 \text{ грн},$$

$$З_{П}^П = 1080000 \cdot 1,22 = 1317600,0 \text{ грн},$$

Амортизація обладнання.

$$A_{обл} = \frac{C_{Б.ОБ.} \cdot H_A}{100}, \quad (5.4)$$

де $C_{Б.ОБ.}$ - кошторис виробничого обладнання, ($C_{Б.ОБ.}^B = 300000 \text{ грн.}$,

$C_{Б.ОБ.}^П = 450000 \text{ грн}$)

H_A - амортизаційні нарахування, % ($H_A = 10,0\%$).

$$A_{обл}^B = \frac{300000 \cdot 10,0}{100} = 30000,0 \text{ грн.}$$

$$A_{обл}^П = \frac{450000 \cdot 10,0}{100} = 45000,0 \text{ грн.}$$

Амортизація будівлі затрати визначається:

$$A_B = \frac{B_B \cdot H_B}{100}, \quad (5.5)$$

де B_B - балансова вартість споруди, грн. ($B_B = 500000 \text{ грн.}$);

H_B - нормований показник, ($H_B = 2,0\%$).

Тоді

$$A_{\text{б}} = \frac{500000 \cdot 2,0}{100} = 10000,0 \text{ грн.}$$

Сумарна амортизація:

$$A = A_{\text{об}} + A_{\text{б}}, \quad (5.6)$$

$$A^{\text{б}} = 30000,0 + 10000,0 = 40000,0 \text{ грн.}$$

$$A^{\text{п}} = 45000,0 + 10000,0 = 55000,0 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію:

$$B_{\text{ел}} = Q_{\text{ел}} \cdot T_{\text{е}}, \quad (5.7)$$

де $Q_{\text{ел}}$ - витрати електроенергії, кВт/год. ($Q_{\text{ел}}^{\text{б}} = 22000 \text{ кВт/год.}$,
 $Q_{\text{ел}}^{\text{п}} = 25000 \text{ кВт/год.}$);

$\text{Ц}_{\text{ел}}$ - вартість однієї кВт/год. ($\text{Ц}_{\text{ел}} = 6,0 \text{ грн.}$)

$$B_{\text{ел}}^{\text{б}} = 22000 \cdot 6,0 = 132000,0 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{ел}}^{\text{п}} = 25000 \cdot 6,0 = 150000,0 \text{ грн.}$$

Обслуговування обладнання:

$$B_{\text{р.об}} = \frac{A_{\text{обл}} \cdot 5}{100}, \quad (5.8)$$

$$B_{\text{рем.}}^{\text{б}} = \frac{300000,0 \cdot 5}{100} = 15000,0 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{рем.}}^{\text{п}} = \frac{45000,0 \cdot 5,0}{100} = 22500,0 \text{ грн.}$$

Ціна на запасні частини:

$$B_{з.ч.} = 0,5 \cdot Z_{II}, \quad (5.9)$$

$$B_{з.ч.}^B = 0,5 \cdot 1054080,0 = 527040,0 \text{ грн}$$

$$B_{з.ч.}^II = 0,5 \cdot 1317600,0 = 658800,0 \text{ грн}$$

Відсоток на інші затрати:

$$I_O = 0,05 \cdot (Z_{II} + A + B_{ЕЛ} + B_{Р.ОБ} + B_{з.ч.}) \quad (5.10)$$

$$I_O^B = 0,05 \cdot (1054080,0 + 40000,0 + 132000,0 + 15000,0 + 527040,0) = 88406,0 \text{ грн}$$

$$I_O^II = 0,05 \cdot (1317600,0 + 55000,0 + 150000,0 + 22500,0 + 658800,0) = 110195,0 \text{ грн}$$

Загальні витрати:

$$E_B^B = 1054080,0 + 40000,0 + 132000,0 + 15000,0 + 527040,0 + 88406,0 = 1856252 \text{ грн.}$$

$$E_B^II = 1317600,0 + 55000,0 + 150000,0 + 22500,0 + 658800,0 + 110195,0 = 2314095 \text{ грн.}$$

3. Собівартість ремонту:

$$C_P = E_B \cdot 1,02 \quad (5.11)$$

$$C_P^B = 1856252,0 \cdot 1,02 = 1893656,5 \text{ грн}$$

$$C_P^II = 2314095,0 \cdot 1,02 = 2360376,9 \text{ грн}$$

4. Інтегральний прибуток (Π):

$$\Pi_{3A\Gamma} = B_P - C_P, \quad (5.12)$$

$$\Pi_{3AG}^B = 3500000,0 - 1893656,5 = 1606343,5 \text{ грн}$$

$$\Pi_{3AG}^{\Pi} = 4200000,0 - 2360376,9 = 1834623,1 \text{ грн}$$

5. Прибуток:

$$D_{\Pi} = \Pi_{3AG}^{\Pi} - \Pi_{3AG}^B, \quad (5.13)$$

$$D_{\Pi} = 1834623,1 - 1606343,5 = 228279,6 \text{ грн}$$

6. Час, необхідний для виходу на самоокупність.

$$T_o = \frac{C_{Б.ОБ.}}{D_{\Pi}}, \quad (5.14)$$

$$T_o = \frac{450000,0}{228279,6} = 1,9 \text{ року}$$

Числові показники, отримані в ході розрахунків, ілюструє таблиця 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахункова оцінка ефективності розробки

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид роботи	ремонт	ремонт
Обсяг, од.	100	120
Робітники, осіб.	4	5
Капіталовкладення, грн.	300000	450000
Цехові витрати, всього, грн.	1893656,0	2360376,0
- за робітня платня, грн.	1054080,0	1317600,0
- амортизаційні відрахування, грн.	40000,0	55000,0
- електроенергія, грн.	132000,0	150000,0
- сервісні витрати, грн.	15000,0	22500,0
- витрати на покращення умов праці, грн..	88406,0	110195,0
Річна собівартість об'єктів ремонту, грн.	1893656,5	2360576,9
Сумарний прибуток, грн.	1606343,5	1834623,1
Отриманий прибуток, грн.	-	+228279,6
Строк, протягом якого окупляться капітальні вкладення, років.	-	1,9

Висновок по розділу. Реалізація плану реновації сервісної бази з ремонту двигунів призвела до збільшення потужностей на 20 одиниць та отримання 228 279,6 грн. додаткового доходу. Окупність вкладень протягом 1,9 року свідчить про результативність обраної стратегії розвитку.

ВИСНОВКИ ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. У результаті обґрунтування проектних рішень встановлено, що підвищення ефективності сервісного підприємства з ремонту двигунів досягається за рахунок переходу до концепції прецизійного відновлення. Запропоноване поєднання агрегатного методу ремонту, агрегатно-вузлової організації праці та тупікового способу розміщення забезпечує гнучкість виробництва, скорочення простою техніки клієнтів і підвищення якості виконання робіт.

2. Розроблений технологічний процес реновації двигунів є комплексною системою, що охоплює всі етапи - від приймання до випробувань і фінішної обробки. Впровадження сучасних методів очищення, дефектування, відновлення деталей та стендової обкатки дозволяє забезпечити ресурс відновлених двигунів на рівні 90–95% від номінального та значно знизити ризик повторних відмов.

3. Проведені розрахунки виробничої програми показали, що річний обсяг робіт сервісного центру становить 120 двигунів із загальною трудомісткістю близько 10000 люд.-год. Аналіз структури трудових витрат виявив найбільш ресурсоємні етапи - складання та механічну обробку, що дозволило визначити резерви скорочення тривалості ремонту за рахунок паралельного виконання операцій і оптимізації логістики процесу.

4. Обґрунтування технічного оснащення підтвердило можливість ефективної реалізації технологічного процесу при використанні мінімально необхідної кількості обладнання. Розрахунки показали доцільність застосування однієї мийної установки, одного обкатно-гальмівного стенду та комплексу металорізальних верстатів, що забезпечує раціональне використання виробничих площ і оптимальне завантаження обладнання.

5. Визначення кадрових і просторових параметрів показало, що для виконання запланованого обсягу робіт достатньо 5 основних робітників при площі виробничої ділянки 81 м². Запропонований розподіл функцій між

працівниками із залученням до суміжних операцій забезпечує їх повне завантаження та підвищує ефективність використання трудових ресурсів.

6. Проведений аналіз існуючих конструкцій стендів для розбирання та складання двигунів показав, що більшість серійних моделей мають обмежену універсальність та недостатній рівень механізації. Основними недоліками є використання ручного привода, низька ергономічність та відсутність елементів, що забезпечують комфорт і безпеку праці, що обґрунтовує необхідність розробки модернізованої конструкції.

7. У результаті конструкторського опрацювання запропоновано удосконалений стенд, який поєднує універсальність (регульована відстань між опорами), ергономічність та підвищений рівень механізації за рахунок застосування електромеханічного привода. Додаткове впровадження піддона для збору технічних рідин і допоміжних елементів підвищує санітарність та зручність експлуатації.

8. Виконані розрахунки привода підтвердили доцільність використання електродвигуна потужністю 0,75 кВт у поєднанні з клинопасовою передачею та черв'ячним редуктором. Обрана схема забезпечує необхідне передавальне число, плавність роботи та самогальмування механізму, що гарантує безпечну фіксацію двигуна в будь-якому положенні.

9. Розрахунок та перевірка елементів черв'ячної передачі, валів і шпонкових з'єднань показали, що спроектована конструкція відповідає умовам міцності, жорсткості та довговічності. Отримані значення напружень не перевищують допустимих, що підтверджує надійність і працездатність стенда в умовах експлуатації сервісного підприємства.

10. Встановлено, що ефективність системи охорони праці у сервісному підрозділі досягається за рахунок поєднання організаційних заходів, технічного контролю обладнання та обов'язкового застосування засобів індивідуального захисту, що забезпечує зниження виробничих ризиків під час ремонту двигунів.

11. Доведено, що дотримання регламентованих вимог безпеки та алгоритмів дій у надзвичайних ситуаціях сприяє мінімізації травматизму,

підвищенню надійності виробничого процесу та забезпеченню безпечного функціонування сервісного підрозділу.

12. Реалізація плану реновації сервісної бази з ремонту двигунів призвела до збільшення потужностей на 20 одиниць та отримання 228 279,6 грн. додаткового доходу. Окупність вкладень протягом 1,9 року свідчить про результативність обраної стратегії розвитку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна служба статистики України. Транспорт і зв'язок України 2024 : статистичний збірник. Київ : Держстат України, 2025. 180 с.
2. European Automobile Manufacturers' Association. Vehicles on European roads 2024. Brussels : ACEA, 2024. 96 p.
3. International Energy Agency. Global Truck and Bus Outlook 2025. Paris : IEA, 2025. 140 p.
4. European Automobile Manufacturers' Association. Truck market report 2025. Brussels : ACEA, 2025. 75 p.
5. Bosch R. Автомобільні технології : довідник. Київ : Літера ЛТД, 2020. 512 с.
6. Говорущенко М. Я. Технічна експлуатація автомобілів. Харків : ХНАДУ, 2019. 400 с.
7. Кузьмін О. Є., Мельник О. Г. Організація виробництва на підприємствах автосервісу. Львів : Львівська політехніка, 2018. 320 с.
8. Дирда В. І. Технологія ремонту машин [підручник] / А. С. Кобець, В. І. Дирда., С. П. Сокол, П. Т. Мельянцов, О. І. Кириленко та ін. 4 особи // – Дніпро: Журфонд, 2017. – 160 с.
9. Ремонт машин. Дипломне проектування. Навчально-методичний посібник / За ред. А. С. Кобця, В. І. Дирди, С. П. Сокола та ін. – Дніпропетровськ : Журфонд, 2016. – 284 с.
10. Закон України «Про охорону праці». – Відомості Верховної Ради України, – 1992, № 49. – 668 с.

ДОДАТКИ

Додаток А. Технологічне встаткування відділення з ремонту двигунів

№ п/п	Найменування	Тип або модель	Габаритні розміри, мм	Кіль- кість
1	Стенд для розбирання й складання двигунів і комплект знімних кронштейнів до нього	-	2080X1420	1
2	Мийна установка для мийки блоків циліндрів двигунів	ОРМ-12	1460X1670	1
3	Мийна ванна для деталей	ОМ-1316	1250X620	1
4	Пристосування для збирання поршня з шатуном	Власн. вигот.	416X816	1
5	Прилад універсальний для перевірки й виправлення шатунів	2211М	580X260	1
6	Прилад для визначення пружності клапанних пружин і поршневих кілець	КИ-40	570X170	1
7	Стенд для розбирання й складання головок циліндрів двигунів		520x1060	1
8	Універсальний верстат для притирання клапанів	М-3	1600X520	1
9	Верстат для розточення циліндрів двигунів	278Н	1200X1170	1
10	Верстат для полірування циліндрів двигунів	3833М	1300X1470	1
11	Стенд для випробування масляних насосів і масляних фільтрів двигунів	АКТБ-55	800X480	1
12	Стенд для обкатування й випробування компресорів	АКТБ-133	884X71	1
13	Верстат для шліфування клапанів	ОПР-823	935X600	1
14	Стенд для ремонту двигунів	2154	1300X845	1
15	Верстат вертикально-свердильний	2С132	2812X1166	1
16	Верстат токарно-гвинторізний	16К20	1250x320	1
17	Верстат фрезерний	6Т82Г	1350x1100	1
18	Верстат заточний	ТШ-3	600-x660	1

Додаток Б. Технологічне оснащення відділення з ремонту двигунів

№ п/п	Найменування	Тип або модель	Кількість
1	Універсальний комплект пристосувань для розбирання й складання вузлів автомобіля	ПИМ-192	1 кому.
2	Пристосування для складання шатуна з поршнем	ОПР-736	2
3	Пристосування для встановки поршня	ОПР-263	2
4	Пристосування для зняття й постановки поршневих кілець	ПИМ-1357-05Б	2
5	Щипці для зняття й постановки стопорних кілець поршневого типу	ЩР-1401	2
6	Знімач для випресування гільз циліндрів	ОПР-269	2
7	Пристосування для очищення канавок від нагару	ОРГ-236	2
8	Пристосування для зняття крайки у верхній частині циліндрів двигунів	ОРГ-369	2
9	Пристосування для випресування й установки втулок верхньої головки шатуна	ОПР-360	2
10	Контрольні пластини припасування вкладишів колінчатого вала	ПК-234	1 компл.
11	Захват для підйому колінчатих валів	ПИМ-675	1
12	Знімач для клапанних пружин з нижнім розташуванням клапанів	ПИМ-483-060А	1
13	Знімач для клапанних пружин з верхнім розташуванням клапанів	ОРГ-1959	1
14	Захват для підйому й зняття головки циліндрів	ПИМ-1357-02	1
15	Пристосування для випресування втулок розподільного вала	ОРГ-145	2
16	Пристосування для розбирання й складання масляних фільтрів	ОРМ-69	1
17	Пристосування для розбирання й складання ротора центрифуги	ОРЦ-63	1
18	Підставка для запресовування й розклепування заклепок	ОРГ-1402	1
19	Підставка для запресовування валика водяного насоса в крильчатки вентилятора	ОРГ-1404	1
20	Оправлення для заклепок	ОРГ-36	1
21	Пристосування для контролю й рихтування вентилятора	ПИМ-234	1
22	Знімач шківів	ОРГ-27	1
23	Лупа складна кишенькова (10-кр. збільшення)	ЛК-10	1
24	Великий набір інструмента	НИМ-1514	2 компл.
25	Динамометрична рукоятка (14-кГм)	131-М	1
26	Набір торцевих головок	-	о
27	Мікрометр гладкий 0-25	ДСТУ-6507	2
28	Мікрометр гладкий 50-75	ДСТУ-6507	о
29	Мікрометр гладкий 100-125	ДСТУ-6507	2
30	Шабер тригранний 10Ч300	МН477-60	2
31	Ключ для свіч запалювання	-	2
32	Перевірочна плита й лінійка	ДСТУ-10905	2
33	Важіль для провертання колінчатого вала	ПИМ-1468	2

Закінчення додатку Б.¶

34а	Нутромір-індикаторний · а	НІ-120а	2а	н
35а	Вороток розсувної для інструмента · із квадратним хвостовиком № 2 · а	МН-520-60а	3а	н
36а	Калібр-шаблон для перевірки ширини канавки поршнів · а	КШ-12а	2а	н
37а	Щуп-шаблон для визначення величини зазору в стик · кільць у робочому положенні · а	ЩШ-12а	1а	н
38а	Свердли-спіральні · із циліндричним хвостовиком (Ш · = 8-10) · а	ДСТУ-10902а	6а	н
39а	Газовий ключ № 2 · діаметром · до 2 · дюйма · а	КГ-№2а	2а	н
40а	Молоток мідний · а	ПІМ-1468-370а	5а	н
41а	Ключ-ексцентриковий · для шпильок · а	ПІМ-1357-26а	2а	н
42а	Динамометр · а	ДР-1200а	1а	н
43а	Наждаковий папір 000а	а	1 · м ² а	н
44а	Кисті · малі · волосяні · а	а	4а	н
45а	Кисті · більші · а	а	4а	н
46а	Середній набір інструментів · а	ПІМ-1515а	2 · комп. · а	н
47а	Щуп-пластинчастий · а	ЩП-3а	2а	н
48а	Напильки · особисті · плоскі · а	а	4а	н
49а	Шкрепки для видалення нагару · а	а	2а	н
50а	Отправлення · для обтиснення · сухариків · а	а	1а	н
51а	Розгорнення · ручні · циліндричні · (Ш8-25мм) · а	ДСТУ-7722а	10а	н
52а	Лінійка · металева · а	ДСТУ-427а	2а	н
53а	Штангенциркуль · із двосторонніми губками · для · зовнішніх і внутрішніх · вимірів · а	ДСТУ-166а	3а	н
54а	Шприц · для тасу · а	ДСТУ-8043а	3а	н
55а	Иорж · волосяний · а	а	2а	н
56а	Банка · із притирочною · пастою · а	а	2а	н
57а	Банка · з · маслом · а	а	2а	н
58а	Ножівковий · універсальний · верстат · а	МН-524-60а	1а	н
59а	Щітка · сталева · а	а	5а	н
60а	Щітка · волосяна · а	а	5а	н
61а	Косинець · перевірочний · плоский · а	а	1а	н
62а	Полотно · ножівкове · 300х13Ч0,8 мм · а	ДСТУ-6645а	10а	н
63а	Обжимка · ручна · для · заклепок · а	а	1а	н
64а	Штангензубомір · а	а	1а	н
65а	Набір · шупів · № 1 · з · дев'яти · пластин · а	ДСТУ-882а	1а	н
66а	Терези · настільні · шиферні · а	а	1а	н
67а	Маслянка · № 1 · ємністю · 0,25 · л · а	ДСТУ-1303а	2а	н
68а	Иорж · дротовий · мідний · а	а	2а	н
69а	Секундомір · а	ДСТУ-5072а	1а	н
70а	Електричний · дріль · а	С-480а	1а	н
71а	Прилад · для · перевірки · герметичності · клапанів · а	КИ-1414а	1а	н
72а	Пістолет · для · обдування · деталей · стисненим · повітрям · а	а	2а	н
73а	Пневматичний · гайковерт · а	ПІМ-1763а	2а	н
74а	Прилад · для · виміру · радіального · зазору · в · підшипниках · кочення · а	КИ-1233¶ а	1а	н
75а	Універсальне · пристосування · для · шліфування · клапанних · гнізд · автомобільних · двигунів · а	2215а	1а	н
76а	Мітчики · різні · а	МН-6-22а	10а	н

Додаток В. Організаційне оснащення й підйомно-транспортне встаткування

№ з/п	Найменування	Тип або модель	Габаритні розміри, мм	Кількість
1	Верстат слюсарний із пневматикою	СД-3701-04	1250х800	2
2	Тумбочка інструментальна	СД-3701-08	674х522	2
3	Стелаж для двигунів	ПІ-033П	1600х1200	1
4	Шафа для зберігання інструментів і деталей газорозподільного механізму	-	800х460	1
5	Шафа для зберігання інструментів і деталей шатунно-поршневої групи	ЩД-123	800х460	1
6	Ларь для обтиральних матеріалів	2249-П	800х400	1
7	Ларь для відходів	2317-П	500х500	1
8	Стелаж для зберігання масляних і водяних насосів, компресорів, вентиляторів і фільтрів	ОРГ-1045	930х510	1
9	Стелаж для зберігання приладів і пристосувань	ОРГ-1043	930х510	1
10	Стіл конторський	МРТУ-13-08	1100х620	1
11	Стілець	Тип-11	490х460	3
12	Грати дерев'яна під ноги	-	-	4
13	Кошик сітчастий	-	-	1
14	Кран-балка	ПТ-054	4000х1500	1
15	Кран консольно-поворотний	Q=10т	-	2

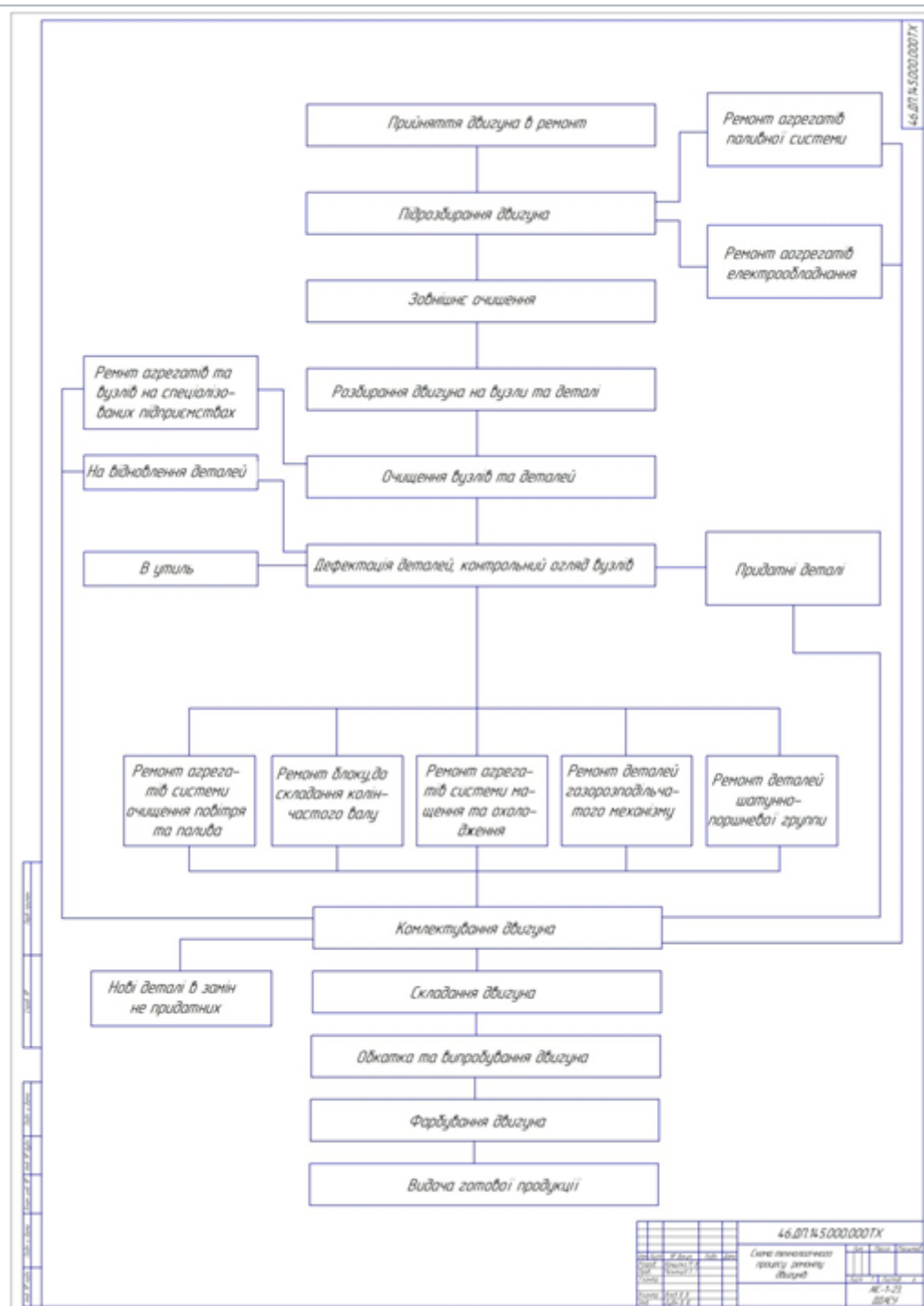
**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ІНЖИНІРИНГУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

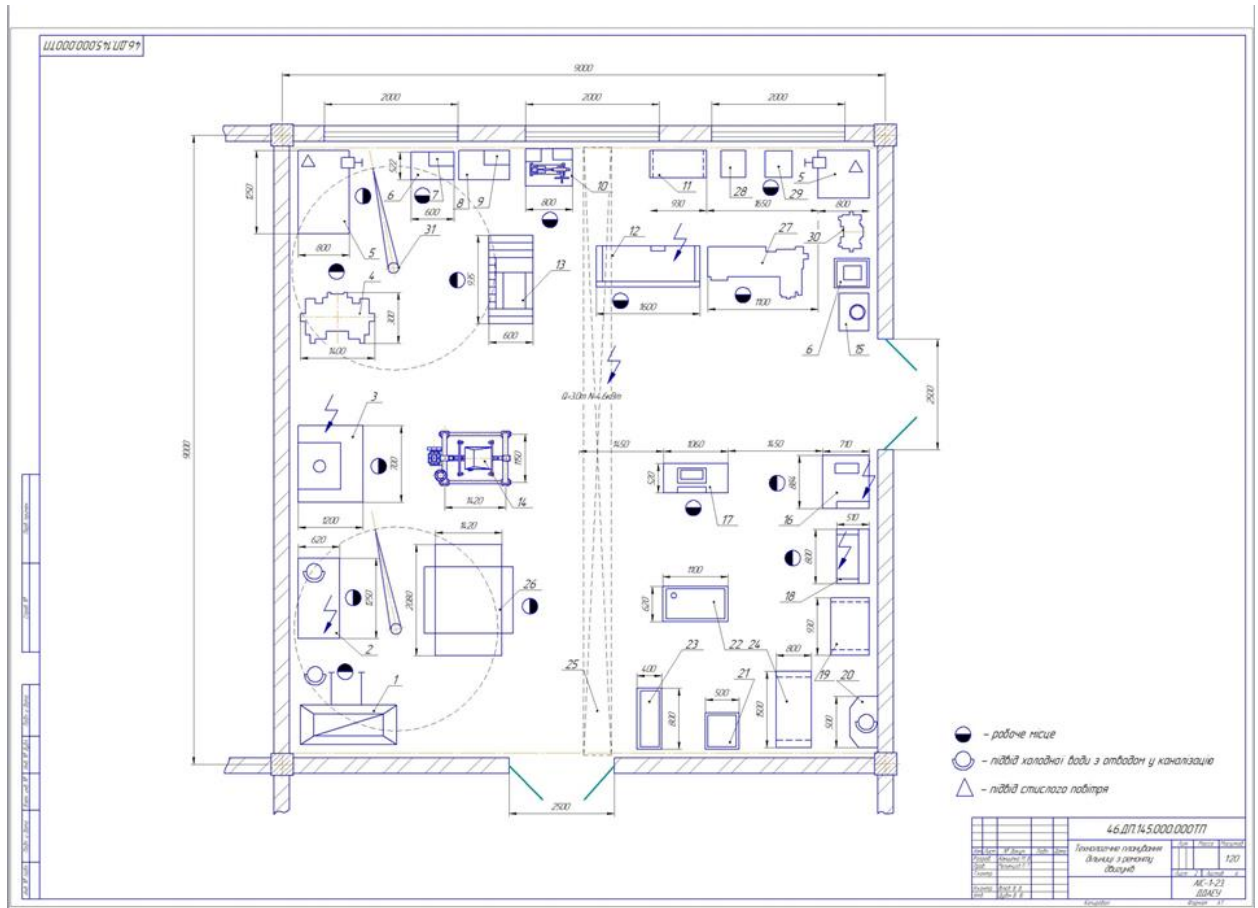
**РЕНОВАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ДВИГУНІВ
ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ НА СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**
демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня “Бакалавр”

Виконав: студент 4 курсу, групи АІС-1-23
Канципко Михайло Васильович
Керівник: к.т.н., доцент
Мельянцов Петро Тимофійович

Дніпро 2026

1





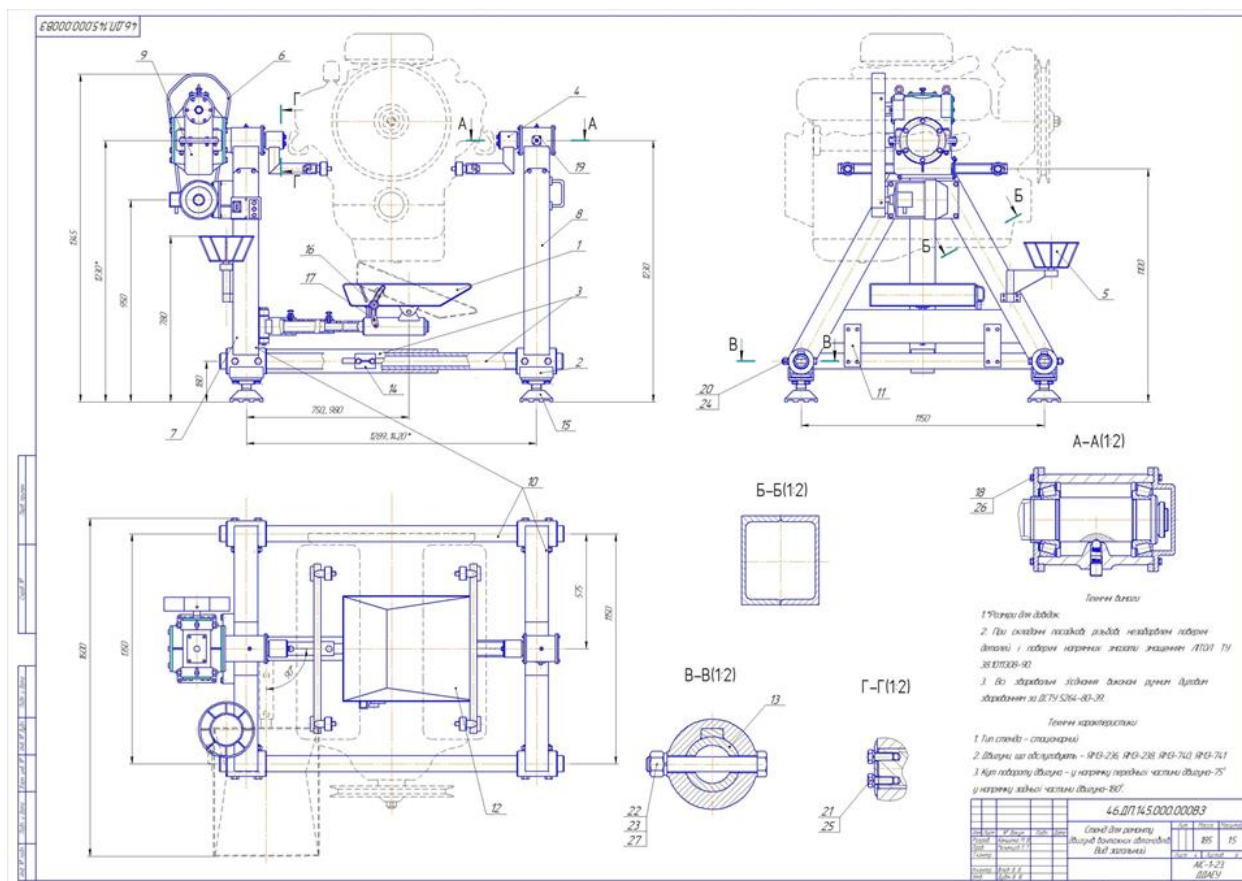
Дефектовочна карта головки блоку циліндрів двигуна ЯМЗ 238

№ п/п	Можливий дефект	Засіб контролю	Розмір креслення	Розмір допустимий без ремонту	Висновок
1	Руйнування посадкових місць під сидіння клапанів / парничок між ними	огляд	-	-	Виконати
2	Обломи	огляд	-	-	Виконати
3	Тріщини закриті апарти під нагрівні втулки клапанів, стакани фарсунки / знош під сидіння клапанів, на парничках між апартами під фарсунки й зношів клапанів	Огляд, випробування на герметичність додає під тиском 0,35-0,4 МПа	-	-	Виконати
4	Порушення герметичності бодних парничок	Огляд, випробування на герметичність додає під тиском 0,35-0,4 МПа	-	-	Виконати
5	Порушення ущільнення стакана фарсунки	Огляд, випробування на герметичність додає під тиском 0,35-0,4 МПа	-	-	Зачистити ущільнювальне кільце або стакани
6	Знаходження поверхні прилягання до блоку циліндрів	Шпиг 010 ГОСТ 882-75 Линейка ШП-2-630 ГОСТ 8026-75	Не площинність не більш 0,05 по довж. довжини Висота голівки 132 ^{+0,10}	Не площинність не більш 0,10 по довж. довжини Висота голівки 132 ^{+0,10}	Обробити до усунення дефектів випробування розмір не 131,9mm
7	Корозія на поверхні прилягання до блоку циліндрів у зоні апарти бодних парничок	огляд	-	-	Зачистити й захистити антикорозійними матеріалами
8	Тріщини на сидінні клапанів	Огляд, лупа 10x-25x ГОСТ 7594-75	-	-	Зачистити сидіння
9	Ослаблення посадки сидіння клапанів	Перевірка посадки лупиною убитою підлогою	-	-	Зачистити сидіння
10	Зношування апарти під сидіння клапанів - впускні - випускні	Пробка 62,03 ГОСТ 2015-69 Пробка 54,03 ГОСТ 2015-69	62 ^{+0,03} 54 ^{+0,03}	-	Обробити до ремонтного розміру 62,3+0,03mm Посадити сидіння ремонтного розміру 62,3 ^{+0,03} mm Обробити до ремонтного розміру 54,3+0,03mm Посадити сидіння ремонтного розміру 54,3 ^{+0,03} mm
11	Окиснення, ризики або раковини на робочих поверхнях сидіння клапанів	огляд	-	-	Обробити робочі поверхні й фаски до усунення дефектів
12	Зношування робочих поверхень сидіння впускних клапанів	Шаблон 2,8	Ширина робочої фаски 2 ^{+0,1}	Ширина робочої фаски 2,8	Обробити робочі поверхні й фаски до усунення дефектів
13	Зношування робочих поверхень сидіння випускних клапанів	Шаблон 2,6	Ширина робочої фаски 1,8 ^{+0,1}	Ширина робочої фаски 2,6	Обробити робочі поверхні й фаски до усунення дефектів
14	Ослаблення посадки нагрівних втулок	Перевірка посадки від руки	-	-	Зачистити втулки
15	Зношування апарти під нагрівні втулки клапанів	Пробка 19,03 ГОСТ 2015-69	19 ^{+0,03}	19,03	Обробити до ремонтного розміру 19,2 ^{+0,03} mm Посадити втулки 19,2 ^{+0,03} mm
16	Зношування апарти нагрівних втулок клапанів - номінального розміру - ремонтного розміру	Пробка 19,03 ГОСТ 2015-69 12,05 12,25	12 ^{+0,05} 12,2 ^{+0,05}	12,05 12,25	Обробити до ремонтного розміру Зачистити втулки
17	Ослаблення посадки шпильок	Перевірка посадки від руки	-	-	Посадити шпильки ремонтного розміру
18	Зрив або зношування роз'єднання на шпильках	Огляд Контролювати роз'єднання деталей, що сполучаються	М12x125-6g М10x10-6g М8x1-6g	-	Зачистити шпильки

Abstract

На первом этапе работы автор анализирует потребности рынка

[illegible]



46.0000.0000.51.110.00		
Показник	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид роботи	ремонт	ремонт
Обсяг, од.	100	120
Робітники, осіб.	4	5
Капіталовкладення, грн.	300000	450000
Цехові витрати, всього, грн.	1893656,0	2360376,0
- за робітня платня, грн.	1054080,0	1317600,0
- амортизація, грн.	40000,0	55000,0
- електроенергія, грн.	132000,0	150000,0
- сервісні витрати, грн.	15000,0	22500,0
- витрати на покращення умов праці, грн.	88406,0	110195,0
Річна собівартість об'єктів ремонту, грн.	1893656,5	2360576,9
Сумарний прибуток, грн.	1606343,5	1834623,1
Отриманий прибуток, грн.	-	+228279,6
Час, за який окупляться матеріальні вкладення, роки	-	1,9

46.0000.0000.51.110.00			
Вид роботи	ремонт	ремонт	
Обсяг, од.	100	120	
Робітники, осіб.	4	5	
Капіталовкладення, грн.	300000	450000	
Цехові витрати, всього, грн.	1893656,0	2360376,0	
- за робітня платня, грн.	1054080,0	1317600,0	
- амортизація, грн.	40000,0	55000,0	
- електроенергія, грн.	132000,0	150000,0	
- сервісні витрати, грн.	15000,0	22500,0	
- витрати на покращення умов праці, грн.	88406,0	110195,0	
Річна собівартість об'єктів ремонту, грн.	1893656,5	2360576,9	
Сумарний прибуток, грн.	1606343,5	1834623,1	
Отриманий прибуток, грн.	-	+228279,6	
Час, за який окупляться матеріальні вкладення, роки	-	1,9	

ДОПОВІДЬ ЗАКІНЧЕНО, ДЯКУЮ ЗА УВАГУ

Формат	Знач	Поз	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
Лист. звіт						
				<u>Документація</u>		
Лист. №	A1		46.ДП.145.100.000ВЗ	Вид загальний	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	46.ДП.145.101.000	Піддон з механізмом нахилу для робочих рідин та мастила	1	
		2	46.ДП.145.102.000	Опора пересувна в зборі	4	
		3	46.ДП.145.103.000	Телескопічні штанги	2	
		4	46.ДП.145.104.000	Траверси для кріплення двигуна	2	
		5	46.ДП.145.105.000	Корзина інструментальна	1	
		6	46.ДП.145.106.000	Кожух захисний	1	
		7	46.ДП.145.107.000	Стійка опорна права	1	
Лист. з дата		8	46.ДП.145.108.000	Стійка опорна ліва пересувна	1	
		9	46.ДП.145.109.000	Привід стенда	1	
		10	46.ДП.145.110.000	Рама стенда	1	
				<u>Деталі</u>		
		11	46.ДП.145.100.011	Пластина	2	
		12	46.ДП.145.100.012	Піддон	1	
		13	46.ДП.145.100.013	Поперечина	2	
		14	46.ДП.145.100.014	Пластина фіксуєча	1	
Лист. з дата		15	46.ДП.145.100.015	Лапа	4	
		16	46.ДП.145.100.016	Фіксатор	1	
		17	46.ДП.145.100.017	Фіксуєча планка	1	
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						
Лист. з дата						

Формат		Знач.	Поз.	Позначення		Найменування		Кіл.	Примітка
						<u>Документація</u>			
А2				46.ДП.145.109.000СК		Складельне креслення		1	
						<u>Складальні одиниці</u>			
		1		46.ДП.145.109.100		Колесо черв'ячне		1	
		2		46.ДП.145.109.200		Мастилопоказчик		1	
						<u>Деталі</u>			
А3		3		46.ДП.145.109.003		Вал		1	
		4		46.ДП.145.109.004		Кільце		1	
		5		46.ДП.145.109.005		Корпус		1	
		6		46.ДП.145.109.006		Кришка корпусу		1	
		7		46.ДП.145.109.007		Пружка		1	
		8		46.ДП.145.109.008		Пружка-віддушина		1	
		9		46.ДП.145.109.009		Пружка		2	
		10		46.ДП.145.109.010		Пружка		2	
		11		46.ДП.145.109.011		Пружка		1	
А3		12		46.ДП.145.109.012		Черв'як		1	
						<u>Стандартні вироби</u>			
		13				Болт М8 х 20 ДСТУ 7805-70		4	
		14				Болт М10 х 25 ДСТУ 7805-70		12	
		15				Болт М10 х 42 ДСТУ 7805-70		4	
		16				Болт М14 х 65 ДСТУ 7805-70		4	
			</						

