

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«__» _____ 2026 р.
Зав. кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)
Володимир ДІДУР
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Проектування ділянки відновлення посадкових отворів блок-картерів
з розробкою стенду для розбирання і збирання автотракторних двигунів»

Виконав: студент 3 курсу, групи 33к-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Бовкун Дмитро Олександрович
(прізвище та ініціали)
Керівник доцент Петриченко Є.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 Факультет інженерних технологій та професійної освіти
 Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ «Бакалавр»
 Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія»
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Зав. кафедри
 _____ Володимир ДІДУР
 «__» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Бовкуну Дмитру Олександровичу _____
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Проектування ділянки відновлення посадкових отворів блок-картерів з розробкою стенду для розбирання і збирання автотракторних двигунів»

керівник проекту Петриченко Євгеній Анатолійович, доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
 “ 01 ” _____ травня _____ 2026 р. № 01-06/129

2. Строк подання студентом проекту _____ 18.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту методи відновлення зношених посадкових гнізд корінних опор блока циліндрів; аналіз конструкцій стендів для розбирання і збирання автотракторних двигунів»

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.

5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; **проектна ділянка з відновлення блок-картерів; напрями удосконалення посадкових отворів блок-картерів; будова та принцип роботи стенду; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.**

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	При-мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025 р.	
2.	Розділ 1. Аналіз існуючих методів відновлення зношених поверхонь	19.11.2025 р.	
3.	Розділ 2. Конструкторсько-технологічний розділ	18.12.2025 р.	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026 р.	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026 р.	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026 р.	

Студент

(підпис)

Бовкун Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Петриченко Є.А.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ПОВЕРХОНЬ	5
1.1 Дослідження методів відновлення зношених посадкових гнізд корінних опор блока циліндрів.....	5
2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	9
2.1 Дослідження дефектів блок-картера	9
2.2 Характеристика деталі, що відновлюється.....	10
2.3 Вибір раціонального способу відновлення корінних опор.....	10
2.4 Аналіз запропонованої технології відновлення блок-картера.....	12
2.5 Ремонт посадкових отворів блок-картера.....	13
2.6 Проектування ділянки з відновлення блок-картерів	18
2.7 Енергетична частина розрахунків ділянки з відновлення блок-картерів	22
2.8 Аналіз наявних конструкцій стендів для розбирання та складання ДВЗ.....	24
2.9 Будова та принцип роботи стенда для розбирання та складання двигунів.....	29
2.10 Розрахунки на міцність елементів стенда для розбирання та складання двигунів.....	30
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	34
3.1 Безпека праці.....	34
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	42
4.1 Економічний розрахунок конструкторської розробки	42
ВИСНОВОК.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ПОВЕРХОНЬ

1.1 Дослідження методів відновлення зношених посадкових гнізд корінних опор блока циліндрів

Основною причиною виходу з ладу нерухомих з'єднань машин є порушення надійності посадки. У разі спрацювання посадкових отворів, яке часто виникає внаслідок приварювання вкладишів корінних підшипників блока, порушується рівномірність передавання крутного моменту, зростають динамічні навантаження та підвищується рівень вібрацій. У результаті цього знижується довговічність не лише самих підшипників, а й усього складального вузла загалом.

Для відновлення зношених посадкових місць блока циліндрів у ремонтному виробництві застосовують різні технологічні способи. Серед них є як традиційні методи, що вже давно використовуються на практиці, так і перспективні технології наплавлення та напилення, які можуть набути ширшого застосування в майбутньому.

Одним із відомих способів є відновлення контактним приварюванням сталеві стрічки. Суть цього методу полягає в тому, що на зношену поверхню деталі накладають сталеву стрічку, після чого її закріплюють за допомогою електроконтактного шовного зварювання. Перед виконанням цієї операції посадкові отвори блока попередньо обробляють на радіально-свердлильному верстаті. У розточений отвір установлюють відрізок стрічки, ширина якого відповідає ширині гнізда. Залежно від величини зносу товщина стрічки, що приварюється, зазвичай становить 0,4–0,8 мм.

Під час виконання операції в отвір корпусної деталі, закріпленої на станині верстата, вводять зварювальний ролик на глибину першого шва. Далі вмикають систему охолодження ролика, обертання шпинделя, пневмопривід і подають зварювальний струм. У процесі роботи ролик із певним зусиллям перекочується по сталевій стрічці, формуючи кільцевий зварний шов. Завдяки правильно вибраному кроку між зварними точками забезпечується герметичність шва по всьому периметру посадкового гнізда. Завершення зварювання здійснюють із перекриттям початкової ділянки шва на 5–6 точок.

Такий процес виконують за напруги 4–5 В, сили струму 7,5–8,0 кА, тривалості циклу зварювання близько 0,24 с, зусилля притискання роликів 1,8–2,0 кН, швидкості зварювання 0,58 м/хв і витрати охолоджувальної рідини 1–1,5 л/хв. Перевагою цього

способу є те, що при контактному зварюванні чавунної деталі зі сталевною стрічкою не виникають значні внутрішні напруження. Це пояснюється малою тривалістю утворення зварної точки та високою швидкістю нагрівання, що поєднується з тиском, який сприяє ущільненню металу.

Ще одним перспективним методом є детонаційне напилення. Його принцип ґрунтується на використанні енергії вибухоподібного згоряння газової суміші. У робочу камеру установки подають горючу суміш і порошковий матеріал, після чого суміш підпалюють електричною іскрою. Полум'я, поширюючись каналом установки, прискорюється до утворення детонаційної хвилі. Швидкість поширення такої хвилі може становити 1000–3500 м/с залежно від складу горючої суміші.

Під дією продуктів детонації частинки порошку набувають не тільки теплової, а й значної кінетичної енергії. Їх швидкість може досягати 600–1000 м/с. Унаслідок цього частинки з великою швидкістю осідають на зношену поверхню, формуючи покриття. Важливою особливістю детонаційного напилення є те, що частинки нагріваються менше, ніж під час плазмового напилення, але рухаються з більшою швидкістю, що позитивно позначається на щільності та міцності покриття.

Разом із тим цей спосіб має і певні недоліки. Під час напилення деталь може нагріватися до температури 200–250 °С, що іноді викликає появу внутрішніх напружень. Крім того, до недоліків слід віднести високу собівартість процесу, значний рівень шуму, великі габарити обладнання та порівняно невисоку продуктивність, яка становить близько 1,8 кг порошку за годину.

Поширеним сучасним методом є також плазмове наплавлення. Джерелом теплової енергії в цьому випадку виступає струмінь плазми. Плазма являє собою іонізований газ, нагрітий до дуже високої температури, який здатний проводити електричний струм. Плазмовий струмінь утворюється у спеціальних пристроях — плазмотронах. Як плазмоутворювальні гази використовують аргон, азот, гелій, водень або їх суміші. Найвищу температуру має аргонна плазма — до 15–20 тис. °С, а швидкість її витікання може досягати 1000–1500 м/с.

Під час плазмового наплавлення присадний матеріал подається до зварювальної ванни у вигляді порошку або дроту. Для створення плазмового струменя між анодом і катодом збуджується електрична дуга, а в зону її горіння подається газ, який, проходячи через дуговий проміжок, нагрівається та іонізується. Завдяки високій концентрації

теплової енергії, стабільності дугового розряду та можливості окремого регулювання нагрівання основного і присадного матеріалів цей спосіб має суттєві технологічні переваги.

Серед основних переваг плазмового наплавлення слід виділити можливість регулювання фізико-механічних властивостей нанесеного шару в широких межах залежно від матеріалу відновлюваної деталі, а також високу продуктивність, яка становить приблизно 3–8 кг/год. Водночас до недоліків цього методу належать висока вартість обладнання, значні витрати на його експлуатацію та інтенсивне ультрафіолетове випромінювання під час роботи.

Окрему групу становлять методи газополуменевого напилення. Їх суть полягає у нанесенні покриття на поверхню деталі порошковим матеріалом, який нагрівається полум'ям газу до рідкого або в'язкотекучого стану й переноситься на поверхню газовим потоком. Перед нанесенням покриття поверхню обов'язково очищають і знежирюють. Для напилення тугоплавких матеріалів застосовують спеціальні установки, зокрема типу УЛН-8-64, що включають розпилювальну головку, автономний живильник і допоміжне обладнання. Такі установки працюють на ацетилено-кисневому полум'ї, а транспортуєчим газом є кисень.

Порівняно з плазмовим напиленням газополуменевий спосіб має низку переваг. Насамперед це менші габарити обладнання, відсутність електродів, високої напруги та спеціальних збуджувальних газів. Крім того, вартість обладнання та витрати на його експлуатацію є нижчими, що робить цей метод більш доступним для ремонтного виробництва.

У практиці ремонту корпусних деталей застосовується також місцеве осадження в нерухомому електроліті. У цьому разі отвір герметизують знизу, заповнюють електролітом, установлюють анод і підключають джерело струму. Таким чином сам отвір виконує роль локальної електролітичної ванни. Цей спосіб часто використовують для відновлення посадкових поверхонь під підшипники.

Процес залізнення здійснюють в електроліті при катодній густині струму 10–20 А/дм². Перед початком роботи електроліт нагрівають до температури 50–60 °С, після чого заливають у місцеву ванну. У подальшому температуру підтримують у межах 60–90 °С за рахунок теплоти, що виділяється під час електролізу. Іноді попереднє анодне травлення поверхні проводять безпосередньо в тому самому електроліті. Для цього

спочатку вмикають зворотну полярність і виконують травлення при густині струму 10–15 А/дм² упродовж 1–1,5 хв, а потім змінюють полярність і здійснюють осадження металу до потрібної товщини.

Перевагою залізнення є можливість отримання покриття з твердістю в широких межах — від НВ 150 до НВ 600. Крім того, цей спосіб вирізняється відносною дешевизною та доступністю вихідних матеріалів. Однак процес має і свої недоліки: він характеризується нестабільністю за кислотністю електроліту, потребує підігріву під час гарячого осадження та є досить трудомістким.

Отже, кожен із розглянутих способів відновлення посадкових місць корінних опор блока циліндрів має свої переваги, недоліки та сферу доцільного застосування. Вибір конкретного методу визначається величиною зносу, властивостями матеріалу деталі, вимогами до якості відновленої поверхні, економічною доцільністю та наявністю відповідного обладнання в ремонтному виробництві.

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Дослідження дефектів блок-картера

Найбільш поширеними дефектами блок-картера є: тріщини в перемичках між циліндрами, тріщини у стінках водяної сорочки, спрацювання та порушення співвісності гнізд вкладишів корінних підшипників, зношування торцевих поверхонь корінних опор під упорні півкільця, викривлення привалювальної площини, що сполучається з головкою циліндрів, зношування гнізд під втулки розподільного вала, пошкодження різьби в тілі блока у вигляді зриву або зламу шпильок, а також спрацювання отворів під штовхачі.

Корінні опори блока належать до найбільш навантажених і схильних до зношування елементів. Вони працюють під дією змінних динамічних навантажень, тому під час відновлення блока циліндрів особливу увагу необхідно приділяти поліпшенню умов їх роботи та чинникам, що впливають на якість ремонту.

Результати дослідження дефектів блок-картера, які трапляються найчастіше, наведено в таблиці 2.1 та на аркуші графічної частини.

Таблиця 2.1 – Дефекти блок-картера та частота їх виникнення

Найменування дефектів	Частина, %
1. Тріщини перемичок між циліндрами	34
2. Тріщини у стінках водяної сорочки	60
3. Зношування або неспіввісність гнізд вкладишів корінних підшипників	100
4. Короблення привалкової площини, що сполучається з головкою циліндрів	77
5. Зношування гнізд під втулки розподільного валу	41
6. Зношування різьблення в тілі блоку	88
7. Зношування отвору під штовхач	25
8. Зношування торцевих поверхонь корінних опор під упорні кільця	71

Аналіз отриманих даних показує, що найчастіше спрацьовуються гнізда вкладишів підшипників — у 100 % випадків. Досить поширеними також є зношування

та зрив різьби в тілі блока, частка яких становить 88 %, а також викривлення привалювальної площини, що прилягає до головки циліндрів, — 77 %.

2.2 Характеристика деталі, що відновлюється

Корінні опори блок-картерів дизельних двигунів входять до складу суцільної складної відливки, виготовленої із сірого дрібнозернистого чавуну марок СЧ18 і СЧ21, який характеризується високими ливарними та механічними властивостями. Ці елементи належать до нерухомих частин механізму, що формує корпус двигуна та забезпечує жорстке кріплення корінних підшипників ковзання, створюючи тим самим умови для стабільної роботи всього кривошипно-шатунного механізму. Складовою частиною корінної опори є рознімна кришка корінного підшипника.

Усі поверхні посадкових місць корінних опор двигуна взаємодіють з опорними шийками колінчастого вала через підшипники ковзання — корінні вкладиші. Гнізда під вкладиші повинні мати відповідну якість обробки поверхні та шорсткість, що відповідає значення: $R_a = 1,25$ мкм.

2.3 Вибір раціонального способу відновлення корінних опор

Раціональний спосіб відновлення корінних опор визначають на основі трьох основних критеріїв: технологічного, технічного та техніко-економічного.

2.3.1 Технологічний критерій

Технологічний критерій дає змогу оцінити можливість застосування різних способів відновлення з урахуванням конструктивно-технологічних особливостей деталі. До таких особливостей належать геометрична форма, габаритні розміри, матеріал деталі, вид попередньої термічної або іншої обробки, твердість, шорсткість поверхні та інші характеристики.

Згідно з технологічним критерієм, для відновлення корінних опор блока можуть бути використані такі способи:

- детонаційне напилення;
- плазмове наплавлення;
- газополуменеве напилення;
- місцеве осадження.

2.3.2 Технічний критерій

Технічний критерій дає оцінку кожному способу, відібраному за технологічною ознакою, з точки зору можливості відновлення експлуатаційних властивостей поверхні. Тобто визначається, наскільки обраний метод забезпечує працездатність деталі завдяки необхідній довговічності, міцності зчеплення покриття з основою, зносостійкості та достатній твердості відновленого шару.

Для кожного з вибраних способів виконується комплексна якісна оцінка за коефіцієнтом довговічності K_d .

За технічним критерієм для відновлення посадкових місць корінних опор блока найбільш доцільним є метод газополуменевого напилення.

2.3.3 Техніко-економічний критерій

Техніко-економічний критерій поєднує в собі оцінку вартості відновлення деталі та її довговічності після усунення дефектів.

Оцінювання за техніко-економічним критерієм проводять за формулою В. А. Шадричева:

$$K_T = \frac{C_B}{K_d} \quad (2.1)$$

де K_T — коефіцієнт техніко-економічної ефективності;

C_B — собівартість відновлення 1 м² зношеної поверхні, грн/м²;

K_d — коефіцієнт довговічності відновленої поверхні.

Найбільш ефективним вважається той спосіб відновлення, для якого значення коефіцієнта K_T прямує до мінімуму.

Згідно з техніко-економічною оцінкою, найбільш ефективним способом відновлення посадкових місць корінних опор блока є газополуменеве напилення, оскільки цей метод характеризується найменшим значенням коефіцієнта K_T . Результати розрахунків наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняльна оцінка різних способів наплавлення за прийнятими критеріями

Спосіб відновлення	K_d	C_v , грн/м ²	K_T
Детонаційне напилення	0,61	263	431
Плазмове напилення	0,78	245	314
Газополум'яне напилення	0,86	290	249
Місцеве осадження	0,56	322	575

2.4 Аналіз запропонованої технології відновлення блок-картера

Миття блока виконують після його розбирання на дільниці комплектування. Для цього блок установлюють у мийну машину ОМ-4610. У процесі миття здійснюється очищення масляних каналів від забруднень і відкладень, що накопичилися на їх стінках. Очищення масляних каналів і посадкових місць є однією з найважливіших операцій ремонту, оскільки від ступеня їх забруднення значною мірою залежить міжремонтний ресурс посадкових поверхонь блока. Очищення виконують із застосуванням розчину «Лабомід-209» ТУ 38-10738-80. При цьому використовують такі режими миття:

1. температура мийного розчину — $T = (85 \pm 5)^\circ\text{C}$;
2. тиск рідини, що подається, — $P = 0,4 \dots 0,8 \text{ МПа}$;
3. тривалість дії розчину — $t = 10 \dots 15 \text{ хв}$;
4. концентрація мийного розчину — $20 \dots 30 \text{ г/л}$.

Після очищення блок-картер надходить на пост дефектування, де виконують виявлення та оцінку наявних пошкоджень.

Дефектування. Контроль технічного стану та виявлення дефектів розпочинають із зовнішнього огляду блока, після чого проводять перевірку за допомогою магнітного дефектоскопа МД-50П. Для контролю гнізд вкладишів корінних підшипників використовують нутромір НИ 100–160.

Основні дефекти блок-картера та способи їх усунення наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні дефекти блок-картера та способи їх усунення

Найменування дефекту	Спосіб усунення дефекту
Задираки, припали, знос або відхилення від співвісності гнізд вкладишів корінних підшипників	Наплавити посадкові місця до номінального розміру
Короблення поверхні сполучення плоскісток роз'єму блоку циліндрів з головками циліндрів	Шліфувати поверхню до усунення короблення
Знос торцевих поверхонь корінних опор під уперті півкільця	Шліфувати поверхні
Зношування та зрив різьблення в тілі блоку	Поставити круту втулку або розварити нарізати різьблення

2.5 Ремонт посадкових отворів блок-картера

На сьогодні розроблено технологічні процеси та комплекти оснащення, що дають змогу якісно відновлювати блок-картери автотракторних двигунів. Цими технологічними процесами передбачено усунення всіх виявлених дефектів відповідно до технічних вимог, установлених для капітального ремонту двигунів. Запропоноване оснащення забезпечує відновлення посадкових отворів у блоці з високою точністю, що сприяє збільшенню міжремонтного ресурсу двигуна.

Ремонт корінних опор блока. Для корінних опор і опор розподільного вала характерні такі дефекти: відхилення діаметральних розмірів від норми, порушення співвісності, провертання корінних вкладишів та аварійне спрацювання постелей блока, послаблення посадки, поява тріщин і зламів кришок корінних підшипників, а також зношування отворів під втулки розподільного вала.

Причини виникнення цих дефектів пов'язані насамперед із деформацією блока циліндрів, унаслідок чого порушується співвісність корінних опор. Звичайне експлуатаційне спрацювання корінних опор двигунів, як правило, спостерігається рідко, однак для них характерні аварійні зноси, що виникають внаслідок провертання корінних вкладишів. Зазвичай це відбувається так: спочатку одна з корінних шийок колінчастого вала схоплюється з вкладишем, після чого настає заклинювання, яке супроводжується провертанням вкладиша в опорі. У результаті такого явища на поверхнях опор

виникають задири та інші пошкодження. Величина зносу від повертання вкладишів зазвичай становить 0,2...0,6 мм.

Для відновлення посадкових місць під вкладиші застосовують газополуменеве напилення. Перед цим аварійно зношені корінні опори розточують під ремонтний розмір, який перевищує номінальний на 0,5...1,0 мм за діаметром.

Якщо відхилення за діаметром або співвісністю перевищує 0,03 мм, блок підлягає ремонту методом лінійного розточування отворів зі зміщенням осі. При цьому дотримуються такої послідовності операцій: розточування, дробоструминна обробка поверхні, знежирення та газополуменеве напилення.

Зношені посадкові місця корінних опор і отвори під втулки розподільного вала відновлюють на горизонтально-розточувальному верстаті одночасно двома борштангами з установленими різцями. Різці виставляють за допомогою індикаторного пристрою під такі розміри: для розточування постелей блока циліндрів під вкладиші корінних підшипників — 100,5 мм; для передньої втулки розподільного вала — 53,6 мм, середньої — 53,8 мм, задньої — 41,6 мм.

Після цього посадкові місця піддають напиленню як одному зі способів відновлення, за якого покриття наносять на поверхню постелей блока газовим струменем порошкового матеріалу, нагрітого полум'ям газу до рідкого стану. Розплавлений метал розпилюється газовим потоком на частинки розміром 3...300 мкм і зі швидкістю 100...300 м/с наноситься на поверхню.

До переваг газополуменевого напилення належать можливість отримання покриттів різної товщини, до 4,0 мм, забезпечення необхідної твердості та міцності нанесеного шару, а також широкі можливості регулювання фізико-механічних властивостей покриття залежно від матеріалу деталі, що відновлюється.

Водночас цей спосіб має і певні недоліки. Покриття можуть розтріскуватися під час нанесення або охолодження, а також розшаровуватися в процесі механічної обробки. Причинами таких дефектів можуть бути неправильно вибрані режими напилення, недостатнє знежирення поверхні перед нанесенням покриття, а також невдало підібраний порошок для металізації, унаслідок чого знижується міцність зчеплення нанесеного шару з металевою основою.

У розробленій технологічній карті цей спосіб прийнято з певними удосконаленнями, що дають змогу запобігти зазначеним дефектам покриття. До

технологічних заходів захисту поверхонь від корозійно-втомного руйнування насамперед належать різні види обробки, які підвищують втомну міцність матеріалу та забезпечують стійкість до впливу агресивного середовища. Найбільш ефективними є механічні, термічні та хіміко-термічні методи зміцнення. Саме тому в цьому технологічному процесі після підготовчого розточування отворів перед напиленням введено операцію дробоструминної обробки посадкових отворів під підшипники.

Цей процес ґрунтується на зміцненні металу шляхом пластичного деформування поверхневого шару. Наприклад, обробка поверхні дробом діаметром 1,6 мм протягом 2 хвилин може майже втричі підвищити зносостійкість у умовах фретинг-корозії. Збільшення зносостійкості при такому зміцненні пояснюється зменшенням пластичності поверхневого шару, перетворенням залишкового аустеніту в мартенсит та формуванням залишкових напружень стиску в поверхневій зоні.

Дробоструминну обробку також проводять із метою збільшення шорсткості поверхні, що покращує зчеплення напиленого металу з чавунною основою блок-картера.

Обробку виконують за допомогою спеціально розробленого пристрою, який являє собою дробоструминну камеру з установленим усередині дробоструминним пістолетом. Блок розміщують у камері, після чого виконують обробку посадкових отворів дробом, що вилітає з сопла пістолета з великою швидкістю. Як абразивний матеріал використовують, наприклад, білий електрокорунд 24А із зернистістю 1500...2000 мкм за ГОСТ 3647-80.

Після дробоструминної обробки виконують знежирення посадкових місць підшипників перед напиленням для повного видалення забруднень. Знежирення здійснюють у спеціальній ванні, в яку поміщають блок. Як реактив використовують розчинник №646, який наносять на оброблювану поверхню ватним тампоном.

Далі блок, що відновлюється, установлюють на стіл для наплавних робіт. Для вдосконалення та спрощення процесу замість громіздких газоструминних металізаторів передбачено використання газополуменевого порошкового пальника «Іскра-1В» конструкції Железногорського заводу «Ренмашпомімент».

Газополуменевий порошковий пальник «Іскра-1В» призначений для нанесення зносостійких і захисних покриттів порошковими матеріалами на поверхні виробів, до яких висуваються підвищені вимоги щодо зносостійкості, жаростійкості та корозійної

стійкості.

Технічні характеристики газополуменевого порошкового пальника «Іскра-1В»:

1. продуктивність — 1,5 кг/год;
2. робочий тиск газів, МПа: ацетилен за ГОСТ 5457-75 — 0,07...0,10; кисень за ГОСТ 5583-78 — 0,40...0,45;
3. витрата газів, л/хв: ацетилен — 10...15; кисень — 20...23;
4. місткість знімного бункера для порошку — 0,35...0,50 л.

Конструкція пальника забезпечує нагрівання полум'я до 4500 °С і його обтиснення струменем повітря, що дає змогу точніше подавати газовий потік у зону напилення.

Для напилення використовують композиційні порошки ПТ-Ю5Н і ПТ-Ю10Н.

ПТ-Ю5Н: склад — $Ni + 5,2Al$; твердість — HB 210; міцність — 55 МПа. Властивості порошку і покриття: екзотермічно активний порошок, що утворює сполуки типу $Ni - Al$. Для нього характерні стабільний тепловий ефект і добра сипкість через отвори діаметром 1,7 та 2,5 мм. Покриття мають достатню зносостійкість, корозійну стійкість і добре витримують ударні навантаження.

ПТ-Ю10Н: склад — $Ni + 9Al$; твердість — HB 170; міцність — 55 МПа. Ці порошки застосовують як підшар для нанесення більш твердих покриттів, а також безпосередньо для відновлення поверхонь. Самофлюсувальні сплави на їх основі використовують для формування зносостійких робочих шарів під час відновлення та зміцнення посадкових місць і ущільнювальних поверхонь деталей.

Після завершення напилення необхідно виконати механічну обробку відновлених посадкових місць до номінального розміру. Після розточування здійснюють контроль відновлених поверхонь за допомогою індикаторного нутроміра.

Досить поширеним і тривалий час характерним дефектом блоків циліндрів швидкохідних дизелів є корозійно-кавітаційне руйнування нижніх посадкових місць під гільзи. Технологічність ремонту такого дефекту залежить від конструктивного виконання вузла. Більш доцільним є варіант, коли ущільнювальні кільця розміщені в канавках, виконаних у блоці циліндрів, а не на самих гільзах, оскільки в цьому випадку надійність ущільнення є вищою.

Нині застосовують такі способи усунення корозійно-кавітаційних руйнувань нижніх посадкових місць у блоках і гільзах:

1. нанесення спеціальних полімерних композицій;
2. газополуменеве напилення;
3. установлення ремонтних втулок;
4. паяння;
5. виконання в блоці нової канавки нижче або вище початкової;
6. розточування наявної канавки до повного усунення каверн з подальшим установленням ущільнювального кільця збільшеної товщини;
7. застосування спеціальних охолоджувальних рідин або присадок до них.

Верхні посадкові місця в блоках під гільзи кавітаційному руйнуванню не піддаються. Їх лише захищають дворівневою розгорткою від утворення нагару.

Ремонт блоків із тріщинами в нижніх перемичках між циліндрами виконують у такій послідовності. Поверхню перемички від посадкового місця під гільзу до постелі очищають від накипу й ливарної кірки до металевого блиску на ширину 10...15 мм з кожного боку, використовуючи машину ІП-2009А з кругами ПП 80 × 20 × 20. Після цього поверхню продувають стисненим повітрям і знежирюють бензином БР-1 «Галоша». Далі блок установлюють у горизонтальне положення та наносять на тріщину 2–3 краплі герметика АН-ІV у зоні канавки під ущільнювальне кільце. Через 15...20 хв наносять захисний склад, що містить 70 % кальциту та 30 % прожареної бури, шаром 2...3 мм. Зварювання виконують окремими поперечними валиками, після чого з обох боків перемички наносять поздовжній суцільний шов і завершують операцію поперечними ущільнювальними валиками дротом ПАНЧ-11 на прямій полярності.

Різьбові з'єднання забезпечують жорсткість стику, герметичність спряження та запобігають осьовому переміщенню деталей. Основними їх дефектами є зрив різьби, злам шпильок і болтів, спрацювання різьбових поверхонь, руйнування різьбових отворів. У разі зламу шпильки або болта в центрі уламка свердлять отвір на всю довжину, у який встановлюють екстрактор і вивертають залишок кріпильного елемента. Якщо є можливість накрутити на уламок гайку, доцільно використати цей спосіб і видалити шпильку разом із гайкою торцевим ключем. Відновлення різьби повторним проганянням знижує її міцність, тому пошкоджені або зношені різьбові отвори ремонтують установленням спіральних різьбових вставок. Отвір розсвердлюють до ремонтного розміру, нарізають нову різьбу збільшеного діаметра з початковим кроком, після чого встановлюють спіральну вставку й угвинчують шпильку номінального

розміру. Використання спіральних пружинних вставок із нержавіючої сталі дає змогу підвищити міцність різьбових з'єднань на 20...30 % порівняно з новими.

Зношені внутрішні поверхні отворів під штовхачі відновлюють розвертанням під ремонтний розмір на вертикально-свердлильному верстаті.

2.6 Проектування ділянки з відновлення блок-картерів

Було прийнято рішення спроектувати ділянку для ремонту блок-картерів автотракторних двигунів на місці колишньої вулканізаційної ділянки.

Під час проектування цієї ділянки необхідно визначити річну програму ремонту блок-картерів. Вона формується на основі кількості деталей, що потребують відновлення протягом року. Виходячи з даних статистичної служби підприємства, виробнича програма приймається на рівні 300 одиниць на рік.

2.6.1 Розрахунок річної трудомісткості програми ремонту блок-картерів

Річну трудомісткість визначають за таким виразом [17]:

$$T_r = t_1 + n_1 + t_2 + n_2 + \dots + t_n \cdot n_n \quad (2.2)$$

де t_1 — питома трудомісткість ремонту одного блок-картера, люд.-год;

n_1 — річна кількість блок-картерів, що підлягають ремонту, шт.

Відповідно до довідникових джерел [1], середня питома трудомісткість відновлення одного блок-картера становить 9,5 люд.-год. Отже, річну трудомісткість виконання цих робіт визначають за наведеною залежністю:

$$T_r = 9,5 \cdot 300 = 2850 \text{ люд.-год}$$

2.6.2 Розрахунок і добір ремонтно-технологічного обладнання ділянки

У структурі загального обсягу робіт з відновлення блок-картерів приблизно 70 % займають верстатні операції, тоді як 20 % припадає на наплавні роботи.

На основі наведеного процентного розподілу відновлювальних процесів визначають потребу ділянки в необхідному ремонтно-технологічному обладнанні.

Річну трудомісткість верстатних робіт визначають за формулою:

$$T_{cm} = 0,7 \cdot T_{діл} \quad (2.3)$$

де $T_{діл}$ — загальна річна трудомісткість робіт, що виконуються на ділянці, люд.-год.

$$T_{cm} = 0,7 \cdot 2850 = 1995 \text{ люд.-год}$$

Кількість верстатного обладнання ділянки визначають за такою залежністю [12]:

$$S_{\text{см}} = \frac{T_{\text{см}} \cdot K_{\text{н}}}{\Phi_{\text{д.о}} \cdot \eta_0} \quad (2.4)$$

де $T_{\text{см}}$ — загальна трудомісткість верстатних робіт, люд.-год;

$K_{\text{н}}$ — коефіцієнт, що враховує нерівномірність завантаження ділянки; його значення приймають у межах 1,0...1,3;

η_0 — коефіцієнт використання верстатного обладнання, який становить 0,85...0,9;

$\Phi_{\text{д.о}}$ — дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.

$$\Phi_{\text{д.о}} = \Phi_{\text{н}} \cdot n_3 \cdot \eta_0 \quad (2.5)$$

де $\Phi_{\text{н}}$ — номінальний річний фонд робочого часу обладнання, год;

n_3 — число робочих змін протягом доби;

η_0 — коефіцієнт використання обладнання, значення якого приймають рівним 0,98.

Номінальний річний фонд часу роботи обчислюють за відповідною залежністю:

$$\Phi_{\text{н}} = (K_{\text{р}} \cdot t_{\text{зм}} - K_{\text{н}} \cdot t_3) \cdot n \quad (2.6)$$

де $K_{\text{р}}$ — число робочих днів протягом року; для п'ятиденного робочого тижня приймають 253 дні;

$t_{\text{зм}}$ — тривалість робочої зміни, год;

$K_{\text{н}}$ — кількість передсвяткових і передвихідних днів;

t_3 — величина скорочення тривалості зміни у передсвяткові та передвихідні дні, год;

n — кількість змін роботи обладнання.

Отже, номінальний річний фонд часу роботи дорівнюватиме:

$$\Phi_{\text{н}} = (253 \cdot 8 - 9 \cdot 1) \cdot 1 = 2015 \text{ год}$$

Отже, дійсний річний фонд часу роботи обладнання визначатиметься за такою залежністю:

$$\Phi_{\text{д.о}} = 2015 \cdot 1 \cdot 0,98 = 1974,7 \text{ год}$$

Таким чином, розрахунок верстатного обладнання ділянки дає таке значення:

$$S_{\text{см}} = \frac{1995 \cdot 1,3}{1974,7 \cdot 0,85} = 1,5 \approx 1 \text{ шт}$$

Розрахунок кількості наплавних установок виконують за такою залежністю:

$$N_{\text{ну}} = \frac{T_{\text{н}}}{\Phi_{\text{д.о}} \cdot n_{\text{с}} \cdot K_{\text{у}}} \quad (2.7)$$

де $T_{\text{н}}$ — загальна трудомісткість наплавних робіт, люд.-год;

K_u — коефіцієнт використання обладнання в часі, значення якого приймають рівним 0,85;

n_c — кількість робочих змін, у даному випадку $n_c = 1$.

$$T_H = 0,2 \cdot T_{\text{діл}} \quad (2.8)$$

$$T_H = 0,2 \cdot 2850 = 570 \text{ люд.-год}$$

За результатами розрахунку кількість наплавних установок буде такою:

$$N_{\text{ну}} = \frac{570}{1974,1 \cdot 1 \cdot 0,85} = 0,33 \text{ шт}$$

За результатами розрахунку приймаємо одну наплавну установку, тобто $N_{\text{ну}} = 1$ шт. Усі розрахункові дані, а також перелік обраного обладнання наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Перелік обладнання ділянки з відновлення блок-картерів

№ п/п	Найменування обладнання	Кіль.	Тип, марка	Габаритні розміри, мм	Площа, м ²	Сума грн.
1.	Верстат слюсарний	1	ОРГ-1468	1100×800	0,88	13650
2.	Ванна для знежирення ванна	1	2252	1000×700	0,70	8700
3.	Стелаж для зберігання блоків двигунів	1	5394	1020×1100	1,12	24800
4.	Камера дробоструму-ная	1	—	1200×1000	1,20	16900
5.	Стіл для наплавлених робіт	2	ОРГ-1468-03-340	1155×745	1,72	19650
6.	Верстат горизонтально-розточувальної	1	ГЛ-614	2800×900	2,52	98750
7.	Електрощит	1	—	600×300	0,18	13600
8.	Стелаж для ремонту них матеріалів	1	ОРГ-1468-05-320А	1400×500	0,70	15800
9.	Стелаж 2-х секційвінний	1	ОРГ-1468-05-318	1500×1000	1,5	19760
Разом		10	-	-	10,54	231610

2.6.3 Розрахунок виробничої площі

Розрахунок виробничої площі дільниці може виконуватися кількома способами. Для даної дільниці доцільно використати метод визначення площі за сумарною площею, зайнятою обладнанням, з урахуванням перехідного коефіцієнта. Обчислення проводять за такою залежністю [12]:

$$F_{\text{діл}} = (F_{\text{об}} + F_{\text{м}}) \cdot \sigma \quad (2.9)$$

де $F_{\text{об}}$ — площа, зайнята технологічним обладнанням, м²;

$F_{\text{м}}$ — площа, яку займають машини, м²;

σ — коефіцієнт, що враховує площу робочих зон і проходів; його значення приймають у межах 2,5...3;

$F_{\text{м}} = 0$, тому що на даній дільниці машини не передбачені.

$$F_{\text{об}} = \sum_{i=1}^n n_i \cdot f_i \quad (2.10)$$

де n_i — кількість одиниць обладнання відповідної і-ої марки, шт.;

f_i — питома площа, що припадає на одну одиницю обладнання і-ої марки, м².

$$F_{\text{об}} = 1 \cdot 0,88 + 1 \cdot 0,70 + 1 \cdot 1,12 + 1 \cdot 1,20 + 2 \cdot 0,86 + 1 \cdot 2,52 + 1 \cdot 0,18 + 1 \cdot 0,70 + 1 \cdot 1,5 = 10,54 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт, який ураховує площу проходів і робочих зон, приймаємо на рівні $\sigma = 3,5$.

Отже, розрахункова площа дільниці для відновлення блок-картерів дорівнюватиме:

$$F_{\text{діл}} = (10,54 + 0)3,5 = 36 \text{ м}^2$$

Приймаємо габаритні розміри дільниці з відновлення блок-картерів 9×4 м, що відповідає площі 36 м².

2.6.4 Розрахунок необхідної кількості виробничих робітників

Чисельність основних виробничих робітників на дільниці визначають за такою формулою [12]:

$$P_{\text{діл}}^{\text{сп}} = T_{\text{діл}} / \Phi_{\text{д.р}} \cdot K \quad (2.11)$$

де $\Phi_{\text{д.р}}$ — дійсний річний фонд робочого часу одного працівника, год;

K — коефіцієнт перевиконання норм виробітку, значення якого приймають у межах 1,05...1,15.

Дійсний фонд часу роботи одного робітника обчислюють за такою залежністю:

$$\Phi_{д.р} = (\Phi_{н} - K_0 \cdot t_{зм})\eta_p \quad (2.12)$$

де K_0 — загальна кількість робочих днів;

$t_{зм}$ — тривалість робочої зміни, год;

η_p — коефіцієнт втрат робочого часу, $\eta_p = 1,15$.

$$\Phi_{д.р} = (2015 - 24 \cdot 8) \cdot 0,97 = 1768,3 \text{ год}$$

Отже, розрахункова чисельність основних виробничих робітників дільниці дорівнюватиме:

$$P_{д\text{іл}}^{\text{сп}} = \frac{250}{1768,3} \cdot 1,15 = 1,53 \text{ люд}$$

За результатами розрахунку приймаємо кількість виробничих робітників дільниці $P_{д\text{іл}}^{\text{сп}} = 2$ особи.

Структуру розподілу виробничого персоналу за видами виконуваних робіт на дільниці подано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розподіл виробничих робітників за видами робіт

Найменування робіт	Число робітників в	Розряд роботи					
		I	II	III	IV	V	VI
Напилення	1						1
Механічна обробка деталі	1				1		

Для визначення середнього розряду виробничих робітників використовують таку залежність [12]:

$$\alpha_{\text{ср}} = (P_I + 2P_{II} + 3P_{III} + \dots + 6P_{VI}) / P_{д\text{іл}}^{\text{сп}} \quad (2.13)$$

де $P_I, P_{II}, P_{III}, \dots, P_{VI}$ — число робітників, що належать до відповідних тарифних розрядів, осіб;

$P_{д\text{іл}}^{\text{сп}}$ — облікова кількість працівників на дільниці, осіб.

$$\frac{\alpha_{\text{ср}}(0 \cdot 1 + 1 \cdot 0 + 3 \cdot 0 + 4 \cdot 1 + 5 \cdot 0 + 6 \cdot 1)}{2} = 5$$

2.7 Енергетична частина розрахунків дільниці з відновлення блоку-картерів

2.7.1 Визначення середньорічного споживання електричної енергії

На проєктованій ділянці загальні витрати електроенергії формуватимуться за рахунок силового та освітлювального електроспоживання [11]:

$$W_r = W_{r.c} + W_{r.осв} \quad (2.14)$$

де W_r — загальні середньорічні витрати електроенергії на ділянці, кВт;

$W_{r.c}$ — середньорічне споживання силової електроенергії, кВт;

$W_{r.осв}$ — середньорічне споживання електроенергії на освітлення, кВт.

Для розрахунку середньорічних витрат силової електроенергії спочатку визначають установлену потужність електроприймачів ($P_{уст}$) для кожної одиниці обладнання. Далі, з урахуванням коефіцієнта попиту для кожної групи електроспоживачів, знаходять активну потужність за відповідною залежністю [12]:

$$P_\alpha = \eta_c \cdot Z P_{уст} \quad (2.15)$$

де η_c — коефіцієнт попиту, що враховує неповне завантаження електроприймачів за потужністю, неодноразовість їх роботи, а також втрати електроенергії в мережі й електродвигунах; його значення приймають у межах 0,15 ... 0,25.

Тоді встановлена потужність обладнання ділянці дорівнюватиме:

$$P_\alpha = 0,20 \cdot 10,5 = 2,1 \text{ кВт}$$

Розрахунок річного споживання силової електроенергії виконують за такою залежністю [11]:

$$W_{r.c} = Z P_\alpha \cdot \Phi_d \cdot \eta_z \quad (2.16)$$

Для розрахунку середньорічних витрат освітлювальної електроенергії користуються такою формулою:

$$W_{r.осв} = T_{ос} \cdot F_{д\text{іл}} \cdot S_0 / 1000 \quad (2.17)$$

де $T_{ос}$ — річна тривалість використання максимальної освітлювальної потужності, год;

$F_{д\text{іл}}$ — площа виробничої ділянці, м²;

S_0 — питома потужність освітлювального навантаження, кВт/м².

Відповідно до довідкової літератури приймаємо:

$$T_{ос} = 800 \text{ год} \quad S_0 = 0,015 \text{ кВт/м}^2$$

$$W_{r.осв} = 800 \cdot 36 \cdot 0,015 = 432 \text{ кВт}$$

У результаті розрахунку середньорічні витрати електроенергії становлять:

$$W_r = 2370 + 432 = 2802 \text{ кВт}$$

2.7.2 Визначення середньорічних витрат тепла на опалення і вентиляцію

Розрахунок середньорічного споживання тепла на потреби опалення та вентиляції виконують за такою залежністю [11]:

$$Q_{г.р.н} = \partial_T \cdot T_{оп} \cdot V_{діл} / 1000 \cdot i \quad (2.18)$$

де ∂_T — питомі витрати тепла на 1 м² будівлі, ккал/год; для розрахунку приймаємо $\partial_T = 20$ ккал/год;

$T_{оп}$ — кількість годин опалювального періоду; $T_{оп} = 4368$ год;

$V_{діл}$ — об'єм виробничої будівлі, м³;

i — тепловміст пари, ккал/кг; $i = 540$ ккал/кг.

Отже, середньорічні витрати тепла на опалення та вентиляцію дорівнюватимуть:

$$Q_{г.р.н} = \frac{20 \cdot 4368 \cdot 216}{1000 \cdot 540} = 35 \text{ м}^2$$

2.7.3 Визначення річної потреби дільниці у стисненому повітрі

Розрахунок річної потреби дільниці у стисненому повітрі виконують за такою залежністю [11]:

$$Q_v = K_c \cdot K_n \cdot K_e \cdot ZQ_{ср} \cdot \Phi_d \cdot \eta \quad (2.19)$$

де K_c — коефіцієнт попиту на повітря, значення якого приймають у межах 0,4...0,6;

K_n — коефіцієнт, що враховує втрати стисненого повітря внаслідок нещільностей у з'єднаннях; у розрахунку приймаємо $K_n = 1,5$;

$ZQ_{ср}$ — сумарна середня витрата стисненого повітря всіма пневмоприймачами, м³/год;

Φ_d — дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год;

η — кількість робочих змін.

Отже, річна потреба дільниці у стисненому повітрі дорівнюватиме:

$$Q_v = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 4 \cdot 1374,7 \cdot 1 = 7701 \text{ м}^3$$

2.8 Аналіз наявних конструкцій стендів для розбирання та складання ДВЗ

Розбирання та складання двигунів внутрішнього згоряння пов'язані зі значними фізичними навантаженнями. Застосування засобів механізації під час ремонту двигунів дає змогу істотно полегшити працю персоналу та зменшити трудомісткість виконання

робіт. До таких засобів належать стенди для розбирання та складання двигунів. За своєю будовою подібні стенди мають багато спільного, є нескладними в експлуатації та переважно відрізняються окремими конструктивними рішеннями й виробником [23].

Такі стенди забезпечують виконання базових операцій під час розбирання і складання двигуна, а також інших вузлів та механізмів автотракторної техніки. Вони дають можливість підвішувати агрегати, змінювати їх просторове положення та надійно фіксувати під різними кутами, що створює зручні умови для проведення ремонтних робіт.

Використання стендів, за даними різних джерел, дозволяє скоротити тривалість операцій із розбирання та складання двигунів приблизно у 1,5–2 рази.

Стенди такого типу застосовують на ремонтних підприємствах, а також у великих сервісних центрах, де ремонт двигунів внутрішнього згоряння виконується поточним методом. У невеликих приватних майстернях іноді можна зустріти саморобні конструкції для ремонту двигунів, однак більшість станцій технічного обслуговування обходиться без них. Наявність або відсутність такого обладнання визначається передусім доцільністю його використання, а також ставленням власника СТО до організації праці та підвищення продуктивності.

Одним із недоліків ранніх моделей стендів була недостатня універсальність. Майстерням часто доводилося самостійно модернізувати адаптери під різні типи двигунів і агрегатів, щоб уникнути придбання окремого стенда для кожного виду силового вузла. Сьогодні ця проблема значною мірою вирішена, оскільки сучасні стенди для розбирання та складання двигунів і агрегатів здебільшого мають універсальне призначення.

Наприклад, стенд Р-500Е, виготовлений українським підприємством з виробництва сервісного обладнання, оснащений оригінальними пристроями з чотирма ступенями свободи, що забезпечує високий рівень універсальності. Багато закордонних аналогів зазвичай мають лише два ступені свободи кріплення двигуна на стенді: у горизонтальній та вертикальній площинах. Цю модель було розроблено українськими інженерами у 2008 році для роботи з різними типами двигунів, коробок передач, задніх мостів, вузлів і механізмів масою до 500 кг. Саме такої функціональності бракувало її попередній моделі — Р-500.



Рисунок 2.1 – Універсальний стенд Р-500Е для розбирання та складання двигунів і агрегатів

Модель С10601-2 торговельної марки Trommelberg обладнана універсальним механізмом фіксації, який забезпечує встановлення двигунів і коробок передач різних типів автотракторної техніки.



Рисунок 2.2 – Стенд С10601-2 для двигунів і коробок передач

Отже, високим рівнем універсальності, що фактично підтверджено випробуваннями в межах проєкту з оцінювання сучасного обладнання для автосервісу, володіє вітчизняний стенд. Щодо двох іноземних моделей, їхні функціональні можливості можна встановити переважно експериментальним шляхом, оскільки наявні технічні описи не містять достатньої інформації, зокрема:

- С10601-2 — відсутні точні дані щодо можливості встановлення інших агрегатів і вузлів, зокрема редукторів та задніх мостів;
- Т63004 — універсальність конструкції обмежує застосування стенда переважно агрегатами легкових автомобілів.

Стенди мають виконувати своє основне призначення — забезпечувати надійну фіксацію та поворот двигуна у потрібне положення. Крім того, бажаною є наявність додаткових функцій:

- відсіків для дрібних деталей та кріпильних елементів;
- мобільності конструкції;
- піддонів для збирання технічних рідин тощо.

P-500E оснащений черв'ячним редуктором із кутом повороту від 0 до 360°, що дозволяє вручну обертати закріплені агрегати в потрібному напрямку та надійно фіксувати їх у необхідному положенні.

До додаткового оснащення цього стенда належить піддон для збору технічної рідини, яка може витікати з двигуна внутрішнього згоряння під час розбирання.

C10601-2 має поворотний блок кріплення з кутом обертання 360°, який також приводиться в дію вручну для зміни положення та фіксації двигуна. Рукоятка блоку покрита спеціальним протиковзким матеріалом, що покращує утримання під час маніпуляцій з агрегатом.

Оскільки стенд належить до пересувного типу, додатковим оснащенням є поворотні колеса.

T63004 обладнаний кріпильним механізмом із кутом повороту 360° та шістьма положеннями фіксації агрегатів. Як мобільна конструкція, він також має поворотні колеса для переміщення.

Таким чином, вітчизняному стенду бракує мобільності, оскільки він виконаний у стаціонарному варіанті. Водночас обидва закордонні стенди не оснащені піддонами для збору технічних рідин, унаслідок чого залишки мастил та інших рідин із розібраних агрегатів потрапляють на підлогу. Стенд T63004 здатний фіксувати агрегати у шести положеннях, що забезпечує певну зручність під час розбирання, тоді як інші моделі можуть поступатися за цим показником.

Стенд, який не відповідає вимогам безпеки, недоцільно розглядати навіть за наявності інших переваг. Зразком безпечності серед розглянутих конструкцій можна вважати стенд українського виробництва, оскільки його міцність, надійність і безпечність підтверджені розрахунками та перевірені експериментально за участю незалежних фахівців і представників автосервісних підприємств.

Перше, що привертає увагу в технічних характеристиках стендів, — це суттєва різниця в масі:

- Р-500Е — 160 кг;
- С10601-2 — 20 кг;
- Т63004 — 34 кг.

Для запобігання перекиданню у стенді Т63004, відповідно до технічного опису, передбачено збалансований центр мас. Проте за заявленої вантажопідйомності 680 кг його доцільніше використовувати для двигунів і агрегатів легкових автомобілів, маса яких більшою мірою відповідає параметрам самої конструкції.

Вартість стендів для розбирання та складання двигунів і агрегатів на перший погляд певною мірою співвідноситься з їхньою масою, хоча сама лише маса металу не є визначальним чинником формування ціни. У торговельній мережі та спеціалізованих магазинах ремонтного обладнання подібні моделі пропонуються за такими орієнтовними цінами:

- С10601-2 — близько 4000 грн;
- Т63004 — близько 5000 грн;
- Р-500Е — близько 53000 грн.

Такі стенди можуть застосовуватися в автосервісі легкового й вантажного транспорту вітчизняного та іноземного виробництва для розбирання агрегатів масою до однієї тонни, до яких належать двигуни магістральних вантажівок, сідельних тягачів і спеціальної техніки. Наприклад, двигуни великовантажної техніки можуть мати масу від 840 до 1080 кг і більше.

Придбання професійних, надійних і безпечних стендів для ремонтних підприємств потребує значних капіталовкладень. Саме тому відсутність промислових стендів навіть на великих автосервісних підприємствах є цілком зрозумілою: якісне професійне обладнання коштує дорого, а терміни його окупності не завжди очевидні. Водночас придбання дешевого обладнання із сумнівними характеристиками надійності є економічно недоцільним.

З огляду на наведені недоліки пропонується вдосконалений стенд для розбирання та складання двигуна ЯМЗ-238НБ. Запропонована конструкція відзначається підвищеною надійністю, безпечністю та ремонтпридатністю.

У графічній частині конструкторської документації подано загальний вигляд станда, а також складальне креслення вилки станда з деталюванням.

2.9 Будова та принцип роботи станда для розбирання та складання двигунів

Стенд призначений для виконання операцій розбирання та складання під час капітального ремонту двигунів внутрішнього згоряння та інших агрегатів.

Конструкція станда виконана у стаціонарному варіанті з горизонтальним розміщенням поворотної вилки та кріплень для двигуна.

Обертання поворотної вилки здійснюється вручну за допомогою черв'ячного редуктора [21].

Фіксація поворотної вилки виконується за допомогою стопорних пальців у дванадцяти можливих положеннях. Окремі технологічні операції виконуються при повороті у межах 180° . Поворотна вилка встановлюється на зварній рамі. Стенд (рис. 2.3) складається з таких основних елементів:

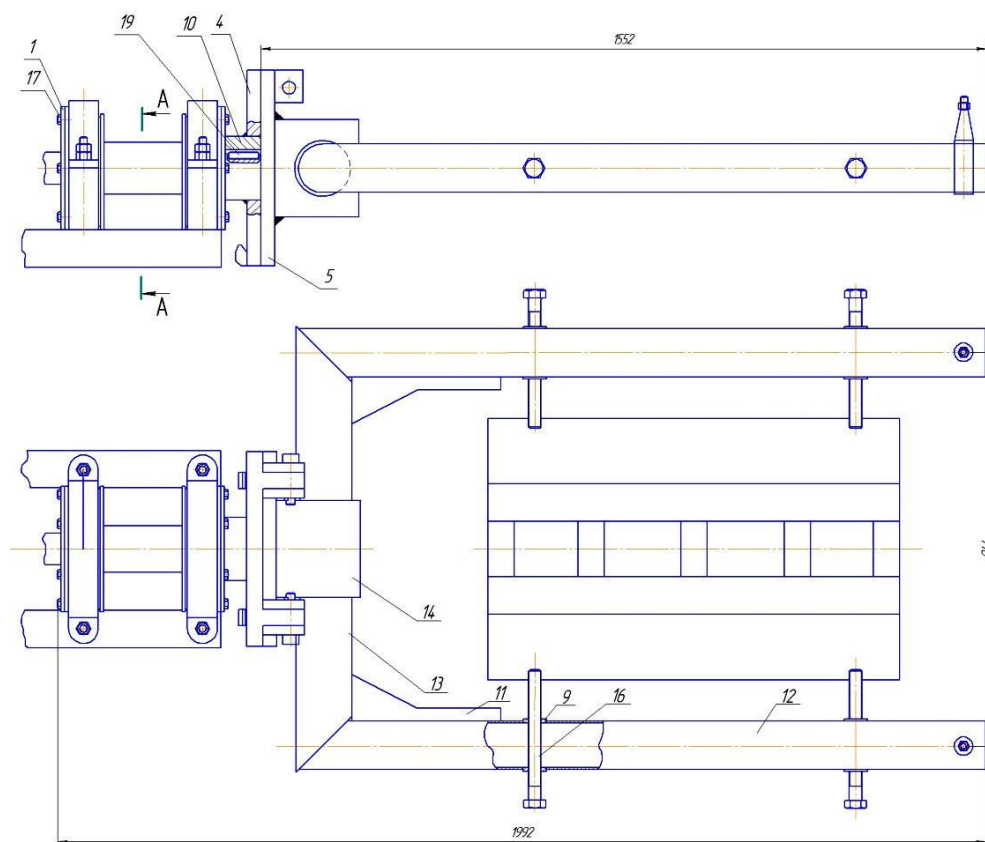


Рисунок 2.3 – Стенд для розбирання та складання двигуна ЯМЗ-238НБ

- 1 — підшипниковий вузол; 2 — поворотна вилка; 3 — хомут; 4 — щит приводу; 5 — щит станда; 6 — фіксувальний палець; 7 — установча колодка; 8 — фіксувальна стійка; 9, 10 — втулки; 11 — ребро жорсткості; 12, 13, 14 — труби; 15 — стійка.

Принцип роботи стенда. Двигун за допомогою кран-балки підводиться до стенда та закріплюється на поворотній вилці стенда 2 за допомогою болтів 16. Після цього вибирають зручне положення для виконання ремонтних робіт, повертаючи вилку стенда вручну за допомогою черв'ячного редуктора, розміщеного в підшипниковому вузлі 1.

2.10 Розрахунки на міцність елементів стенда для розбирання та складання двигунів

2.10.1 Розрахунок реакцій в опорах підшипникового вузла та вибір підшипників кочення

Схему розташування реакцій в опорах підшипникового вузла наведено на рисунку 2.4.

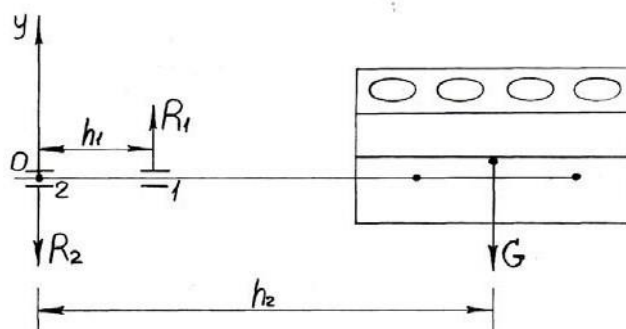


Рисунок 2.4 – Схема розташування реакцій в опорах підшипникового вузла

Складемо рівняння моментів відносно точки О [4]:

$$M_o = R_1 \cdot h_1 - G \cdot h_2 = 0 \quad (2.20)$$

де R_1 — реакція в першій опорі, Н;

h_1 — відстань від центра підшипника 1 до центра підшипника 2, м;

h_2 — відстань від центра маси двигуна до центра підшипника 2, м;

G — згинальна сила від маси двигуна, Н.

$$G = m \cdot g \quad (2.21)$$

де m — маса двигуна, кг;

g — прискорення вільного падіння, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Маса двигуна ЯМЗ-238НБ становить $m = 1170 \text{ кг}$.

$$G = 1170 \cdot 9,8 = 11466 \text{ Н}$$

Значення величин h_1 і h_2 визначаються з умови розміщення підшипників у корпусах опор.

Приймаємо: $h_1 = 0,26 \text{ м}$ та $h_2 = 1,078 \text{ м}$.

$$R_1 \cdot 0,26 - 11466 \cdot 1,078 = 0$$

Звідси реакція в першій опорі дорівнюватиме:

$$R_1 = \frac{11466 \cdot 1,078}{0,26} = 47539,8 \text{ Н}$$

Для визначення реакції в другій опорі складемо рівняння проєкцій на вісь ОУ:

$$R_1 = R_2 - G = 0 \quad (2.22)$$

Звідси реакція в другій опорі дорівнюватиме:

$$R_2 = R_1 - G \quad (2.23)$$

$$R_2 = 47539,8 - 11466 = 36073,8 \text{ Н}$$

Оскільки частота обертання двигуна на стенді є невеликою, вибір підшипників здійснюємо за статичною вантажопідйомністю.

За діаметра вала в місцях посадки підшипників 65 мм обираємо однорядні радіальні кулькові підшипники середньої серії №313 згідно з ГОСТ 8338-95 зі статичною вантажопідйомністю $C_{0r} = 56 \text{ кН}$ [12].

2.10.2 Перевірка шпонки на зминання

Для з'єднання вала з муфтою, яка передає обертання від черв'ячного редуктора, застосовуємо призматичну шпонку, виготовлену зі сталі 45, що має:

$$G \geq 590 \text{ Н/мм}^2$$

Довжину шпонок вибирають за довідковими даними таким чином, щоб вона була меншою за довжину маточини на 5...10 мм [7].

Перевірка шпонки на зминання бічних граней повинна задовольняти умову:

$$\delta_{\text{см}} = \frac{P}{F_{\text{см}}} \leq [\delta_{\text{см}}] \text{ Н/мм}^2 \quad (2.24)$$

$$P = \frac{2\mu}{d} \cdot \mu \quad (2.25)$$

μ — передаваний крутний момент, Н·мм;

d — діаметр вала, мм;

$F_{\text{см}}$ — площа зминання, мм²;

l_p — робоча довжина шпонки. Для шпонки з плоскими торцями $l_p = l$, мм;

$[\delta_{\text{см}}]$ — допустиме напруження зминання. Для сталевих маточин та спокійного навантаження $[\delta_{\text{см}}] \leq 100 \text{ Н/мм}^2$.

$$\mu = \frac{G}{2} \cdot L \quad (2.26)$$

де G — згинальна сила від маси двигуна, Н;

L — плече, мм.

$$P = \frac{2 \cdot 1675920}{65} = 42336 \text{ Н}$$

Площу зминання визначимо за формулою:

$$F_{\text{см}} = (h - t_1) \cdot l_p \quad (2.27)$$

де h — висота шпонки, мм;

t_1 — глибина паза вала, мм;

l_p — робоча довжина шпонки, мм.

$$F_{\text{см}} = (12 - 8) \cdot 56 = 224 \text{ мм}^2$$

Звідси напруження зминання дорівнюватиме:

$$\delta_{\text{см}} = \frac{42336}{224} = 189 \text{ Н/мм}^2$$

Оскільки $\delta_{\text{см}} > [\delta_{\text{см}}]$, необхідно встановити дві шпонки під кутом 180° . У такому разі кожна шпонка передаватиме половину навантаження. Отже, напруження зминання для кожної шпонки дорівнюватиме:

$$\frac{\delta_{\text{см}}}{2} = \frac{189}{2} = 94,5 \text{ Н/мм}^2$$

Це значення напруження зминання задовольняє поставлену умову.

2.10.3 Перевірка болтового з'єднання на згин

Максимальне напруження під час згину болтового з'єднання повинно задовольняти умову [6]:

$$\delta_{\text{max}} = \frac{M_z}{W_z} < [\delta] \quad (2.28)$$

де δ_{max} — максимальне напруження при згині, МПа;

M_z — згинальний момент, Н·м;

W_z — осьовий момент опору перерізу, м³;

$[\delta]$ — допустиме напруження при згині, МПа; у нашому випадку $[\delta] = 120$ МПа.

Згинальний момент визначається за формулою:

$$M_z = G \cdot L \quad (2.29)$$

де G — згинальна сила від маси двигуна, Н;

L — плече, м.

$$M_z = 11466 \cdot 0,08 = 915,68 \text{ Н·м}$$

Оскільки навантаження від двигуна на поворотній вилці сприймають чотири болти, то на кожен із них діє згинальний момент, у чотири рази менший від загального:

$$M_z = \frac{915,68}{4} = 229 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Осьовий момент опору перерізу визначимо за формулою:

$$W_z = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (2.30)$$

де d — діаметр перерізу, м.

$$W_z = \frac{3,14 \cdot 0,32^3}{32} = 0,3215 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Звідси максимальне напруження при згині болтового з'єднання дорівнюватиме:

$$\delta_{max} = \frac{229}{0,3215 \cdot 10^{-5}} = 71,2 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується, оскільки $71,2 < 120 \text{ МПа}$.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Безпека праці

Для запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням на підприємствах необхідні ґрунтовні знання з охорони праці, а також уміння своєчасно виявляти й усувати потенційно небезпечні та шкідливі чинники. При цьому важливо враховувати вплив змінних зовнішніх умов на рівень безпеки праці. Значну роль у підвищенні ефективності профілактичних заходів відіграє всебічний аналіз умов праці та причин виробничого травматизму.

Поряд із питаннями безпеки праці не менш важливою є проблема охорони довкілля. Протягом останніх років навколишньому природному середовищу було завдано значної шкоди внаслідок недотримання природоохоронних норм і вимог. У сучасних умовах цій проблемі приділяють дедалі більше уваги: на підприємствах упроваджують нові технічні засоби екологічного захисту, посилюють контроль за дотриманням природоохоронного законодавства, однак екологічна ситуація все ще залишається складною. Від стану довкілля безпосередньо залежать здоров'я населення та нормальна життєдіяльність суспільства [24, 25].

3.1.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Загальне керівництво роботою з охорони праці та пожежної безпеки на підприємстві покладено на директора. Організація технічного контролю, а також забезпечення безпечної експлуатації машин і технологічного обладнання належать до обов'язків інженера з охорони праці. На початку кожного року по підприємству видається наказ про призначення відповідальних осіб за стан охорони праці в кожному структурному підрозділі та на кожній виробничій ділянці. Цим же наказом затверджується комісія, що здійснює перевірку знань працівників у межах технічного мінімуму, а також контролює правильність ведення нормативної документації.

На підприємстві організовано роботу щодо пропаганди безпечних методів праці. На робочих місцях розміщені плакати, інструктивні матеріали та попереджувальні написи з охорони праці. Водночас кабінет безпеки дорожнього руху відсутній. Інженер з охорони праці періодично проводить навчальні заняття, інформує працівників про зміни та доповнення в нормативних вимогах, використовуючи для цього відповідну навчально-методичну літературу. У разі нещасного випадку на виробництві проводиться розслідування з оформленням акта за формою Н-1 у трьох примірниках.

Щороку складається звітність за формою 7-Т.

Між адміністрацією підприємства та профспілковим комітетом укладається угода з питань охорони праці. Крім того, щорічно розробляється план заходів з охорони праці, виконання якого аналізується під час підбиття підсумків роботи трудового колективу.

На АТ «УМ-2» праця жінок і молоді організована відповідно до вимог чинного трудового законодавства. Усі працівники забезпечуються спеціальним одягом, спеціальним взуттям, засобами особистої гігієни та, за потреби, спеціальним харчуванням. Під час прийняття на роботу проводиться обов'язковий медичний огляд, а в подальшому не рідше одного разу на рік здійснюються періодичні медичні огляди.

Організацію пожежної безпеки на підприємстві забезпечують адміністрація та безпосередні керівники виробничих підрозділів. Виробничі дільниці, транспортні засоби й допоміжні приміщення забезпечені первинними засобами пожежогасіння у повному обсязі.

Відповідальність за своєчасне проведення технічного огляду та випробування вантажопідіймальних пристроїв наказом по підприємству покладено на головного інженера. Огляд і випробування вантажопідіймальних машин виконуються якісно та у встановлені строки.

Для запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням необхідно не лише знати основи охорони праці, а й уміти визначати та усувати небезпечні і шкідливі чинники з урахуванням змін виробничого середовища. Важливе місце в системі профілактики посідає аналіз фактичних умов праці та стану виробничого травматизму. Оцінюючи умови праці на АТ «УМ-2», слід зазначити, що на більшості робочих місць вони не повною мірою відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

На значній частині робочих місць відсутні ефективні шумоізолювальні та віброгасильні засоби. Рівні запиленості та загазованості повітря перевищують допустимі норми. Системи вентиляції у виробничих приміщеннях тривалий час не обслуговувалися належним чином, а в побутових приміщеннях вентиляція подекуди взагалі не передбачена. Унаслідок цього фактична ефективність вентиляційних систем не відповідає встановленим вимогам.

На окремих небезпечних виробничих об'єктах і в зонах підвищеного ризику попереджувальні та сигнальні пристрої або відсутні, або перебувають у несправному стані. Санітарно-побутові приміщення на підприємстві здебільшого мають

незадовільний стан. Душові кабінки відсутні, а замість них використовуються умивальники з теплою водою.

Узагальнення та оцінка стану виробничого травматизму на підприємстві здійснюються на підставі річної звітності та актів розслідування нещасних випадків, що дає змогу визначити показники, які характеризують рівень травматизму.

Динаміку виробничого травматизму наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Динаміка виробничого травматизму

Найменування показників	Роки		
	2017	2018	2019
1. Середньооблікова чисельність працівників, чол.	148	149	153
2. Число постраждалих із втратою працездатності на 1 робочий день і більше	1	5	2
3. Коефіцієнт частоти, $K_{\text{ч}}$	6,8	33,5	13,1
4. Коефіцієнт важкості, $K_{\text{т}}$	11	22	8
5. Коефіцієнт втрат, $K_{\text{п}}$	74,3	738,3	104,6
6. Витрачено коштів, тис. грн.	175,8	265,3	652,5
7. Витрачено коштів на одного працюючого, грн./чол.	1187,8	1780,5	4264,7

Виробничий травматизм є складним соціально-виробничим явищем, причини якого є різноманітними, а їх точна оцінка часто ускладнена. Для характеристики стану травматизму на виробництві використовують низку показників. Визначимо основні з них [24] та зведемо результати до таблиці 3.1.

Аналіз наведених у таблиці даних дає підстави зробити висновок, що в АТ «УМ-2» рівень виробничого травматизму є досить високим, причому найбільших значень він досяг у 2018 році.

У 2019 році порівняно з 2018 роком відбулися певні позитивні зміни у сфері охорони праці. Так, коефіцієнт частоти травматизму зменшився у 2,5 рази. Проте це свідчить насамперед про те, що 2018 рік був особливо несприятливим щодо травматизму, тому в подальшому необхідно прагнути до зниження цього показника щонайменше до рівня 2017 року, а в ідеалі — до нульового значення. Аналіз коефіцієнта тяжкості показує, що у 2019 році зафіксовано два випадки травмування, однак за тяжкістю вони були меншими, ніж одиничний випадок у 2017 році, тому цей показник мав найнижче значення за досліджуваний період. Втрати робочого часу у 2019 році лише незначно перевищили базовий рівень 2017 року, що пов'язано з менш тяжким

характером травм. На заходи з охорони праці підприємство виділяє достатній обсяг коштів. Зокрема, у 2019 році на забезпечення працівників спецодягом було витрачено на 25 % більше, ніж передбачалося планом.

Для глибшого аналізу виробничого травматизму на підприємстві доцільно розглянути розподіл нещасних випадків за галузями виробництва, що наведено в таблиці 3.2, а також основні причини їх виникнення, подані в таблиці 3.3.

Таблиця 3.2 – Розподіл нещасних випадків за галузями виробництва

Виробництва	Роки								
	2017			2018			2019		
	Кількість працюючих	Кількість постраждалих	К _ч	Кількість працюючих	Кількість постраждалих	К _ч	Кількість працюючих	Кількість постраждалих	К _ч
Ремонтна майстерня	64	1	15,6	65	4	61,5	65	1	15,4
Будівельний майданчик	49	-	-	49	1	20,4	53	1	18,9

Упродовж трьох досліджуваних років найбільша кількість нещасних випадків на підприємстві припадала на виконання ремонтних робіт у ремонтних майстернях. Основні причини виникнення нещасних випадків наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Причини нещасних випадків

Причини	Роки		
	2017	2018	2019
1. Незадовільний зміст території та робочих місць	-	1	1
2. Порушення правил техніки безпеки	1	4	1

Аналіз причин травматизму свідчить, що переважна частина нещасних випадків пов'язана з недотриманням елементарних вимог охорони праці та трудової дисципліни. Насамперед це зумовлено неухважністю працівників, формальним ставленням до виконання інструкцій та недостатньо серйозним сприйняттям вимог безпеки.

3.1.2 Заходи щодо поліпшення умов праці та охорони праці

На підставі проведеного аналізу стану охорони праці в АТ «УМ-2» для зниження рівня виробничого травматизму та його попередження необхідно розробити комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці. Перелік таких заходів наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – План заходів з охорони праці

Найменування заходів	ГОСТ, СанПін, СНіП	Місце проведення	Терміни виконання	Відповідальний
1	2	3	4	5
1. Змонтувати вентиляційну систему	ГОСТ 12.4.021-75 СанПін 2.2.4.548-96, СНіП 2.04.05-91	Ремонтна майстерня	Серпень-жовтень	Зав. ремонтної майстерні
2. Організувати куточок по ОП	ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ	Ремонтна майстерня	Жовтень-грудень	Інженер з ОП
3. Обладнати душові	ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ	Ремонтна майстерня	Серпень	Директор
4. Забезпечити наявність медичних аптечок на всіх робочих місцях	ГОСТ 12.4.008-89 ССБТ	Ремонтна майстерська	Червень	Інженер по ОТ
5. Обладнати санітарно-побутові приміщення та укомплектувати їх шафами-секціями для спецодягу.	ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ	Ремонтна майстерня	Серпень	Директор
6. Забезпечення робочих засобами індивідуального захисту	ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ	Підприємство	Серпень	Директор
7. Встановити звукоізолюючі кожуха на ділянці відновлення блоків	-	Ремонтна майстерня	Серпень-жовтень	Зав. ремонтної майстерні

Запропоновані заходи доцільно включити до загального плану поліпшення стану охорони праці на підприємстві, що є додатком до колективного договору.

3.1.3 Розрахунок вентиляції дільниці з відновлення посадкових отворів блокартерів

Вентиляційні системи в приміщеннях ремонтних майстерень і на дільницях відновлення посадкових отворів призначені для поліпшення умов праці, зниження запиленості та задимленості повітря, а також для підвищення надійності й довговічності технологічного обладнання. Для розрахунку вентиляції дільниці з відновлення посадкових отворів необхідно знати кратність повітрообміну за годину та об'єм приміщення.

Об'єм приміщення визначають за такою формулою [13]:

$$V_n = F_n \cdot h \quad (3.1)$$

де F_n — площа виробничої дільниці, м^2 ;

h — висота приміщення, м.

$$V_n = 36 \cdot 6 = 216 \text{ см}^3$$

На основі об'єму приміщення дільниці та встановленої норми повітрообміну за годину визначають потрібну продуктивність вентилятора:

$$W_B = V_n \cdot K_B \quad (3.2)$$

де K_B — нормативна кратність обміну повітря протягом однієї години; для даної дільниці приймаємо $K_B = 4$.

$$W_B = 216 \cdot 4 = 864 \text{ м}^3/\text{год}$$

У процесі розрахунку вентиляції потрібно обов'язково враховувати втрати напору повітря, що виникають на прямих ділянках повітроводів:

$$H_{BH} = \frac{\psi_m \cdot l_m \cdot \rho_v \cdot v_{cp}^3}{2 \cdot d_m} \quad (3.3)$$

де ψ_m — коефіцієнт, який враховує опір трубопроводу; для металевих труб його значення приймають рівним 0,2;

v_{cp} — середня швидкість повітря на розрахунковій ділянці вентиляційної мережі, м/с; для прилеглих до вентилятора ділянок вона становить 8...12 м/с, а для віддалених — 1...4 м/с;

l_m — довжина трубопроводу, м;

d_m — діаметр труби, прийнятий для відповідної ділянки, м.

$$H_{BH} = \frac{0,02 \cdot 15 \cdot 0,6 \cdot 4}{2 \cdot 0,6} = 0,6 \text{ Па}$$

Місцеві втрати тиску в колінах і перехідних елементах вентиляційної мережі

обчислюють за такою формулою:

$$H_M = 0,5 \cdot \psi_M \cdot \rho_v \cdot v_{cp}^2 \quad (3.4)$$

де ψ_M — коефіцієнт місцевих втрат тиску; для одного коліна з кутом перегину $\alpha = 90^\circ$ його значення становить 1,1.

$$H_M = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 0,6 \cdot 4^2 = 5,28 \text{ Па}$$

Сумарні втрати напору на ділянці вентиляційної мережі визначають за такою залежністю:

$$H_y = H_{вн} + H_M \quad (3.5)$$

$$H_y = 0,6 + 5,28 = 5,88 \text{ Па}$$

Якщо сумарні втрати напору будуть рівні напору, що створюється вентилятором, вентиляція забезпечуватиметься належним чином:

$$H_y = H_B \quad (3.6)$$

де H_B — найбільший напір, що створюється вентилятором.

Кількість обертів вентилятора визначають за розрахунковою формулою:

$$n_B = \frac{A}{N} \quad (3.7)$$

де N — умовний номер вентилятора;

A — безрозмірний параметр.

$$n_B = 1500 \text{ об/хв}$$

Необхідну потужність двигуна вентилятора обчислюють за формулою:

$$P_{дв} = \frac{H_B \cdot W_B}{3,6 \cdot 10^3 \cdot \eta_B \cdot \eta_n} \quad (3.8)$$

де H_B — повний тиск, створюваний вентилятором, Па;

W_B — продуктивність вентилятора;

η_B — коефіцієнт корисної дії вентилятора, значення якого приймають у межах 0,7...0,8;

η_n — коефіцієнт корисної дії передавального механізму, який становить 0,90...0,95.

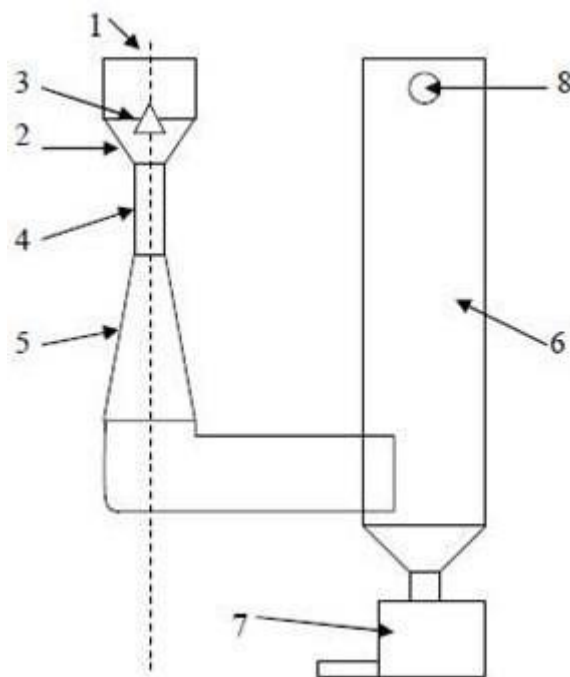
$$P_{дв} = \frac{5,88 \cdot 864}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,7 \cdot 0,9} = 2,24 \text{ кВт}$$

Прийнята потужність електродвигуна вентилятора становить 2,5 кВт. Обраний вентилятор повністю відповідає режимам роботи та умовам експлуатації на даній ділянці.

Для очищення повітря, забрудненого пилом і шкідливими газоподібними домішками, пропонується встановити очисну систему.

З урахуванням характеру забруднення, а саме наявності абразивного та металевого пилу, найбільш ефективним рішенням для цієї ділянки є використання скрубера Вентурі.

Схему скрубера Вентурі подано на рисунку 3.1.



1 — вхідний патрубок; 2 — конфузор; 3 — пристрій для зрошення; 4 — горловина; 5 — дифузор; 6 — корпус краплевловлювача; 7 — гідравлічний затвор; 8 — вихідний патрубок.

Рисунок 3.1 — Конструктивна схема скрубера Вентурі

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Економічний розрахунок конструкторської розробки

Витрати на виготовлення стенда визначаються за формулою [22]:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{кд}} + C_{\text{од}} + C_{\text{пд}} + C_{\text{збн}} + C_{\text{оп}} \quad (4.1)$$

де $C_{\text{кд}}$ — вартість виготовлення корпусних деталей, рам і каркасів, грн;

$C_{\text{од}}$ — витрати на виготовлення оригінальних деталей, грн;

$C_{\text{пд}}$ — вартість купованих деталей і вузлів за прейскурантом, грн;

$C_{\text{збн}}$ — повна заробітна плата (з нарахуваннями) виробничих робітників, зайнятих складанням конструкції, грн;

$C_{\text{оп}}$ — загальновиробничі (цехові) накладні витрати на виготовлення пристрою, грн.

Вартість корпусних деталей визначається за формулою:

$$C_{\text{кд}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{ФД}} \quad (4.2)$$

$$C_{\text{кд}} = 85 \cdot 650 = 55250 \text{ грн}$$

де $Q_{\text{к}} = 85 \text{ кг}$ — маса матеріалу, витраченого на виготовлення корпусних деталей, кг;

$C_{\text{ФД}} = 650 \text{ грн/кг}$ — середня вартість 1 кг готових деталей, грн/кг.

Витрати на виготовлення оригінальних деталей визначаються за формулою:

$$C_{\text{од}} = C_{\text{прн}} + C_{\text{мз}} \quad (4.3)$$

де $C_{\text{прн}}$ — заробітна плата (з нарахуваннями) виробничих робітників, зайнятих виготовленням оригінальних деталей, грн;

$C_{\text{мз}}$ — вартість матеріалу заготовок, грн.

Повна заробітна плата робітників, зайнятих виготовленням оригінальних деталей:

$$C_{\text{прн}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{д}} + C_{\text{соц}} \quad (4.4)$$

де $C_{\text{пр}}$ — основна заробітна плата виробничих робітників, грн;

$C_{\text{д}}$ — додаткова заробітна плата робітників, грн;

$C_{\text{соц}}$ — нарахування на соціальне страхування, грн.

Основна заробітна плата виробничих робітників визначається за формулою:

$$C_{\text{пр}} = \sum t_{\text{ср}} \cdot C_{\text{м}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.5)$$

$$C_{\text{пр}} = 10 \cdot 100 \cdot 1,03 = 1030 \text{ грн}$$

де $\sum t_{\text{ср}}$ — середня сумарна трудомісткість виготовлення оригінальних деталей, люд.-год;

$C_m = 100$ грн — погодинна тарифна ставка робітників середнього розряду;
 $K_d = 1,03$ — коефіцієнт, що враховує доплати до основної заробітної плати.
 Додаткова заробітна плата виробничих робітників:

$$C_d = 0,1 \cdot C_{пр} \quad (4.6)$$

$$C_d = 0,1 \cdot 1030 = 103 \text{ грн}$$

Нарахування на соціальне страхування:

$$C_{соц} = 0,3(C_{пр} + C_d) \quad (4.7)$$

$$C_{соц} = 0,3(1030 + 103) = 340 \text{ грн}$$

Отже: $C_{прн} = 1030 + 103 + 340 = 1473$ грн.

Вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей:

$$C_{мз} = C_3 \cdot Q_3 \quad (4.8)$$

$$C_{мз} = 60 \cdot 30 = 1800 \text{ грн}$$

де $C_3 = 60$ грн/кг — ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн/кг;

$Q_3 = 30$ кг — маса заготовок, кг.

Звідси:

$$C_{од} = 1473 + 1800 = 3273 \text{ грн}$$

Повний перелік купованих деталей наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Перелік купованих деталей

Найменування	Кількість, шт	Ціна 1шт, грн	Сума, грн
Електродвигун 4АА63А4У3	1	8600	8600
Редуктор черв'ячний Ч-80	1	11230	11230
Підшипник №212	4	190	760
Болт М12×36	16	20	320
Гайка М12.5	16	12	192
Шайба 12	16	3	48
Разом			21120

Вартість купованих деталей і виробів: $C_{пд} = 21120$ грн.

Повна заробітна плата виробничих робітників, зайнятих складанням конструкції:

$$C_{збн} = C_{зб} + C_{дзб} + C_{соцзб} \quad (4.9)$$

де $C_{зб}$ — основна заробітна плата виробничих робітників, зайнятих складанням;

$C_{дзб}$ — додаткова заробітна плата робітників, грн;

$C_{соцзб}$ — нарахування на соціальне страхування, грн.

Основна заробітна плата робітників, зайнятих складанням, визначається за формулою:

$$C_{зб} = T_{зб} \cdot C_m \cdot K_d \quad (4.10)$$

де $T_{зб}$ — нормативна трудомісткість складання конструкції, люд.-год.

Нормативна трудомісткість визначається за формулою:

$$T_{зб} = K_c \cdot \sum t_{зб} \quad (4.11)$$

$$T_{зб} = 1,08 \cdot 5,2 = 6 \text{ люд.год}$$

де K_c — коефіцієнт, що враховує співвідношення між повним і оперативним часом складання, $K_c = 1,08$;

$\sum t_{зб}$ — сумарна трудомісткість складання окремих елементів конструкції, люд.-год.

Отже: $C_{зб} = 6 \cdot 100 \cdot 1,03 = 618$ грн.

Додаткова заробітна плата робітників, зайнятих складанням конструкції, визначається за формулою [25]:

$$C_{дзб} = 0,1C_{зб} \quad (4.12)$$

$$C_{дзб} = 0,1 \cdot 618 = 61,8 \text{ грн}$$

Нарахування на соціальне страхування визначаються за формулою:

$$C_{соцзб} = 0,3(C_{зб} + C_{дзб}) \quad (4.13)$$

$$C_{соцзб} = 0,3(618 + 61,8) = 204 \text{ грн}$$

Звідси: $C_{збн} = 618 + 61,8 + 204 = 883,8$ грн.

Загальновиробничі (цехові) накладні витрати на виготовлення конструкції визначаються за формулою:

$$C_{оп} = (C_{пр} + C_{зб}) \cdot R_{оп}/100 \quad (4.14)$$

$$C_{оп} = (1030 + 618) \cdot \frac{60}{100} = 988,8 \text{ грн}$$

де $C_{пр}$ і $C_{зб}$ — заробітна плата виробничих робітників, зайнятих виготовленням деталей і складанням конструкції, грн;

$R_{оп} = 18\%$ — загальновиробничі накладні витрати.

Отже, загальні витрати на виготовлення стенда становлять:

$$C_{кон} = 55250 + 3273 + 21120 + 883,8 + 988,8 = 81515,6 \text{ грн}$$

Отже, витрати на виготовлення стенда для розбирання та складання двигунів внутрішнього згоряння становитимуть 81515,6 грн.

ВИСНОВОК

У роботі проведено стислий аналіз господарської діяльності АТ «УМ-2», що дало змогу оцінити стан підприємства, визначити основні напрями вдосконалення виробничих процесів та обґрунтувати доцільність запропонованих технічних рішень.

Розроблено проєкт дільниці з відновлення посадкових отворів блок-картерів. У межах проєкту здійснено добір необхідного технологічного обладнання, визначено чисельність виробничих робітників, а також розраховано річну трудомісткість програми ремонту блок-картерів.

Як конструкторську розробку запропоновано стенд для розбирання та складання двигунів внутрішнього згоряння. Застосування цього стенда дає змогу підвищити якість виконання ремонтних робіт, поліпшити умови праці та збільшити міжремонтний ресурс відновлених двигунів.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання охорони праці та екологічної безпеки. Проаналізовано рівень і основні причини виробничого травматизму, запропоновано організаційно-технічні заходи щодо його зниження та профілактики. Крім того, розроблено інструкцію з охорони праці під час роботи на стенді для розбирання та складання ДВЗ.

Економічними розрахунками встановлено, що за умови додаткових капіталовкладень у розмірі 322900,6 грн очікуваний чистий прибуток становитиме 297079,5 грн. Використання сучасного високопродуктивного обладнання забезпечує економічну ефективність запропонованого рішення, а строк окупності додаткових капіталовкладень становить 1,1 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ремонт машин та обладнання : підручник / В. І. Черкун, М. І. Белов, О. В. Мельник. Київ : Урожай, 2018. 376 с.
2. Технологія ремонту машин : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, О. А. Науменко, А. Я. Поліський. Харків : ХНТУСГ, 2017. 452 с.
3. Ремонт сільськогосподарської техніки : навч. посіб. / В. М. Кравчук, М. І. Грицишин, В. В. Каплун. Київ : Аграрна освіта, 2015. 320 с.
4. Технологічні процеси ремонту машин : навч. посіб. / А. І. Бойко, В. М. Чумак, С. П. Погорілий. Київ : НУБіП України, 2016. 428 с.
5. Надійність і ремонт машин : навч. посіб. / В. Я. Анілович, В. М. Гриньов, М. І. Черновол. Харків : ХДТУСГ, 2014. 348 с.
6. Черновол М. І. Відновлення деталей машин : навч. посіб. Кіровоград : КНТУ, 2012. 352 с.
7. Молодик М. В., Зенкін А. С. Відновлення деталей машин. Київ : Урожай, 1989. 264 с.
8. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів : підручник. Київ : Вища школа, 1994. 342 с.
9. Волков В. П., Матейчик В. П., Комов П. Б. Технічна експлуатація автомобілів : підручник. Харків : ХНАДУ, 2012. 520 с.
10. Говорущенко М. Я. Технічна експлуатація автомобілів. Харків : ХНАДУ, 2007. 312 с.
11. Технологічне обладнання для технічного обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. / В. П. Волков, В. М. Павленко, О. Б. Комов. Харків : ХНАДУ, 2016. 440 с.
12. Проектування ремонтно-обслуговуючих підприємств : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, В. М. Власовець, В. П. Войтов. Харків : ХНТУСГ, 2019. 310 с.
13. Організація та технологія ремонту машин : навч. посіб. / В. М. Барановський, С. М. Кухарець, В. М. Поліщук. Житомир : ЖНАЕУ, 2018. 286 с.
14. Деталі машин і основи конструювання : підручник / М. Н. Кіницький, В. О. Бойко, М. М. Кіницький. Київ : Кондор, 2018. 520 с.
15. Писаренко Г. С., Квітка О. Л., Уманський Е. С. Опір матеріалів : підручник. Київ : Вища школа, 2004. 655 с.
16. Анур'єв В. І. Довідник конструктора-машинобудівника : у 3 т. Київ : Техніка,

2001. Т. 1. 920 с.

17. ДСТУ 2500-94. Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1994. 52 с.

18. ДСТУ ISO 286-1:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 44 с.

19. Зварювання та наплавлення в ремонтному виробництві : навч. посіб. / В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов. Київ : Арістей, 2005. 284 с.

20. Газотермічне напилення покриттів : навч. посіб. / В. І. Похмурський, М. М. Студент, В. М. Довгунік. Львів : Простір-М, 2017. 180 с.

21. Технологія нанесення зносостійких покриттів у ремонтному виробництві : навч. посіб. / М. І. Черновол, В. В. Аулін, О. М. Лисенко. Кропивницький : ЦНТУ, 2018. 292 с.

22. Куксенко П. В., Яковенко О. В. Відновлення посадкових поверхонь корпусних деталей газотермічними способами. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2019. № 3. С. 145–151.

23. Двигуни внутрішнього згоряння : підручник / А. П. Марченко, А. Ф. Шеховцов, В. В. Пильов. Харків : НТУ «ХПІ», 2015. 500 с.

24. Трактори та автомобілі : підручник / В. М. Погорілий, В. М. Кравчук, О. В. Лавріненко. Київ : Урожай, 2016. 420 с.

25. ДСТУ 7237:2011. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 28 с.