

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ” 2024 р.
Зав. кафедри К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
магістр
(освітній рівень)

Тема роботи: **«Проектування слюсарно-механічної ділянки ремонтного цеху з розробкою технології відновлення компресора автомобіля КраЗ-6510»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208
«Агроінженерія»
Литвиненко Микола Олександрович
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор Дідур В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
А.В. Войтік
“ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

студенту Литвиненку Миколі Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Проектування слюсарно-механічної дільниці ремонтного цеху з розробкою технології відновлення компресора автомобіля КрАЗ-6510»

керівник роботи д.т.н., професор Дідур В.В.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від **“14” листопада 2024 р. № 01-06/261**

2. Строк подання студентом роботи 25.11.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі. Перелік несправностей. Дані для дослідження.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

—

5. Перелік презентаційних матеріалів: презентація (не більше 20 слайдів).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Дата підпису	
		видали завдання	прийняв завдання
Техніко-економічне обґрунтування	Дідур В.В., професор		
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 23 квітня 2024 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При-мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	30.04.2024 р.	
2.	Розділ 1.	14.05.2024 р.	
3.	Розділ 2.	28.05.2024 р.	
4.	Розділ 3.	11.06.2024 р.	
5.	Розділ 4.	25.06.2024 р.	
6.	Розділ 5.	24.09.2024 р.	
7.	Виконання ілюстративної частини роботи	23.10.2024 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	25.11.2024 р.	

Студент _____
(підпис)Литвиненко М.О.
(прізвище та ініціали)Керівник роботи _____
(підпис)Дідур В.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Литвиненко М.О. "Проектування слюсарно-механічної дільниці ремонтного цеху з розробкою технології відновлення компресора автомобіля КрАЗ-6510" (Дипломна робота, Уманський національний університет садівництва, 2024: пояснювальна записка на 85 сторінках, 15 рисунків, 13 таблиць).

Робота присвячена вдосконаленню технології ремонту компресора автомобіля КрАЗ-6510. Метою є розробка технологічного процесу відновлення компресора з урахуванням чинників, що впливають на його знос та пошкодження. Основна увага приділена удосконаленню технологічних процесів, зокрема використання нових методів дефектації та відновлення пошкоджених частин компресора.

Перший розділ охоплює аналіз роботи компресора та виявлення причин його зношування. У другому розділі детально описано технологію ремонту та відновлення компресора, зокрема застосування сучасного устаткування для дефектації та ремонту компресора. У третьому розділі запропоновані конструктивні рішення для полегшення процесу утримання компресора під час ремонту.

Четвертий розділ досліджує економічну доцільність запропонованих удосконалень, а також питання охорони праці при виконанні ремонтних робіт.

Ключові слова: компресор, КрАЗ-6510, технічне обслуговування, ремонт, дефектація, відновлення деталей.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Призначення та характеристика компресора.....	7
1.2 Дефектація деталей компресора автомобіля КрАЗ-6510.....	8
1.3 Аналіз способів встановлення деталей.....	8
1.4 Вибір баз для закріплення корпусних заготовок.....	14
2. ТЕОРИТИЧНА ЧАСТИНА.....	18
2.1 Відомості про дослідження даної теми.....	18
2.2 Залежність типу компресора і його результатів.....	23
3. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	28
3.1 Обґрунтування організаційно-аналітичних рішень.....	28
3.1.1 Будова вузла і його особливості роботи.....	28
3.1.2 Основні вимоги для проведення ремонту компресора автомобіля КрАЗ-6510.....	31
3.1.3 Удосконалення процесу відновлення деталей компресора.....	32
3.1.4 Встановлення часу для проведення операцій технологічного процесу.....	34
3.1.5 Проектування ділянки по відновленню деталей.....	53
3.2 Обґрунтування конструкторських рішень.....	55
3.2.1 Проектування додаткового оснащення.....	55
3.2.2 Принцип роботи проектного обладнання.....	56
3.2.3 Розрахунки пристрою на міцність.....	58
3.2.4 Розрахунок параметрів затискного механізму.....	61
3.2.5 Розрахунок деталей механізму.....	61
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	63
4.1 Основні положення про охорону праці.....	64
4.2 Вплив гучності на людину.....	65
4.3 Розрахунки світла на місці.....	66
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	68
5.1 Визначення необхідного обсягу інвестицій для реконструкції агрегатної ділянки.....	68

5.2 Розрахунок калькуляції собівартості ремонту коробок передач.....	69
5.3 Розрахунок економічної ефективності інвестиційного проекту.....	72
5.4 Розрахунок критеріїв ефективності інвестиційного проекту.....	76
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	80
ДОДАТКИ.....	81

ВСТУП

Кожен новий день демонструє високу потребу в автомобілях. Вантажні автомобілі часто використовуються для перевезення великих вантажів. Під час їх експлуатації трапляються ситуації, коли виходять з ладу деякі деталі або навіть цілі вузли. Це відбувається через тривалий час експлуатації та умови, в яких працює транспорт. Щоб забезпечити безперебійну роботу автомобілів, необхідно проводити щоденні огляди, своєчасно здійснювати технічне обслуговування та відповідні ремонти.

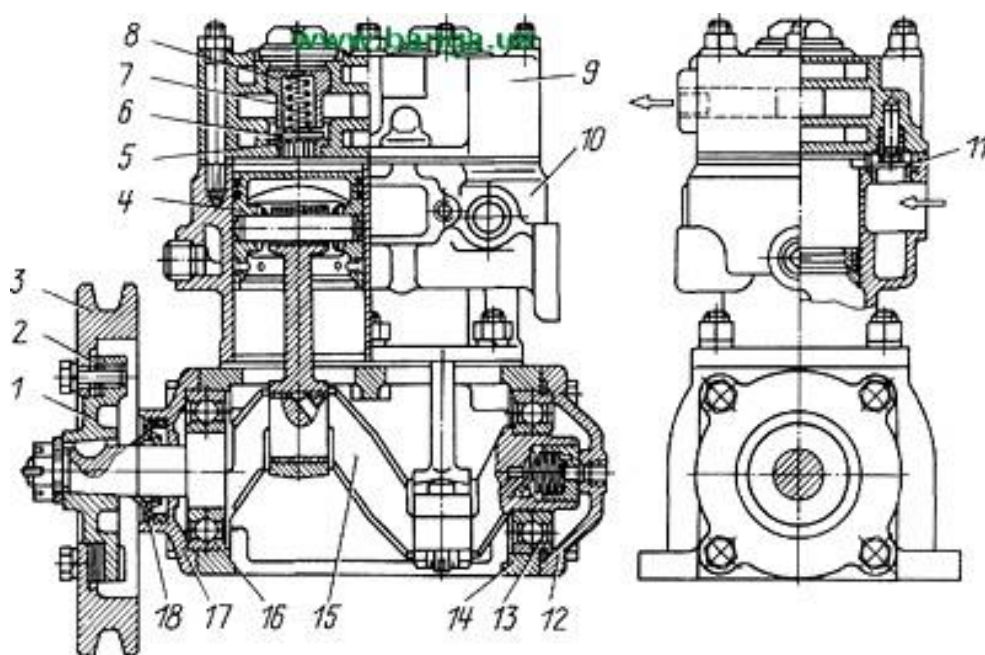
Для покращення умов експлуатації деталей автомобілів потрібно підвищувати їх надійність і подовжувати термін служби. Існує багато методів покращення якості поверхні деталей, таких як загартування, нанесення захисних шарів та обробка для захисту від механічних пошкоджень. Ці заходи спрямовані на подовження терміну служби та підвищення надійності деталей. Проте найбільшу ефективність можна досягти за рахунок виготовлення деталей з більш міцних сплавів та нанесення на них спеціальних покриттів.

Виконуючи цю роботу, я провів огляд і вдосконалив технологічний процес ремонту компресора автомобілів КрАЗ-6510.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Призначення та характеристика компресора

Компресор – це пристрій, призначений для подачі газових сумішей і створення тиску в системі [1]. На автомобілях КрАЗ використовуються двоциліндрові компресори, що працюють за допомогою ременя. Вони забезпечують пневматичну систему газовою сумішшю, зокрема стислим повітрям.



- 1 – ступиця шківів; 2 – прокладки для регулювання; 3 – шків;
 4 – поршень і шатун; 5 – місце посадки клапана; 6 – клапан подачі;
 7 – пружний елемент подавального клапана; 8 – пробка клапана;
 9 – головка блока; 10 – блок циліндрів; 11 – впускальний клапан;
 12 і 17 – кришка картера; 13 і 16 – підшипник кульковий; 14 – картер;
 15 – колінвал; 18 – ущільнювач

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд компресора автомобіля КрАЗ-6510

1.2 Дефектація деталей компресора автомобіля КрАЗ-6510

Для блоку циліндрів компресора автомобіля КрАЗ-6510 не допускається наявність тріщин на циліндрах чи їх стінках [2]. Якщо після перевірки виявлено тріщини на корпусі, їх можна заварити, за умови, що довжина тріщини не перевищує 50 мм. При виявленні витоку повітря на місцях з'єднання необхідно перевірити герметичність і, якщо потрібно, замінити прокладку. Якщо поверхня блоку деформована, її слід прошліфувати до повного вирівнювання, але не більше ніж на 0,4 мм.

Усі різьбові з'єднання повинні бути перевірені. Якщо відсутні більше двох витків різьби, її необхідно замінити.

При значному зношуванні поверхонь блоку циліндрів їх потрібно проточити до наступного ремонтного розміру і провести хонінгувальні роботи. Після цієї операції овальність та конусність не повинні перевищувати 0,03 мм.

Неперпендикулярність поверхонь циліндрів у місцях з'єднання з картером не повинна перевищувати 0,03 мм на 100 мм.

Поверхні, що підтримують підшипники вала, можна відновити напиленням із подальшою обробкою до наступного ремонтного розміру, що становить $72 \pm 0,03$ мм. Колінвал і шийки шліфуються до ремонтних розмірів. Непаралельність осей шийок до осей корінних не повинна перевищувати 0,02 мм, а нециліндричність – 0,01 мм.

Якщо неможливо виконати ремонтні або відновлювальні роботи, необхідно замінити деталі, при цьому одночасно замінюються всі деталі, що працюють у парі.

1.3 Аналіз способів встановлення деталей

Майже всі деталі, що мають форму "коробки", стикаються з подібними проблемами, такими як деформація корпусу, зношування посадочних місць, тріщини тощо. Тому методи їх відновлення і ремонту часто схожі. При виборі технологічного процесу ми маємо виконати кілька важливих завдань: базування деталі, заміну її елементів, визначення способу обробки, вибір інструменту та обладнання. Для розгляду конкретного технологічного процесу необхідно виконати наступні дії:

– спочатку відмити плоскі сторони, які в подальшому будуть слугувати

основою для виставлення і закріплення деталі;

– далі підготувати місце пошкодження або встановити нову деталь у місце ремонту;

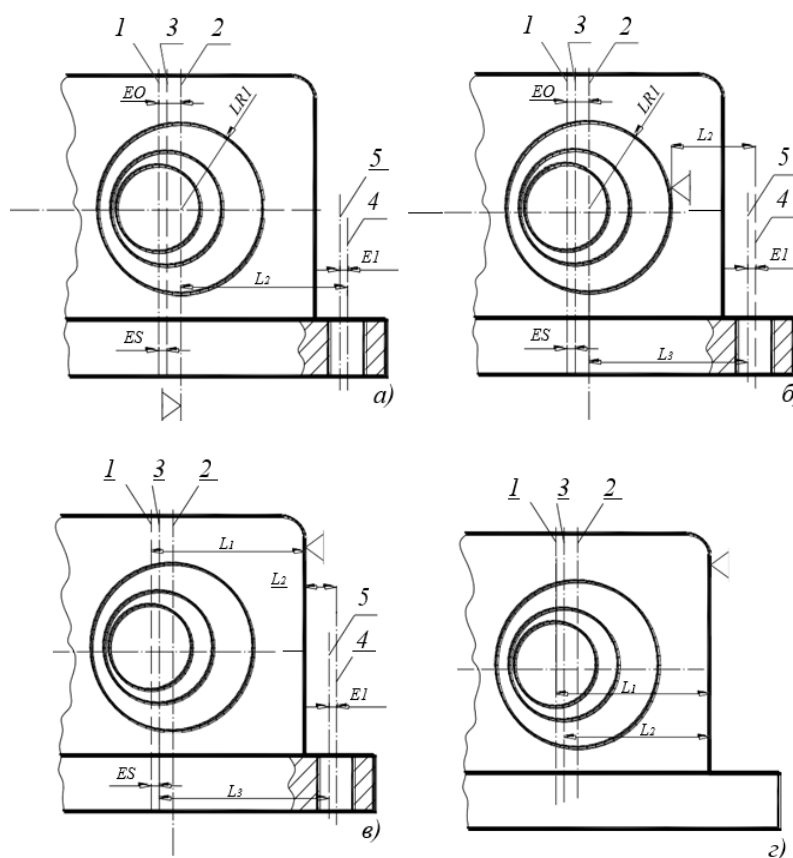
– підготувати та обробити посадкові місця під вали та інші отвори;

– отвори малого діаметру піддаються розсвердлюванню для подальшого чистового оброблення;

– провести фінішну обробку місць, де проводилися відновлювальні роботи;

– завершити контрольну перевірку на відповідність всіх розмірів технічній документації.

Визначено основні позиції для розміщення та базування деталей корпусного типу. Визначено площину, на якій відбуватимуться операції технологічного процесу, та отвори, які будуть оброблятися і мають бути паралельними основі корпусу, як показано на рисунку 1.1.



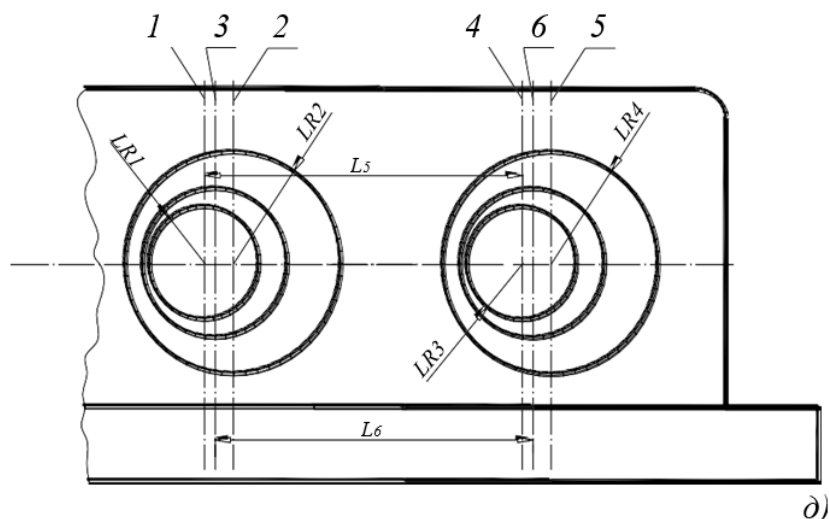


Рисунок 1.2 – Різновиди встановлення деталей типу корпус для виконання операцій технологічного процесу

На рисунку 1.2, вид а, для вибору базової площини ми обираємо місце проходження осі кріплення, яке можна зафіксувати за допомогою фіксаторів або спеціального пристрою з верхнім фіксуванням. Розмір цього отвору може відрізнятися від номінального через знос, тобто відхилення від розміру, отриманого від заготовки, до номінального розміру.

За допомогою цього типу базування ми можемо виконати як чорнову, так і чистову обробку отворів та їх фасок, які під час процесу будуть розточені до необхідного розміру. Таким чином, можна визначити величину зносу за допомогою наступного рівняння:

$$ES = L_2 - L_3 \pm (E_0 - E_1), \quad (1.1)$$

де ES – величина зносу отвору від початкового розміру до розміру після зносу, отвір, який буде розточуватися;

L_2 – місце розміру, яке показує місце проходження осьової лінії, що підлягає розточувальній операції, відносно відповідних отворів, на яких відбувається базування заготовки для виконання свердління;

L_3 – місце розміру, на якому має проводитися розточування отвору відносно місця базування;

E_0 – відстань між осями, яка може бути в межах відношення розмірів нової деталі та деталей після зношування та зовнішньої поверхні базування;

E_1 – максимальне зміщення центру отвору, відносно якого здійснюється базування, відносно центру пальця, де проводяться розточувальні роботи, і це зміщення дорівнює 0,5 розміру різниці зносу даного з'єднання.

На рисунку 1.2, вид б, під час виконання розточувальних і свердлильних робіт як базу будемо використовувати площину бобишок.

Для цього варіанту можна визначити величину зміщення центру отвору, що підлягає розточувальній операції, відносно отвору, який буде слугувати базою для центрування та утримання нашої заготовки. Цей вираз матиме наступний вигляд:

$$ES = LR_1 + L_2 - L_3 + E_0 - E_1, \quad (1.2)$$

де LR_1 – зовнішній розмір кола площини;

L_2 – відстань між площиною і віссю, на яку здійснюється базування;

L_3 – відстань між осями втулки і отвору, відносно якого відбувається базування для виконання розточних робіт відповідно до технологічного процесу.

На рисунку 1.1, вид в, для базування використовується бокова площина до осердя, на якому базується деталь. Далі здійснюється обробка отвору та визначення величини зміщення осі основи відносно отвору:

$$ES = L_1 + L_2 - L_3 - E_1, \quad (1.3)$$

де L_1 – відстань від осердя до площини базування;

L_2 – відстань від площини до отвору базування, який піддається розточуванню;

L_3 – відстань між осями отвору і втулки, що вставляється всередину отвору, який піддається розточуванню;

E_1 – різниця зазору між отвором, що є базою, та втулкою пристосування.

На рисунку 1.1, вид г, показано площину базування та отвір, які піддаються розточуванню за одну операцію, для чого використовується бокова площина для базування. У цьому випадку, щоб розрахувати величину зміщення литої заготовки відносно обробленої, використовується наступне рівняння:

$$ES = L_1 - L_2, \quad (1.4)$$

де L_1 – відстань від отвору деталі, отриманої литтям, до бокової поверхні базування;

L_2 – відстань між площиною базування і віссю отвору, який піддається розточуванню.

На рисунку 1.2, вид д, зображено корпусну деталь із розташованими в ній отворами. Використовуючи запропоновані вище методи визначення розмірів співвісності та базування отворів відносно деталі, вибираємо головну базову поверхню корпусної деталі. Ця площа обробляється однією з перших, і на ній проводимо розточування головного отвору, дотримуючись перпендикулярності між площиною базування та отвором, який розточуємо. Таким чином, рівняння зміщення осі, яка піддається розточуванню, має наступний вигляд:

$$ES = L_1 - L_2 - E_0, \quad (1.5)$$

де L_1 – відстань між осями площини до місця фрезерування;

L_2 – відстань між стороною і віссю, яку буде піддано розточуванню;

E_0 – величина зсуву, між розміром заготовки і розміром після розточування до розміру втулки.

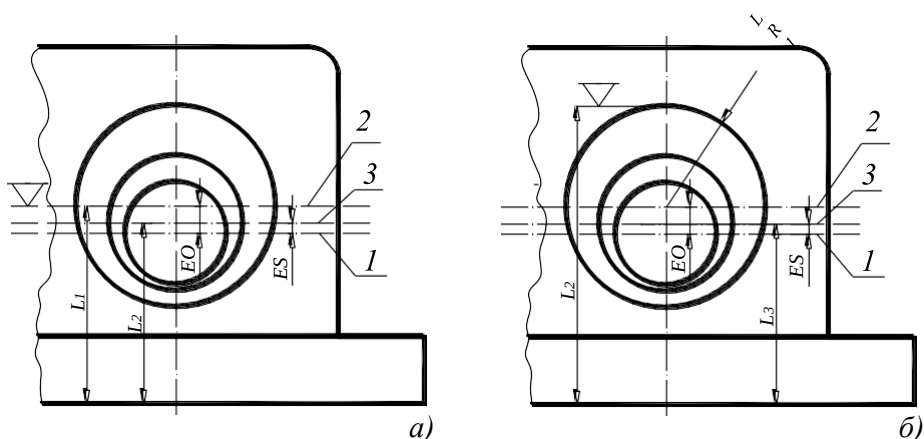
Під час обробки базової площини, яка є зовнішньою стороною втулки відносно осі, вираз зсуву осі, що розточуються, матиме наступний вигляд:

$$ES = LR_1 + L_3 - L_2 + E_0, \quad (1.6)$$

де L_2 – величина різниці початкового базування до поверхні яку фрезеруватимуть;

L_3 – величина, яку отримуємо при виконання різальних операцій від осі до головної площини;

LR_1 – величина отвору яка отримується після виливання.



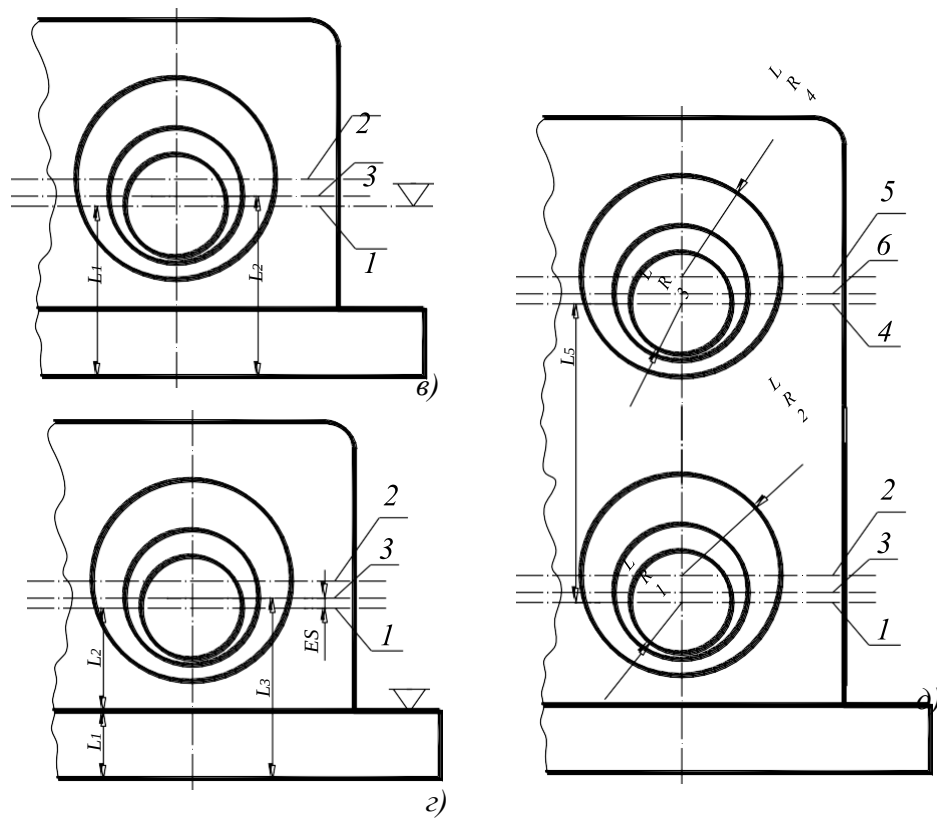


Рисунок 1.3 – Варіанти розміщення заготовки корпусного типу для здійснення різальних операцій

Вираз зсування вісі яка піддається різальним операція матиме наступний вигляд:

$$ES = L_2 - L_1 \quad (1.7)$$

де L_2 – відстань від центру отвору до сторони, яку буде фрезерувати, від осі 1 відлитого отвору до основи площини, що фрезерується;

L_1 – відстань від сторони, яку розточують, до центру отвору.

Іноді виникає потреба обробити верхню сторону як базу для подальших операцій. У цьому випадку вираз зсування осі, яку точать, до осі заготовки буде таким:

$$ES = LR_1 + L_1 - L_2, \quad (1.8)$$

де L_2 – товщина оброблюваної площини основи;

L_2 – відстань від базової поверхні до осі отвору заготовки;

LR_1 – відстань від осі, яку обточують, до базової сторони.

Також розглянемо варіант для аналізу осьових відстаней для всіх отворів, наведений вище на рисунку 1.2, д.

1.4 Вибір баз для закріплення корпусних заготовок

Початковими засадами для вибору баз для деталей типу "корпус" є наступні принципи:

- Визначення на деталях та заготовках основних площин для базування та подальшого виконання операцій технологічного процесу, а також збір даних про деталь, таких як габаритні розміри, розташування роз'ємів та отворів. Вибір додаткових баз необхідний для виконання всіх операцій технологічного процесу. Також потрібно розраховувати допуски на оброблювані розміри. Однак, часто допуски зазначають некоректно, як показано на рисунку 1.3. Для цього достатньо встановити допуск на розміщення перпендикулярно або паралельно відносно сторін, що використовуються для базування.

- Перпендикулярність і паралельність є допусками для перевірки та встановлення площин базування та розташування отворів й інших технологічних особливостей.

- Для створення всіх площин базування потрібно забезпечити точність на всіх поворотах і інших розмірах.

- Вибір площини для базування для виконання технологічного процесу здійснюється в залежності від площини, яку обробляють.

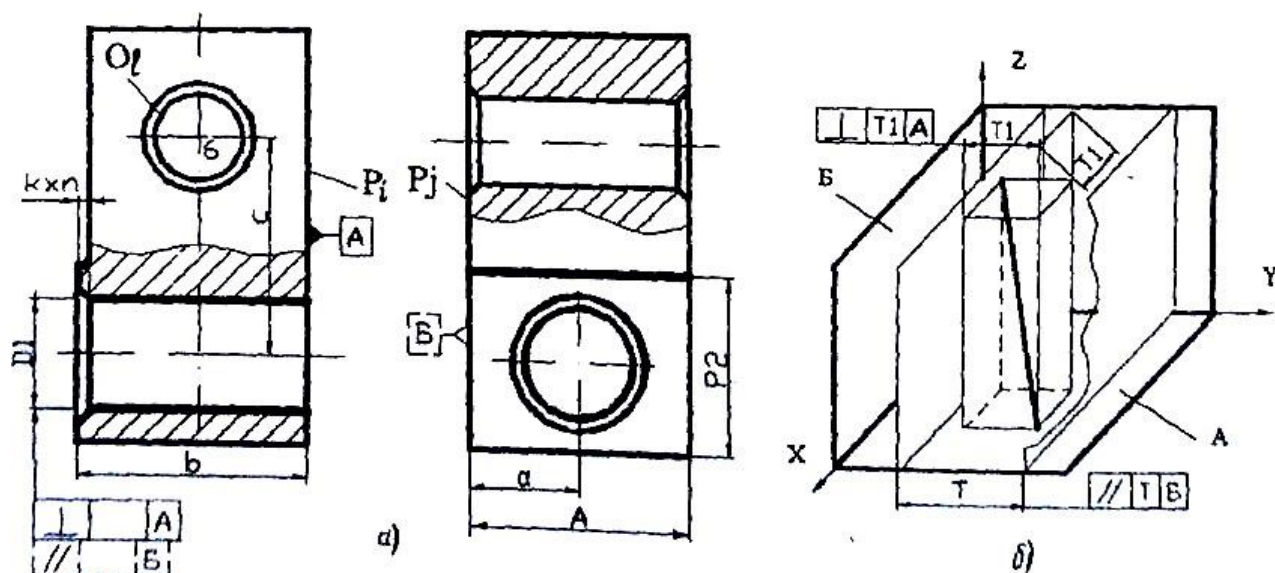


Рисунок 1.4 – Некоректне позначення полів допусків

Таблиця 1.1 – Види базування для корпусних деталей

1		3	
2		4	

Забезпечення кількості площин для базування деталей типу "корпус" повинно враховувати можливі варіанти виконання технологічного процесу. При виборі площин враховуються перпендикулярність і паралельність різноманітних отворів і місць з'єднання для максимального забезпечення виконання поставлених цілей у процесі відновлення та ремонту компресора автомобіля

КрАЗ.

Базові площини можуть бути визначені як опорними, так і направляючими, як показано на рисунку 1.4. У випадку, якщо на поверхню не призначений допуск на виконання технологічного процесу, слід обрати допуск, який найбільше відповідає усім поставленим завданням. Якщо для однієї площини обирають декілька площин для базування, призначення буде здійснюватися за більш відповідними допусками.

Згідно з перетворенням компонентів порядку встановлення, ми можемо обирати потрібне обладнання та устаткування для виконання даного технологічного процесу.

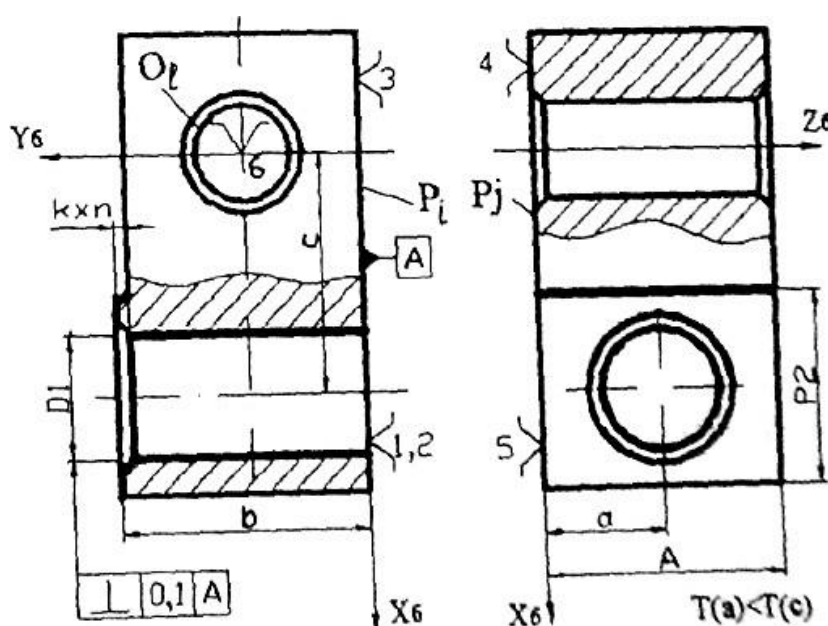


Рисунок 1.5 – Визначення критеріїв базування деталі

Під час обирання різновидів виконання операцій технологічного процесу потрібно взяти до уваги такі важливі аспекти, як: обсяг виконаних робіт за певний проміжок часу, розміри оброблюваних деталей, необхідні показники якості поверхонь, які технологічний процес повинен забезпечити, сторони, які використовуються для базування, а також основні параметри навколишнього середовища, за яких проводиться робота з деталлю.

Важливим фактором при виборі технологічного процесу є сукупність витрат, необхідних для вибору тієї чи іншої бази, або для зміни обладнання чи оснащення технологічних процесів. Провівши аналіз деталі, на яку написана дана робота, ми узагальнили можливі дефекти, які можуть виникати під час експлуатації деталі. Для проведення технологічного процесу ми ознайомилися із схемами розміщення деталі під час виконання різальних операцій і визначили

типи і схеми базування деталей корпусного типу.

Під час удосконалення технологічного процесу відновлення та ремонту компресора автомобіля КрАЗ-6510, слід провести розрахунки необхідних операцій для здійснення даного технологічного процесу. Визначити кількість необхідного обладнання та оснащення, а також спроектувати пристосування для закріплення та базування деталі.

Для вдосконалення процесу відновлення компресора автомобіля КрАЗ-6510, необхідно провести такі етапи:

1. Аналіз технологічного процесу з урахуванням усіх параметрів деталі.
2. Визначення оптимальних методів базування і закріплення.
3. Вибір обладнання і оснащення, які забезпечать якість обробки.
4. Проведення розрахунків для визначення оптимальних умов обробки.
5. Проектування пристосувань для закріплення та базування деталі.
6. Врахування витрат на обладнання, оснащення і робочий час для вибору найбільш економічно вигідного варіанту.
7. Оцінка ефективності вдосконаленого процесу та його впливу на загальну продуктивність і якість ремонту.

Цей підхід дозволить не лише покращити якість відновлення компресора, але й зменшити витрати часу і ресурсів, підвищивши загальну ефективність виробничого процесу.

2. ТЕОРИТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Відомості про дослідження даної теми

Компресор – це пристрій, призначений для стискання та транспортування газової суміші в різних системах [3]. Його широко застосовують і в автомобілях, зокрема на моделі КрАЗ-6510. Основні функції компресора полягають у:

накопиченні та зберіганні газу для використання за потреби (наприклад, для роботи гальмівної системи або інших механізмів транспорту);

забезпеченні устаткування для підвищення температури з наступним її відведенням;

накопиченні запасу газової суміші.

Таким чином, компресор виконує роль нагнітача, що подає газову суміш під тиском. Його класифікація базується на рівні тиску, який він створює, тобто на співвідношенні тиску на виході до номінального тиску, який він забезпечує.

Окрім тиску, компресор має багато інших важливих характеристик, які впливають на його вибір. Ці параметри включають:

- сферу застосування, залежно від типу виробництва;
- тип та склад газової суміші, що використовується;
- кількість циліндрів;
- об'єм повітря, що втягується у компресор;
- тип приводу, що забезпечує його роботу;
- кількість стадій стискання;
- мобільність (пересувний або стаціонарний);
- наявність системи регуляції температури;
- потужність стисненого повітря;
- особливості приводу і принцип дії компресора.

Загальні характеристики та типи компресорів наведено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Загальні характеристики та типи компресорів

Основними характеристиками компресорів зведено в таблицю 2.1

Тип компресорних машин		Призначення	Об'ємна подача, м ³ /год	Ступінь підвищення тиску	Частота обертання, хв ⁻¹
Статичні (об'ємні)	Поршневі	Вакуум-насоси	0-100	1,5-50	60-1500
		Компресори	0-500	2,5-1000	100-3000
	Роторні	Вакуум-насоси	0-100	1,15-50	250-6000
		Газодувки	0-500	1,15-3	300-15000
		Компресори	0-500	3-12	300-15000
Динамічні (лопатні)	Радіальні (або відцентровані)	Вентилятори	0-6000	1-1,15	300-3000
		Газодувки	0-5000	1,15-3	300-3000
		Компресори	100-4000	3-20	1500-45000
	Осьові	Вентилятори	50-10000	1-1,04	750-10000
		Компресори	100-15000	2-20	500-20000

До основних характеристик компресорів належать такі показники, як:

Ефективність — це кількість повітря, яке компресор здатний подавати протягом певного часу. Цей показник безпосередньо впливає на продуктивність пристрою.

Сила дії — характеризує потужність компресора і його здатність стискати повітря або газову суміш для досягнення необхідних показників.

Тиск — визначається як величина, яку компресор забезпечує під час роботи. Вона важлива для підтримки необхідних параметрів у системі, до якої підключений компресор.

Таким чином, ці характеристики впливають на загальну продуктивність і вибір компресора залежно від потреб та умов експлуатації.

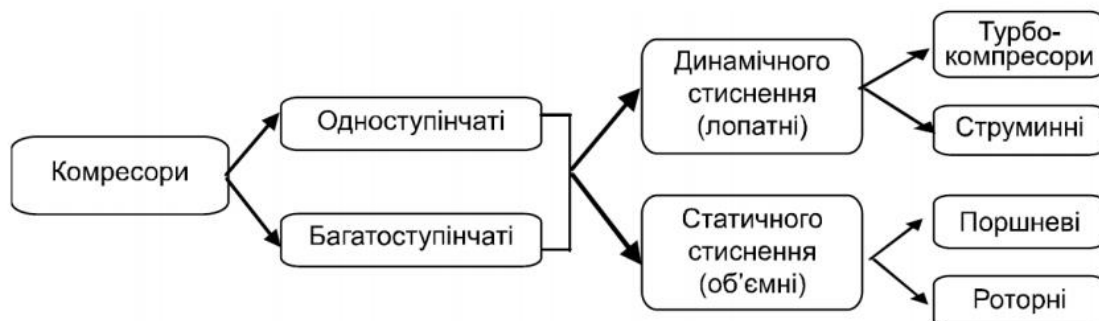


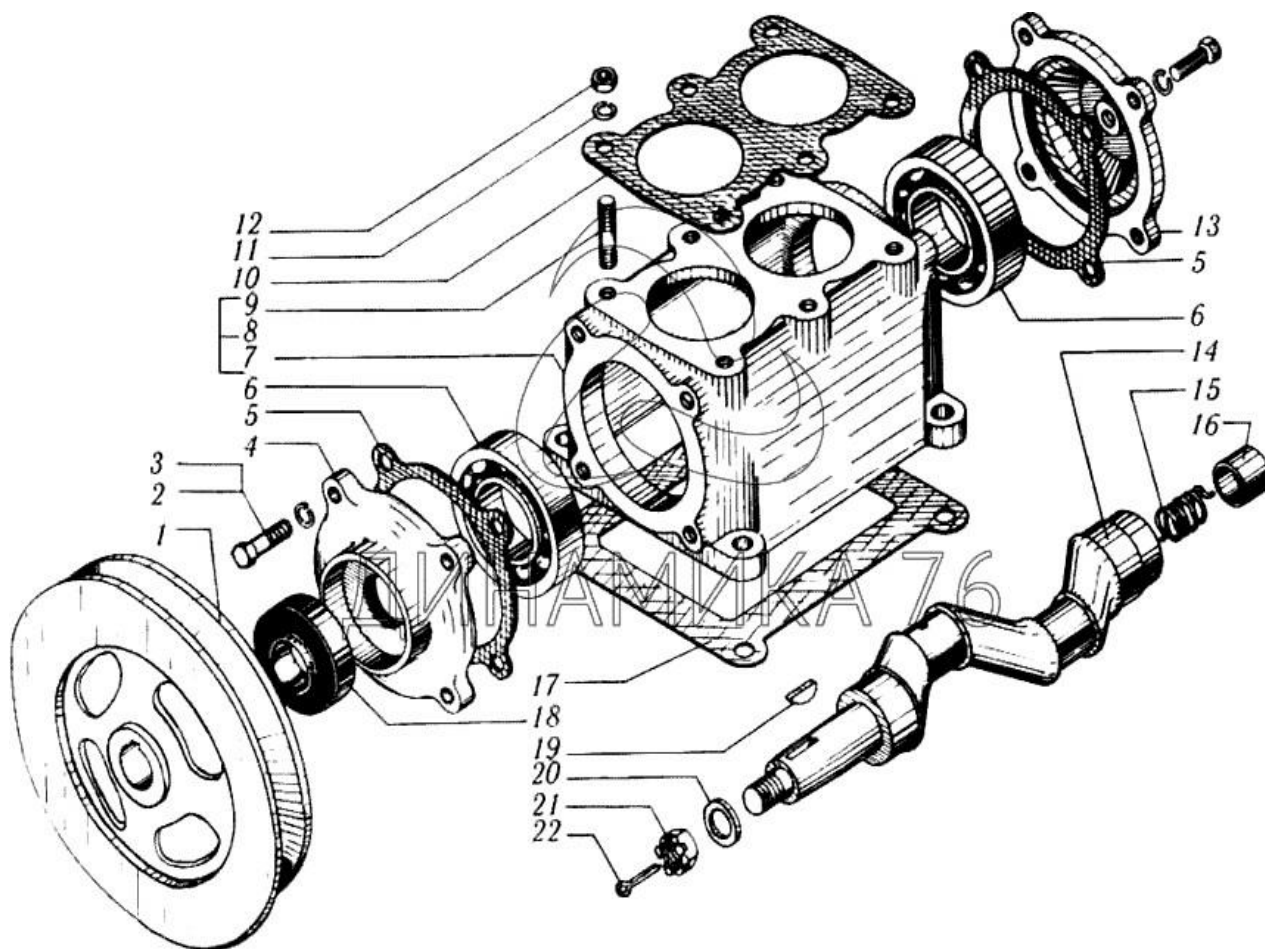
Рисунок 2.2 – Поділ компресорів по типу дії

Таким чином ми встановили, що у компресорів є чимало параметрів які можна і треба досліджувати. Таким чином нам потрібно провести дослідження компресора із врахуванням його характеристик.

Будова вузла і його особливості роботи

Компресор автомобіля КрАЗ-6510 має у своїй будові особливості.

Зовнішній вигляд якого зображено на рисунку 2.3



1 – шків; 2 – болт; 3 – шайба; 4 – передня кришка; 5 – прокладка кришки картера; 6 – підшипник в зборі; 7 – картер компресора; 8 – картер в зборі; 9 – шпилька; 10 – прокладка блоків циліндрів; 11 – шайба; 12 – гайка; 13 – задня кришка; 14 – колінчастий вал; 15 – пружина ущільнювача; 16 – ущільнювач; 17 – прокладка картера; 18 – сальник; 19 – шпонка; 20 – шайба; 21 – гайка; 22 – стопор

Рисунок 2.3 – Компресор автомобіля КрАЗ-6510 у зборі

Компресор, який встановлюється на автомобілі КрАЗ-6510 є складним вузлом не тільки конструктивною але і матеріали з яких він виготовляється. Корпус компресора виготовляється із чавуну.

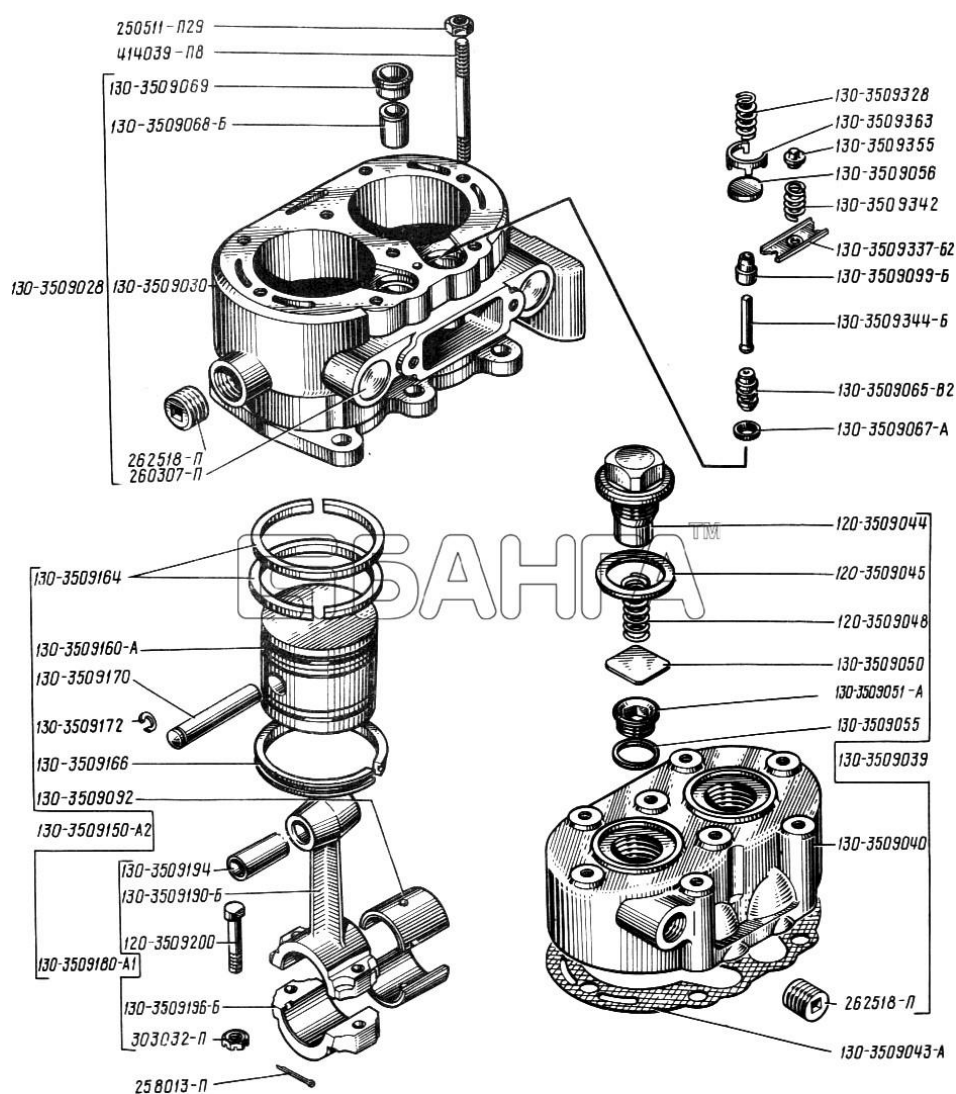


Рисунок 2.4 – Компресор (головка і блок циліндрів)

Перелік усіх елементів компресора із номером у каталозі наведено у таблиці 2.1

Таблиця 2.2 – Перелік деталей із номером в каталогі

130-3509039	Головка компресора у зібраному вигляді
120-3509044	Пробка нагнітального клапана
120-3509045	Прокладка пробки
120-3509048	Пружина нагнітального клапана
120-3509200	Болт
130-3509028	Блок циліндрів у зібраному вигляді
130-3509030	Блок циліндрів
130-3509040	Головка компресора
130-3509043-A	Прокладка головки
130-3509050	Нагнітальний клапан
130-3509051-A	Місце посадки нагнітального клапана
130-3509055	Прокладка місця посадки
130-3509056	Впускний клапан
130-3509065-B2	Плунжер
130-3509067-A	Ущільнююче кільце плунжера
130-3509068-B	Втулка плунжера
130-3509069	Місце посадки впускного клапана
130-3509092	Вкладиш шатуна
130-3509090-B	Місце посадки штока впускного клапана
130-3509150-A2	Поршень із шатуном у зборі
130-3509160-A	Поршень
130-3509164	Кільце компресійне
130-3509166	Кільце маслоснімне
130-3509172	Стопорне кільце
130-3509180-A1	Шатун в зборі
130-3509190-B	Шатун
130-3509194	Втулка шатуна
130-3509196-B	Кришка шатуна
130-3509328	Пружина впускного клапана
130-3509337-B2	Коромисло в зборі

130-3509342	Пружина коромисла
130-3509344-B	Шток впускного клапана
130-3509355	Направляюча пружина коромисла
130-3509363	Направляюча впускного клапана
258013-П	Стопор розвідний
262518-П	Пробка
303032-П	Гайка
414039-П8	Шпилька

Однією з ключових деталей компресора є блок, який має особливості конструкції і є кошовною деталлю. На деяких автомобілях цей вузол бере участь у роботі гальмівної системи, а на певних моделях виконує функцію автоматичного підкачування повітря в колеса автомобіля. Перелік деталей, що використовуються в компресорі, наведено в таблиці 2.2.

Пропонуємо наступний ряд вимог, які ставляться до компресора, його деталей і процесу складання:

- Місця посадки впускних клапанів повинні бути встановлені максимально глибоко.
- Блок циліндрів повинен кріпитися таким чином, щоб різьбова поверхня була повністю закрученою.
- Для циліндрів допускається відхилення від розмірів не більше 0,03 мм.
- Під час складання компресора деталі, що труться, потрібно змащувати.
- В осьових деталях допускається відхилення до 0,03 мм на 100 мм.

Зношення деталей компресора часто відбувається через абразивний знос. Цей процес полягає в тому, що дрібні частинки, які утворилися внаслідок мікронадколів деталей або тертя між ними, переносяться між тертьовими поверхнями або разом із мастилом. Абразивний знос зачіпає лише ті деталі, між якими відбувається тертя, і не впливає на інші поверхні.

Тверді частинки, що утворюються під час тертя деталей, можуть знаходитися в маслі або виникати в системі охолодження. У разі утворення мікротріщин або зношень, уламки переносяться охолоджуючою рідиною.

Таким чином, абразивний знос проявляється після того, як тверді частинки потрапляють разом із подачею рідини чи мастила.

2.2 Залежність типу компресора і його результатів

При дослідженні основних характеристик компресора автомобіля КрАЗ-6510 ми використовуємо дані, отримані під час теоретичних розрахунків [4]. Для цього всі подальші результати експериментальних досліджень порівнюватимуться з теоретичними даними. Це дозволить провести точний аналіз роботи компресора та виявити можливі відхилення від розрахункових параметрів.

На рисунку 4.3 представлені теоретичні результати дослідження компресора, які демонструють залежність його продуктивності та ефективності від типу компресора, робочого тиску та інших ключових параметрів.

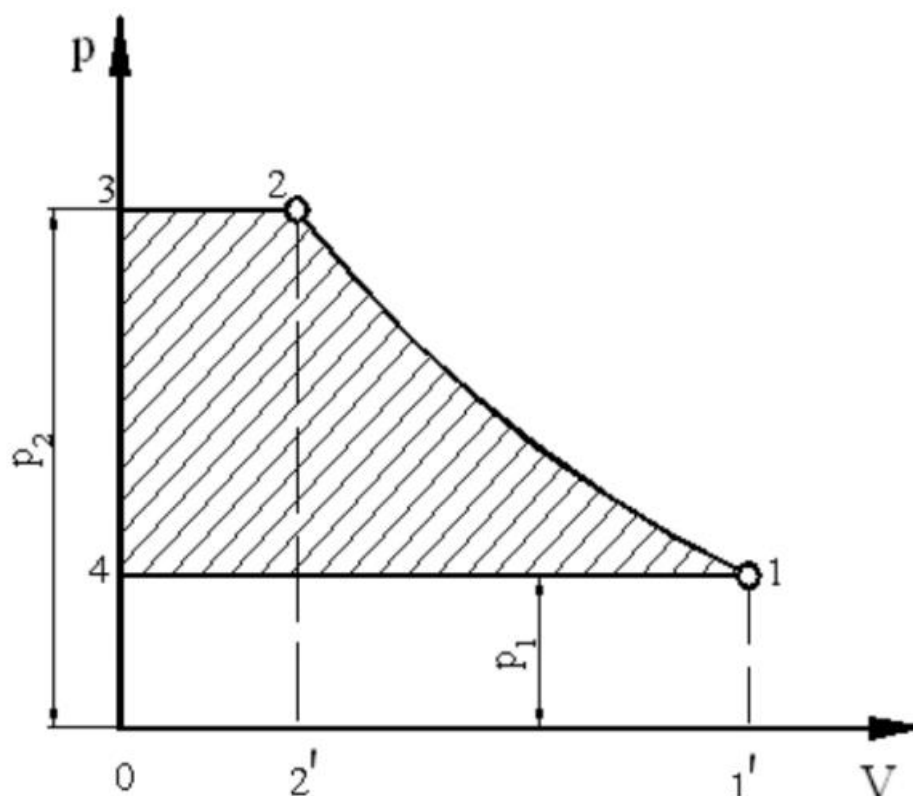


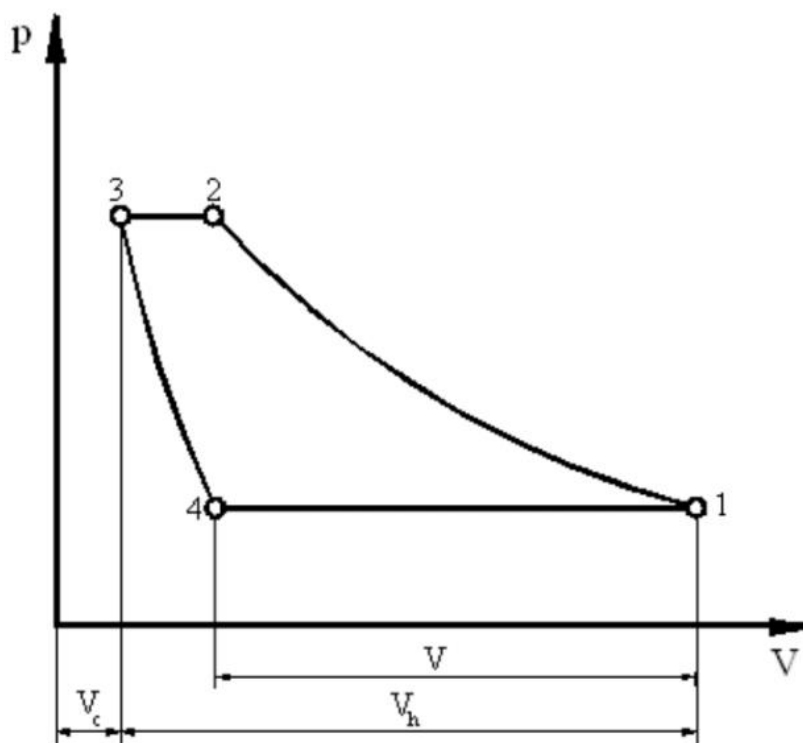
Рисунок 2.5 – Теоретичні результати дослідження компресора

На рисунку 2.5 показано процес випробування компресора автомобіля КрАЗ-6510, виконаний за допомогою теоретичних розрахунків та проектувань. Процес роботи компресора складається з таких етапів:

- 4-1 — втягування газової суміші в компресор;
- 1-2 — стиснення газової суміші всередині компресора;
- 2-3 — нагнітання стиснутого газу;
- 3-4 — викидання відпрацьованих газів.

Після проведення експериментальних досліджень отримані результати

були зведені у діаграму, яка представлена на рисунку 2.6. Ці показники дозволяють порівняти теоретичні і практичні дані, визначити точність розрахунків та зробити висновки про ефективність роботи компресора.



Рисунку 2.6 – Результати експериментального дослідження
Визначення ефективності компресора автомобіля КрАЗ-6510

Для визначення ефективності компресора автомобіля КрАЗ-6510 необхідно провести наступні розрахунки. Одним із ключових показників є ступінь підвищення тиску, що можна розрахувати за формулою:

$$\varepsilon = \frac{p_k}{p_n} \quad (2.1)$$

де, p_k і p_n – значення тисків на початку і в кінці компресора.

Проведемо визначення тиску в процесі руху і тиску повного компресора

$$\Delta p = p_k - p_n \text{ і } \Delta p^* = p_k^* - p_n^*$$

Таким чином повне значення втрати тиску буде становити

$$\Delta p^* = p_i^* - p_{i-1}^* \quad (2.2)$$

З проведених розрахунків отримано результати, на основі яких можна зробити кілька висновків. Дослідження підтверджує, що методика розрахунку є в цілому коректною, проте для досягнення більш точних результатів необхідно більш ретельно підбирати коефіцієнти, специфічні для нашого варіанту компресора.

На рисунку 2.7 показано результати випробування компресора автомобіля КрАЗ-6510. Синьою лінією зображені реальні результати випробувань

компресора, які проводилися при тиску $P_n=3340\text{Па}$. Помаранчевою штрихпунктирною лінією показані теоретичні результати, отримані під час розрахунків.

Зіставлення цих ліній показує, що розбіжність між теоретичними та реальними даними є незначною, що свідчить про правильність застосованих методів розрахунку. Реальні випробування компресора підтверджують теоретичні результати, що дозволяє зробити висновок про надійність розробленої методики.

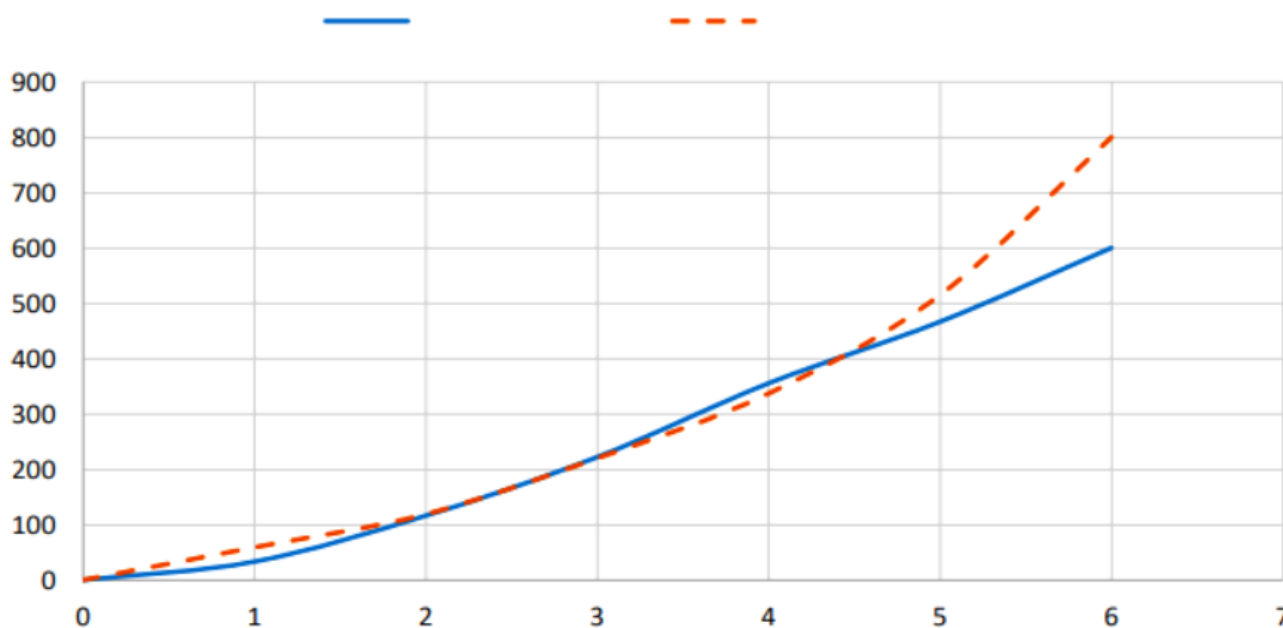


Рисунок 2.7 – Основні показники компресора при тиску $P_n=3340\text{Па}$

Також було проведено випробування, яке базувалося на аналізі зміни тиску в компресорі відносно кількості обертів, які здійснював компресор (рисунок 2.8). У результаті дослідження було виявлено, що до 8000 обертів компресора теоретичні та практичні результати практично збігаються. Однак після досягнення 8000 обертів тиск у компресорі почав зростати швидше порівняно з теоретичними розрахунками.

Це свідчить про те, що після певного порогу обертів компресор починає працювати з більшою ефективністю, ніж передбачено теорією. Така розбіжність може бути пов'язана з додатковими факторами, які не були враховані в теоретичних розрахунках, наприклад, особливостями конструкції компресора або умовами його експлуатації.

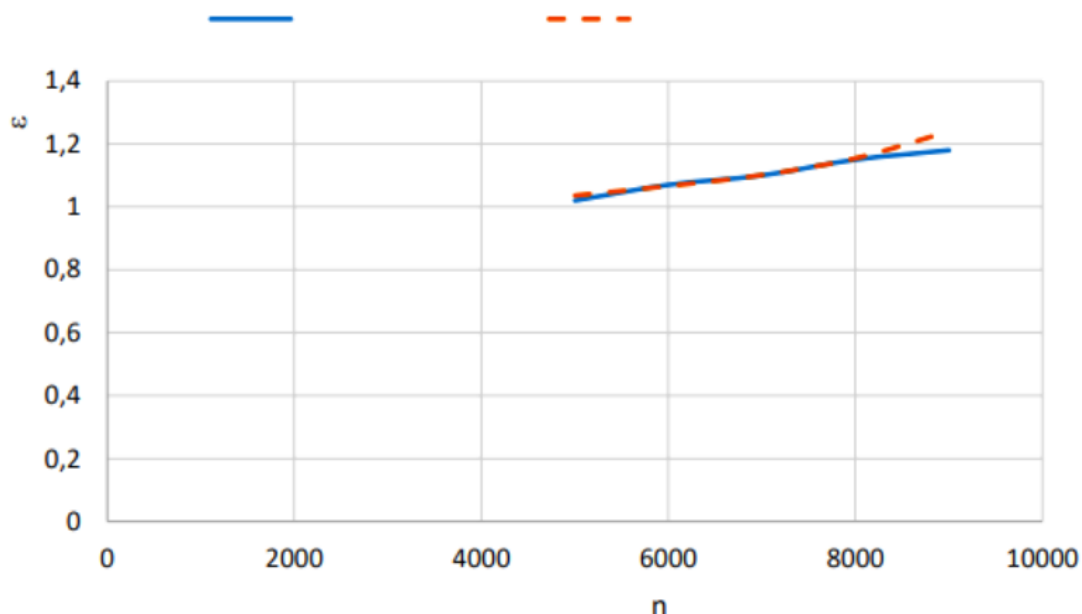


Рисунок 2.8 – Результати відношення зміни тиску від кількості обертів

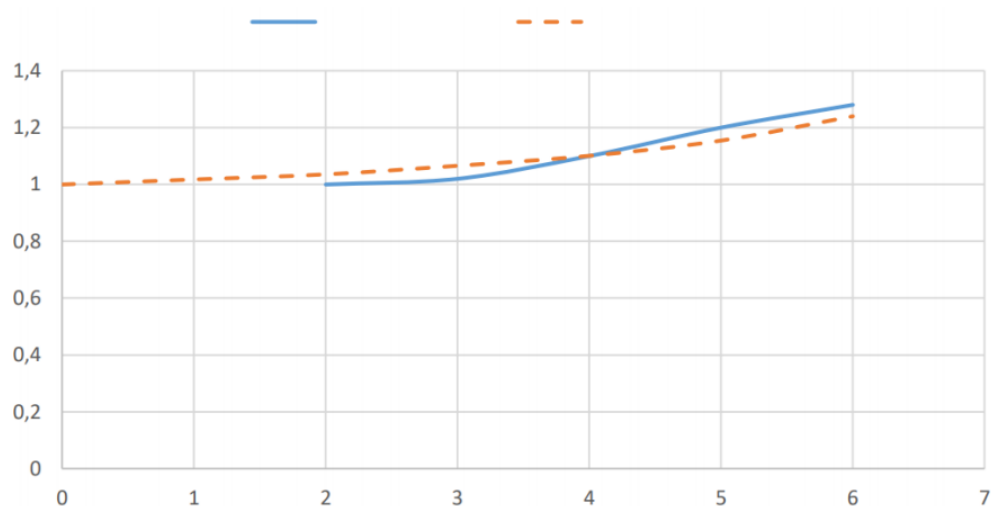


Рисунок 2.9 – Результати відношення збільшення тиску у системі від кількості випущеного повітря при $P_n=3340 \text{ Па}$

У всіх проведених випробуваннях було обрано позиції з відповідними значеннями, при яких швидкість роботи компресора становила приблизно $p=150$ об/с. Також було визначено залежність збільшення тиску $\varepsilon=f(Q)$. Усі експерименти проводилися при фіксованому номінальному тиску $P_n=3340 \text{ Па}$.

За результатами теоретичних досліджень, а також випробувань компресора за різних навантажень і зміни інших технологічних параметрів, було встановлено, що деталь, відновлена за розробленим технологічним процесом, відповідає вимогам і є придатною для подальшої експлуатації. З урахуванням отриманого економічного ефекту та скорочення витрат на час виконання робіт, цей результат є позитивним і може бути рекомендований до впровадження на ремонтних підприємствах.

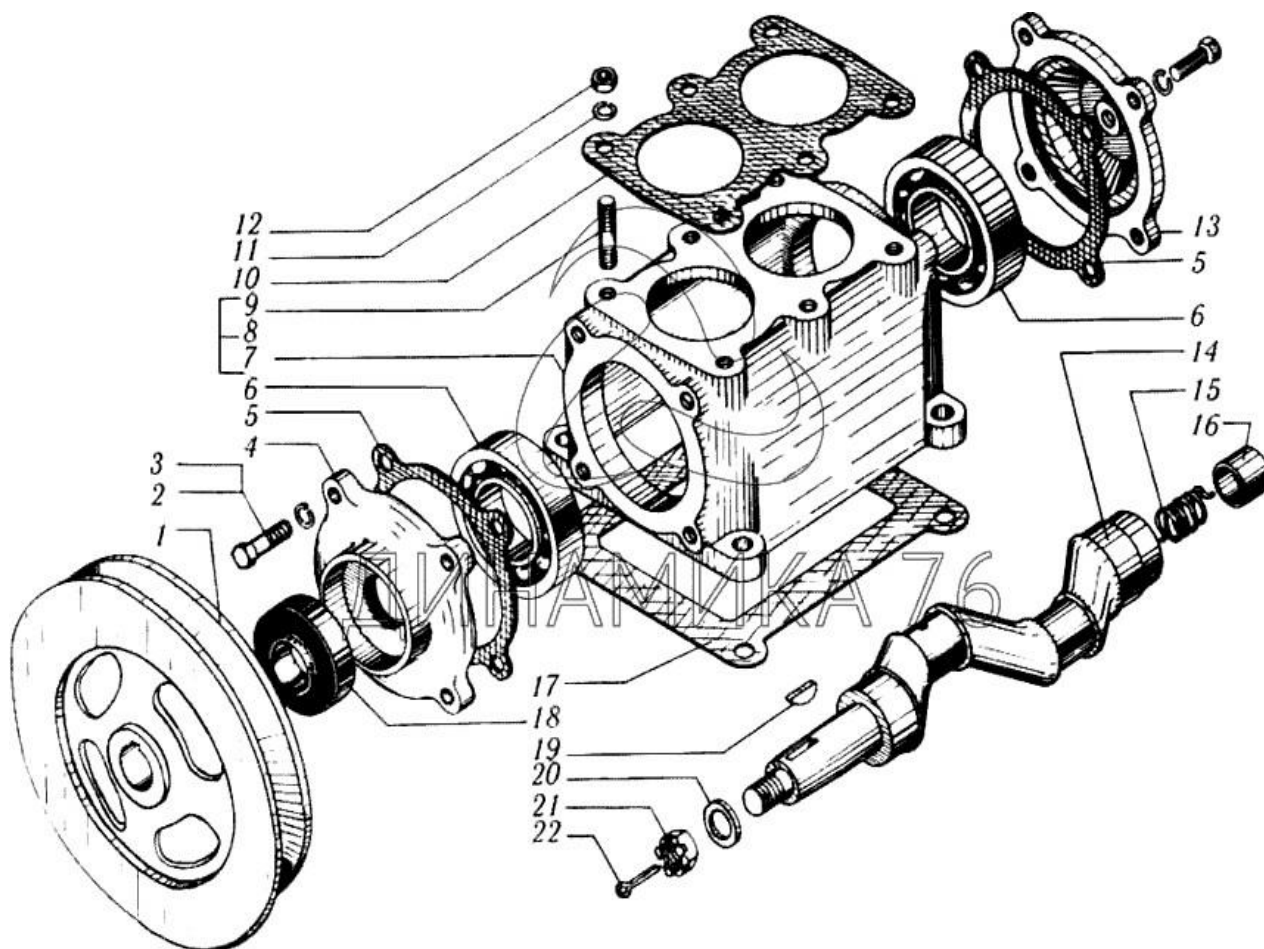
3. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування організаційно-аналітичних рішень

3.1.1 Будова вузла і його особливості роботи

Компресор автомобіля КрАЗ-6510 має у своїй будові особливості.

Зовнішній вигляд якого зображено на рисунку 3.1



1 – шків; 2 – болт; 3 – шайба; 4 – передня кришка; 5 – прокладка кришки картера; 6 – підшипник в зборі; 7 – картер компресора; 8 – картер в зборі; 9 – шпилька; 10 – прокладка блоків циліндрів; 11 – шайба; 12 – гайка; 13 – задня кришка; 14 – колінчастий вал; 15 – пружина ущільнювача; 16 – ущільнювач; 17 – прокладка картера; 18 – сальник; 19 – шпонка; 20 – шайба; 21 – гайка; 22 – стопор.

Рисунок 3.1 – Компресор автомобіля КрАЗ-6510 у зборі

Компресор, який встановлюється на автомобілі КрАЗ-6510 є складним вузлом не тільки конструктивною але і матеріали з яких він виготовляється. Корпус компресора виготовляється із чавуну.

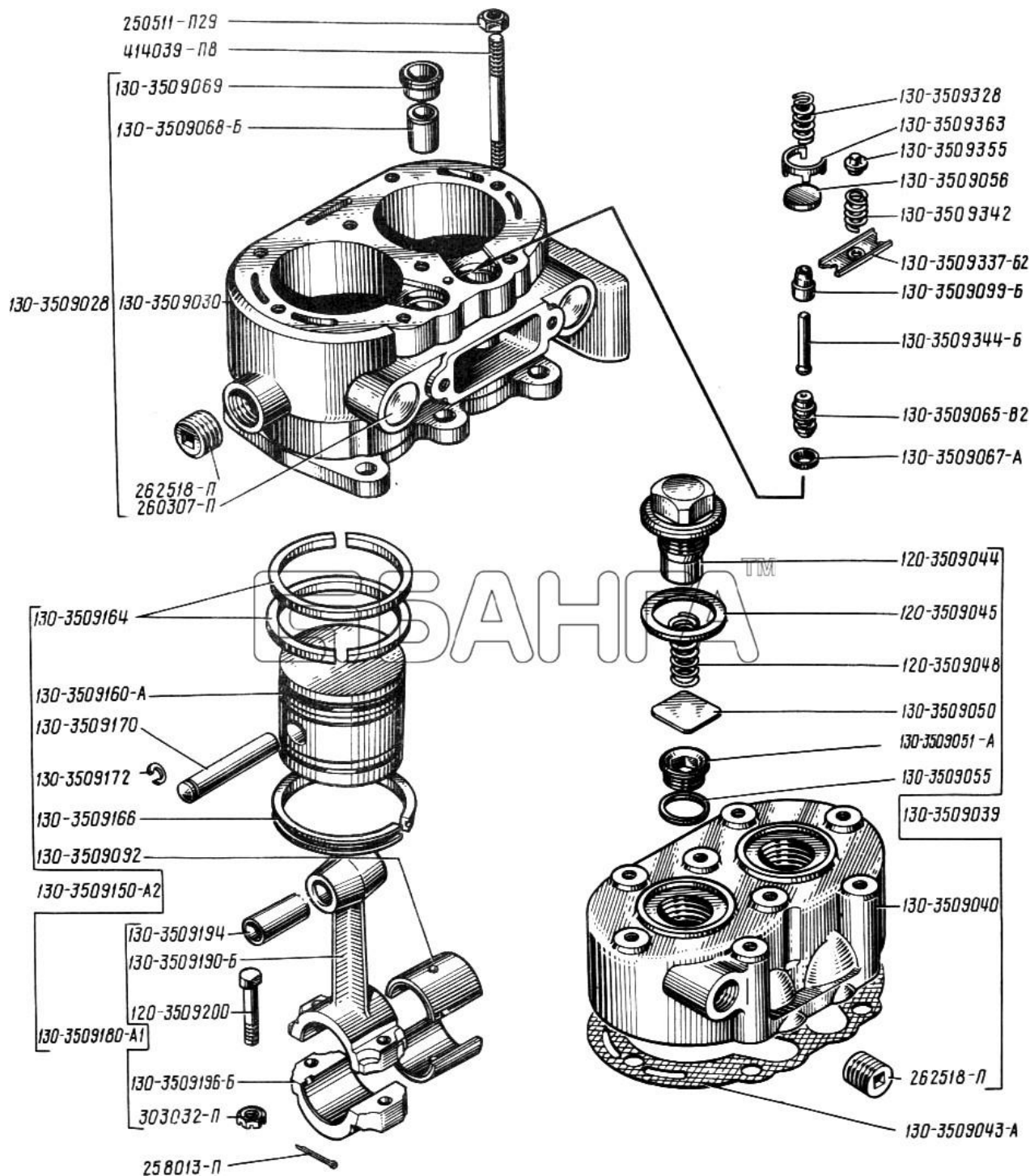


Рисунок 3.2 – Компресор (головка і блок циліндрів)

Перелік усіх елементів компресора із номером у каталозі наведено у таблиці 2.2

Таблиця 3.1 – Перелік деталей із номером в каталогі

Номер	Назва деталі
130-3509039	Головка компресора у зібраному вигляді
120-3509044	Пробка нагнітального клапана
120-3509045	Прокладка пробки
120-3509048	Пружина нагнітального клапана
120-3509200	Болт
130-3509028	Блок циліндрів у зібраному вигляді
130-3509030	Блок циліндрів
130-3509040	Головка компресора
130-3509043-А	Прокладка головки
130-3509050	Нагнітальний клапан
130-3509051-А	Місце посадки нагнітального клапана
130-3509055	Прокладка місця посадки
130-3509056	Впускний клапан
130-3509065-В2	Плунжер
130-3509067-А	Ущільнююче кільце плунжера
130-3509068-Б	Втулка плунжера
130-3509069	Місце посадки впускного клапану
130-3509092	Вкладиш шатуна
130-3509099-Б	Місце посадки штока впускного клапана
130-3509150-А2	Поршень із шатун в зборі
130-3509160-А	Поршень
130-3509164	Кільце компресійне
130-3509166	Кільце маслоснімне
130-3509172	Стопорне кільце
130-3509180-А1	Шатун в зборі
130-3509190-Б	Шатун
130-3509194	Втулка шатуна
130-3509196-Б	Кришка шатуна
130-3509328	Пружина впускного клапана
130-3509337-Б2	Коромисло в зборі
130-3509342	Пружина коромисла
130-3509344-Б	Шток впускного клапана
130-3509355	Направляюча пружина коромисла
130-3509363	Направляюча впускного клапана
258013-П	Стопор розвідний
262518-П	Пробка
303032-П	Гайка
414039-П8	Шпилька

Однією з ключових деталей компресора є блок, який має особливу конструкцію та є дорогою частиною. На деяких автомобілях цей вузол бере участь у роботі гальмівної системи, а на інших моделях виконує функцію автоматичної підкачки повітря в шини. Перелік деталей, що використовуються у компресорі, наведено в таблиці 3.1.

Пропонуємо ряд вимог до компресора, його компонентів та процесу складання:

- Місця посадки впускних клапанів повинні бути встановлені на максимально можливу глибину.
- Блок циліндрів має бути прикріплений так, щоб різьбова частина з'єднання була повністю закручена.
- Допускається відхилення розмірів циліндрів до 0,03 мм.
- У процесі складання компресора деталі, що піддаються тертю, повинні бути змащені.
- В осьових деталях допустимі відхилення до 0,03 мм на кожні 100 мм.

Основний тип зношення деталей компресора, як правило, — це абразивне зношення. Воно виникає через наявність дрібних частинок, що утворюються в результаті мікротріщин або тертя між деталями. Ці частинки можуть проникати між поверхнями деталей разом із мастилом або рідиною.

Абразивне зношення відбувається лише на поверхнях, що піддаються тертю, і не впливає на інші частини. Тверді частинки, що утворюються в результаті зношення, можуть потрапляти в систему мастила або охолодження, спричиняючи подальше зношення інших компонентів системи через переміщення уламків разом з охолоджувальною рідиною або мастилом. Це посилює процес абразивного зношення після попадання твердих частинок у потік рідини.

3.1.2 Основні вимоги для проведення ремонту компресора автомобіля КрАЗ-6510

Основними дефектами, які найчастіше зустрічаються у компресорі, є поява надломів та тріщин, що можуть виникати з різних причин. Такі пошкодження, зазвичай, важко піддаються відновленню, а в деяких випадках їх взагалі неможливо відновити. Тріщини найчастіше виникають у корпусних деталях,

тоді як надломи зазвичай зустрічаються у рухомих компонентах, таких як циліндро-поршнева група, вузли подачі повітря та мастила. Через індивідуальний характер цих поломок ремонтні роботи ускладнюються, оскільки для кожного випадку потрібен особливий підхід.

Тріщини часто виникають у таких місцях, де їх відновлення є неможливим або економічно недоцільним. В компресорі корпусні деталі мають значно вищий ресурс, ніж рухомі компоненти, такі як поршні, кільця, шатуни, втулки та циліндри. Це обумовлює необхідність виконання відновлювальних робіт під час технічного обслуговування для підтримки працездатності компресора.

Для відновлення компресора важливо розглядати кожний дефект окремо. В деяких випадках доцільніше відновити деталь нанесенням матеріалу з подальшою механічною обробкою, а в інших випадках — краще замінити пошкоджену деталь новою. Наприклад, дрібні деталі, такі як кільця або втулки, доцільніше замінювати, а корпусні деталі або поршні можуть бути відновлені.

Процес дефектації, перелік основних несправностей, а також контрольні розміри та технічні вимоги до деталей компресора автомобіля КрАЗ-6410 для проведення перевірки та відновлювальних робіт наведено в додатку 3.1.

3.1.3 Удосконалення процесу відновлення деталей компресора

Для вдосконалення базового технологічного процесу відновлення та ремонту корпусних деталей компресора автомобіля КрАЗ-6510, зокрема відновлення тріщин, розломів, деформацій площин з'єднання та перевірки стану різьбових отворів, пропонується наступний порядок виконання робіт [6]:

Операція 5: Слюсарні роботи

Перш за все, необхідно очистити деталі від залишків старих матеріалів та іржі. Це забезпечить чистоту робочої поверхні та підготує деталь до подальших операцій.

Операція 10: Очищення місця тріщини

Провести шліфування зони тріщини для підготовки до подальших етапів відновлення. Ця операція покращить зчеплення матеріалу для напилення.

Операція 15: Напилення

На зачищену тріщину наноситься матеріал методом напилення, що забезпечить відновлення пошкодженої ділянки.

Операція 20: Шліфування після напилення

Після напилення проведемо шліфування нанесеного шару для досягнення номінальних розмірів.

Операція 25: Фрезерування площини з'єднання

Фрезерування площини з'єднання виконується з дотриманням необхідних параметрів шорсткості для забезпечення герметичності та міцності з'єднання.

Операція 30: Розточування внутрішнього покриття циліндра

Виконується розточувальна операція для відновлення внутрішнього покриття циліндра компресора, щоб забезпечити відповідність його геометрії стандартам.

Операція 35: Хонінгування

Хонінгування внутрішньої поверхні циліндра проводиться для досягнення необхідної точності та гладкості поверхні.

Операція 40: Зварювальні роботи

Виконуються зварювальні роботи у місцях різбових з'єднань для відновлення пошкоджених різьб.

Операції 45 та 50: Свердлильні роботи

Свердління та розсвердлювання отворів, які були попередньо зварені, забезпечує відновлення їх правильних розмірів.

Операції 55 та 60: Нарізання різьби

Нарізання різьби у відновлених отворах корпусу виконується для підготовки до з'єднання деталей.

Операція 65: Об'єднання болтових з'єднань

Виконання болтових з'єднань між відновленими деталями для забезпечення міцності конструкції.

Операції 70 та 75: Встановлення втулок

Втулки встановлюються шляхом запресовування у відповідні посадкові місця.

Операція 80: Контроль параметрів

Завершальний етап — контроль відповідності відновлених деталей до номінальних розмірів нових компонентів. Перевіряються як габаритні розміри, так і якість поверхонь після відновлення.

Цей вдосконалений технологічний процес дозволяє підвищити ефективність відновлення компресора та продовжити термін його служби.

Обладнання, інструменти та пристосування, необхідні для виконання зазначених операцій, наведено в таблиці 2.2 у додатках.

3.1.4 Встановлення часу для проведення операцій технологічного процесу

Для визначення параметрів нанесення відновлюваного шару та кількості матеріалу, що необхідно нанести, розглянемо всі умови та параметри, які потрібно враховувати під час відновлення деталі компресора:

Попередня підготовка

Перед нанесенням відновлюваного шару важливо очистити та підготувати місце тріщини, видаливши залишки матеріалів і забезпечивши чисту поверхню для нанесення.

Основні параметри процесу відновлення:

- Тиск: 0,6 МПа — це необхідний тиск для проведення операції нанесення відновлюваного шару.
- Повітря: для процесу потрібно 0,4 м³/хв повітря для забезпечення стабільності процесу.
- Відстань нанесення: 80–100 мм — оптимальна відстань для нанесення шару, що забезпечує рівномірне покриття.
- Фракція шару: 40 мкм — розмір частинок матеріалу, що наноситься, для досягнення рівної поверхні та міцності.
- Напруга мережі: 220 В — необхідна напруга електромережі для роботи установки.
- Потужність установки: 3,6 кВт — потужність, яку повинна забезпечувати установка для нанесення матеріалу.
- Швидкість нанесення: $P_v = 3 \text{ см}^3 / \text{хв}$ — швидкість нанесення шару для рівномірного відновлення.

Розмір товщини покриття:

- Необхідна товщина покриття для одного переходу становить $t = 1,75 \text{ мм}$.

Розрахунок кількості матеріалу:

Для більш точного визначення кількості матеріалу, що потрібно нанести, слід розв'язати рівняння, яке враховує площу поверхні, що

підлягає відновленню, та необхідну товщину покриття.

$$V_M = \frac{L \cdot b \cdot h \cdot k_{зан}}{1000}, \quad (3.1)$$

де L – розмір самого пошкодження, тріщина мм;

b – усереднена поперечна величина розлому, мм;

h – розмір розлому у матеріал деталі, мм;

$k_{зан}$ – коефіцієнт, який показує необхідно-потрібну кількість матеріалу.

При наступних розмірах пошкодження таких, як довжина $L = 42$ мм, ширина $b = 3$ мм

та на заглиблення у матеріал на $h = 6$ мм а також, коефіцієнт, який показує необхідно-потрібну кількість матеріалу $k_{зан}=1,35$.

$$V_M = \frac{42 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 1,35}{1000} = 1,0206 \text{ см}^2.$$

Проведемо визначення скільки потрібно проходів за наступною формулою:

$$i = \frac{h}{t}, \quad (3.2)$$

де t – кількість матеріалу, який потрібно нанести за прохід.

$$i = \frac{7}{1,75} = 4.$$

Кількість потрібного часу на виконання операції, хв

$$T_0 = \frac{V_M}{\Pi_v}, \quad (3.3)$$

$$T_0 = \frac{1,176}{0,3} = 3,92 \text{ хв.}$$

Час, необхідний для виконання робіт зі складання деталей, становить $t_{BV} = 0,85$ хв. Час, необхідний для виконання переходу, становить $t_{ВП} = 0,47$ хв. Для підтримання робочого місця в належному стані потрібно $t_{ОРМ} = 6$ хв. Щоб визначити кількість штучного часу, потрібного для виконання цієї операції, проводимо розрахунок за відповідною формулою:

$$T_{шт} = (t_0 + t_d) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right); \quad (3.4)$$

$$T_{шт} = (3,92 + 1,32) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) = 5,55 \text{ хв.}$$

Визначення параметрів для фрезерування

Під час виконання цієї операції виникає необхідність фрезерувати площини, які відновлювалися. Цей процес здійснюється за допомогою

спеціального обладнання, а саме на фрезерному верстаті з горизонтальним напрямком.

Процес проходить за такими параметрами:

- Глибина різання $t = 0,2$ мм,
- Розмір шару, що буде фрезеруватися $B = 110$ мм.

Як інструмент обираємо спеціальну фрезу з такими параметрами:

- Діаметр фрези $D = 100$ мм,
- Число зубів $z = 10$.

При виконанні оброблюваної операції визначаються наступні параметри:

- Подача на один зуб s_z ,
- Подача інструмента на один оберт S_n ,

Подача інструмента за певний період часу s_m мм/хв, що розраховується за відповідною формулою:

$$s_m = s_n \cdot n = s_z \cdot z \cdot n, \quad (3.5)$$

де n – кількість обертів за проміжок часу -1 фрези, хв^{-1} ;

z – число зубів фрези.

Подавання інструмента рекомендується робити на один зуб, що становить $s_z = 0,15$ мм[9].

Параметри з якими проходить процес механічної обробки заготовки можна визначити за наступним рівнянням:

$$v = \frac{c_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot k_v, \quad (3.6)$$

де v_c – коефіцієнт, що описує параметри процесу обробки;

D – діаметр фрези, $D = 100$ мм;

T – час працездатності оснащення, $T = 180$ хв;

S_z – подача на один зуб, $s_z = 0,15$ мм;

B – габаритний розмір оброблюваної площини;

z – кількість зубів, $z = 10$;

v_k – коефіцієнт, що враховує режими даної операції;

q, m, x, y, u, p – показники, що залежать від умов проведення процесу різання.

Для наших умов роботи дані коефіцієнти v_c, q, m, x, y, u, p мають наступні значення:

- $v_c = 49,5$

- $q=0,45$
- $m=0,33$
- $x=0,3$
- $y=0,4$
- $u=0,1$
- $p=0,1$

Загальний поправочний коефіцієнт, який корегує різні параметри обробки, визначається за відповідним рівнянням.

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv}, \quad (3.7)$$

де k_{mv} – коефіцієнт, що описує склад деталі, яку обробляють;

k_{nv} – коефіцієнт, що відображає вплив оброблюваної ділянки на параметри;

k_{uv} – коефіцієнт, що враховує параметри інструменту і становить $k_{uv} = 0,9$.

Відповідно до джерела [8], ми отримаємо:

$$k_{mv} = k_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma^B} \right)^{n_v}, \quad (3.8)$$

де k_Γ – коефіцієнт, що враховує параметри самого інструмента, і становить $k_\Gamma=1$;

n_v – показник, що описує процес обробки, і становить $n_v = 1$;

НВ – міцність деталі, що обробляється, становить НВ = 170 МПа .

Згідно з рівнянням (3.8):

$$k_{mv} = 1,06$$

k_{uv} – коефіцієнт, що враховує параметри інструменту, і становить $k_{uv} = 1,15$

.

k_{cv} – коефіцієнт, що містить інформацію про варіант виконання технологічного процесу, і становить $k_{cv} = 1,0$.

Отже, з отриманої інформації маємо:

$$k_v = 1,06 \times 1,15 \times 1 = 1,22$$

$$v = \frac{49,5 \cdot 100^{0,45}}{180^{0,3} \cdot 0,2^{0,3} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 110^{0,1} \cdot 10^{0,1}} \cdot 1,22 = 147,1 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо параметри для виконання різальної операції а саме P_z , H , що визначаємо з рівняння:

$$p_z = \frac{10 \cdot c_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^{n_z}}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{mp}, \quad (3.9)$$

де n – швидкість обертання фрези, об/хв;

c_p – коефіцієнт, що коригує параметри процесу обробки, та показники степені c, x, y, u, q, v ;

k_{mp} – коефіцієнт, що враховує дію на показники матеріалу, над яким проводяться відновлювальні роботи;

R_h – горизонтальний;

R_v – вертикальний;

R_y – радіальний;

R_x – осьовий;

Показники, що враховуються при процесі різання: горизонтальний, вертикальний, радіальний та осьовий відповідно.

З врахуванням усіх показників отримаємо наступні параметри:

$$c_p = 68,2;$$

$$x = 0,86;$$

$$y = 0,72;$$

$$u = 1,0;$$

$$q = 0,86;$$

$$v = 0;$$

Швидкість обертання фрези n :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}; \quad (3.10)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 147,1}{3,14 \cdot 100} = 468,5 \text{ хв}^{-1}.$$

З врахуванням отриманих результатів, обираємо стандартизований розмір близький до нашого результату і отримаємо $n_\phi = 600 \text{ хв}^{-1}$.

В такому разі ми отримаємо наступну швидкість при якій відбувається процес різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,2^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 110^{0,3} \cdot 10}{100^{0,86} \cdot 400^0} \cdot 0,88 = 34,6 \text{ Н}.$$

Розраховуємо момент $M_{кр}$, який виникає при проходженні процесу різання:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}; \quad (3.11)$$

$$M_{кр} = \frac{34,6 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 17,3 \text{ Нм}.$$

Необхідну потужність, що потрібно для виконання різальної операції

визначаємо з наступного рівняння N_e , кВт:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}; \quad (3.12)$$

$$N_e = \frac{34,6 \cdot 147,1}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт.}$$

Для визначення часу, що іде на виконання додаткових операцій визначається з наступного рівняння:

$$t_m = 2 \cdot \frac{L}{s_m}, \quad (3.13)$$

де L – величина розміру поверхні, яка обробляється;

s_m – подавання обладнання відносно часу виконання, мм/хв.

Проведемо розрахунок заготовки яку маємо оброблювати:

$$L = l + y, \quad (3.14)$$

де l – розмір місця на деталі, яку оброблятимемо;

y – величина різального інструменту для виконання фрезерної операції;

$$y = y_1 + y_2, \quad (3.15)$$

де y_1 – розмір врізки інструменту в оброблювану деталь;

y_2 – розмір що вказує на завершення врізання інструмента в деталь

$$y_1 = \sqrt{D \cdot t - t^2}; \quad (3.16)$$

$$y_1 = \sqrt{100 \cdot 0,2 - 0,2^2} = 4,47 \text{ мм};$$

$$y_2 = 0,05 \cdot D = 0,05 \cdot 100 = 5 \text{ мм};$$

$$y = 4,47 + 5 = 9,47 \text{ мм.}$$

Подавання інструмента за період часу s_m проводимо розрахунок за наступним рівнянням:

$$s_m = s_z \cdot z \cdot n \quad (3.17)$$

$$s_m = 0,15 \cdot 10 \cdot 400 = 600 \text{ мм/хв};$$

$$L = 160 + 9,47 = 169,47 \text{ мм};$$

$$t_m = 2 \cdot \frac{169,47}{600} = 0,56 \text{ хв.}$$

Кількість часу потрібного для виконання робіт по складанню деталей

становить, $t_{vy} = 0,85$ хв. Кількість часу потрібного для здійснення переходу

становить, $t_{вп} = 0,47$ хв. Кількість часу потрібного для підтримування місця

роботи у належному стані становить $t_{орм} = 0,2$ хв. Кількість часу потрібного для

виконання підготовчо-завершальних робіт $t_{пз} = 9$ хв.

Кількість штучного часу потрібного для виконання даної операції, проводимо розрахунок за наступною формулою:

$$T_{шт} = (t_m + t_b) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right); \quad (3.18)$$

$$T_{шт} = (0,56 + 1,32) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) = 1,93 \text{ хв};$$

Визначення параметрів виконання розточувальних робіт

Визначаємо величину заглиблення різального інструменту в деталь

$$t = \frac{D-d}{2}, \quad (3.19)$$

Проводимо визначення швидкості проходження операції

$$V = \frac{C_v}{T m_t^{xv} s_{yv}} K_v, \quad (3.20)$$

де C_v – стала величина для виконання цієї операції, яка становить для даної обробки $C_v = 292$.

x_v , y_v , m – число степеня, яке становить $x_v = 0,35$, $y_v = 0,2$, $m = 0,2$;

K_v – коефіцієнт, який вводить корегування для виконання даної операції і становить $K_v = 0,97$.

T – час протягом якого інструмент зберігає своє завдання, $T = 60$ хв.

$$V = \frac{292}{60^{0,2} 0,1^{0,15} 0,15^{0,2}} 0,97 = 258 \text{ м/хв.}$$

Проводжу розрахунок необхідної кількості обертів для виконання даної операції:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (3.21)$$

$$n = 1362 \text{ хв}^{-1}.$$

Із отриманих розрахунків приймаю оберти обладнання рівними паспортним даним близьким до розрахованого варіанта $n_\phi = 1250 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок необхідної швидкості виконання даної операції:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n_\phi}{1000}; \quad (3.22)$$

$$V_\phi = 237 \text{ м/хв.}$$

Сили які є необхідними для виконання даної операції проводимо визначення із наступного рівняння:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t_x \cdot S_y \cdot V_n \cdot K_p, \quad (3.23)$$

де C_p – коефіцієнт, який містить дані про параметри виконання поставленої операції. Для нашого варіанту коефіцієнт матиме наступний дані, $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0,45$.

K_p – коефіцієнт, що вводить поправки на якість матеріалу, який оброблюється і для нашого варіанту становить $K_p = 0,7$.

Сила необхідна для виконання різальної операції:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,1 \cdot 1,0 \cdot 0,150,75 \cdot 2370,45 \cdot 0,7 = 527 \text{ Н}$$

Проводимо розрахунок необхідної сили потрібної для виконання даної операції:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} \quad (3.24)$$

$$N = \frac{526 \cdot 237}{1020 \cdot 60} = 2 \text{ кВт}.$$

Проводимо розрахунок необхідної кількості часу для виконання основної операції, на наступною формулою:

$$T_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{1000 \cdot V \cdot s}; \quad (3.25)$$

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 60,3 \cdot 91,6}{1000 \cdot 237 \cdot 0,15} = 0,49 \text{ хв}.$$

Кількість часу потрібного для виконання робіт по складанню деталей становить, $t_{\text{ВУ}} = 1,85$ хв. Кількість часу потрібного для здійснення переходу становить, $t_{\text{ВП}} = 0,47$ хв. Кількість часу потрібного для підтримування місця роботи у належному стані становить $t_{\text{ОРМ}} = 6$ хв. Кількість штучного часу $T_{\text{шт}}$ потрібного для виконання даної операції, проводимо розрахунок за наступною формулою:

$$T_{\text{шт}} = (0,49 + 2,32) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) = 2,98 \text{ хв.}$$

Визначення параметрів для хонінгування

Завданням цієї операції є фінішна обробка циліндра компресора автомобіля КрАЗ, з дотриманням таких параметрів, як $\varnothing 60,4_0^{+0,03}$ мм, із шорсткістю поверхні $Ra\ 0,32$ мкм. Для виконання цієї операції вибираємо хонінгувальний верстат з вертикальною подачею.

Під час виконання цієї операції виникають наступні параметри:

- $V_{\text{окр}}$ – радіальна швидкість хонінгувальної головки,
- $V_{\text{ВП}}$ – швидкість хонінгувальної головки, що здійснює зворотно-поступові рухи.

Визначаємо параметри переміщення хонінгувальної головки за наступною формулою:

$$H = L + 2K - m, \quad (3.26)$$

де L – розмір отвору, який обробляється, мм

$K = \frac{1}{3}m$ – кількість зміни пересування заготовки, мм;

m – розмір інструмента із абразивом, мм.

Число переходів інструментом за проміжок часу:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{ax}}}{2H}. \quad (3.27)$$

Час, що потрібно для виконання основної роботи визначаємо за наступною формулою:

$$t_0 = \frac{h}{t \cdot n}, \quad (3.28)$$

де $t = 0,0001$ мм – величина подання інструменту на переміщення за один прохід;

$h = 0,1 \text{ мм}$ – допустимі межі на даний технологічний процес;

$V_{\text{вх}} = 60 \text{ м/хв}$; $m = 125 \text{ мм}$;

$L = 91,6 \text{ мм}$.

Так, як справджується умова $m \rightarrow L$, отримую :

$$H = 2/3 \text{ м}; \quad (3.29)$$

$$H = 2/3 \cdot 125 = 83,3 \text{ мм}.$$

Число проходів інструмента для хонінгування за проміжок часу:

$$n = \frac{1000 \cdot 60}{2 \cdot 83,3} = 360 ;$$

Час, який необхідний для виконання основної операції на обробку двох циліндрів:

$$t_0 = 2 \cdot \frac{0,1}{0,0001 \cdot 360} = 5,56 \text{ хв}.$$

Час, який необхідний для виконання допоміжних операцій

$t_g = 5,11 \text{ хв.}$ операцій Розрахунковий часу, $t_{\text{ш.к.}}$ хв

$$t_{\text{ш.к.}} = t_0 + t_{\text{в.в.}} + t_{\text{орм}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{Z}, \quad (3.30)$$

Кількість часу потрібного для виконання робіт по складанню деталей становить $t_{\text{вв}} = 4 \text{ хв}$. Кількість часу потрібного для здійснення переходу становить $t_{\text{вп}} = 0,5 \text{ хв}$. Кількість часу потрібного для підтримування місця роботи у належному стані становить $t_{\text{орм}} = 0,2 \text{ хв}$. Кількість часу потрібного для виконання підготовчо-завершальних робіт $t_{\text{пз}} = 0,2 \text{ хв}$. Потрібна кількість заготовок для виконання даної операції становитиме $z = 20 \text{ шт}$. Визначаєм розрахунковий час $t_{\text{ш.к.}}$.

$$t_{\text{ш.к.}} = 5,56 + 5,11 + 0,2 + \frac{10}{20} = 11,37 \text{ хв.}$$

Визначення параметрів виконання зварювальних робіт

Для цієї операції нам знадобиться таке обладнання, як зварювальний апарат, який забезпечить необхідну потужність, технологічне оснащення для кріплення, базування і тримання деталі, а також вимірювальний інструмент.

Необхідно визначити коефіцієнт проварювання заготовки, який розраховуємо за наступним рівнянням:

$$\psi = \frac{b}{h}, \quad (3.31)$$

де b – розмір місця для зварювання,

h – товщина шару, який наноситься на деталь.

Для нашого випадку приймаємо такі значення:

$b = 4 \text{ мм,}$

$h = 2,5 \text{ мм.}$ Із отриманих значень ми обчислюємо:

$$\psi = \frac{4}{2,5} = 1,6.$$

Потрібно визначити необхідний струм і його силу:

$$I = \frac{h}{K}, \quad (3.32)$$

де K – коефіцієнт впливу на проходження процесу $K = 1,3$.

Із формули (2.32) отримую, що $I = 200 \text{ А.}$

Проводжу визначення напруги за формулою:

$$U = 0,05 \frac{I}{d_e} + 20, \quad (3.33)$$

Для визначення необхідного струму і напруги використовуємо наступні дані:

- Величина електроду $d_e = 2,2 \text{ мм.}$
- Коефіцієнт впливу на проходження процесу $K = 1,3$.

Знаючи ці значення, можемо розрахувати показник напруги для нашого випадку:

$$U = 0,05 \cdot \frac{200}{2,2} + 20 = 24,54 \text{ В.}$$

Для визначення наплавлювання використовуємо відповідний вираз:

$$V_H = \frac{0,785 \cdot d_e^2 \cdot V_n}{0,5 \cdot h \cdot b} \cdot \eta, \quad (3.34)$$

де V_n —швидкість з якою поступає інструмент при зварюванні і для нашого випадку становить $V_n = 1,16$ м/хв;

η – показник якою поступає інструмент при зварюванні і для нашого випадку становить, $\eta = 1,0$.

У нашому випадку процес відбувається з такою швидкістю:

$$V_n = \frac{0,785 \cdot 2,2^2 \cdot 1,6}{0,5 \cdot 2,5 \cdot 4} \cdot 1 = 0,88 \text{ м/хв.}$$

Час, який іде на виконання даного процесу:

$$t_0 = \frac{l}{1000 \cdot V_n}. \quad (3.35)$$

де l – величина поверхні, яку потрібно нанести на деталь під час наплавлення, $l = 50$ мм.

$$t_0 = \frac{50}{1000 \cdot 0,88} = 0,057 \text{ хв.}$$

Визначення розрахункового часу для виконання зварних отворів:

Для виконання восьми зварних отворів потрібно 0,46 хвилини ($t_0 = 0,46$ хв). Час, необхідний для складання деталей, становить 4 хвилини ($t_{\text{Бу}} = 4$ хв). Час, потрібний для здійснення переходу, складає 7 хвилин ($t_{\text{ВП}} = 7$ хв). Час, необхідний для підтримання робочого місця у належному стані, становить 0,5 хвилини ($t_{\text{ОРМ}} = 0,5$ хв). Час для виконання підготовчо-завершальних робіт складає 8 хвилин ($t_{\text{ПЗ}} = 8$ хв). Потрібна кількість заготовок для виконання даної операції становитиме 20 штук ($z = 20$ шт.).

Для визначення розрахункового часу роботи, необхідно врахувати всі перераховані вище складові.

Визначення розрахункового часу $t_{\text{Ш.К.}}$:

$$t_{\text{Ш.К.}} = 0,46 + 7 + 4 + 0,5 + \frac{8}{20} = 12,36 \text{ хв.}$$

Провести визначення потрібної кількості операцій розсвердлювання можна дізнатися провівши розрахунок за наступною формулою:

$$t = 0,5 \cdot (D_2 - D_1), \quad (3.36)$$

де D_1, D_2 —розміри відповідних отворів, $D_1 = 8$ мм, $D_2 = 9,2$ мм.

$$t = 0,5 \cdot (9,2 - 8) = 0,6 \text{ мм.}$$

Подання беремо рівним $S=0,2$ мм/об.

Проведемо розрахунок необхідної швидкості для виконання різальної

Операції за наступним виразом:

$$V = \frac{C_V \cdot D^{qv}}{T^{m_t} x y s^{yv}} K_v, \quad (3.37)$$

Визначення параметрів для процесу шліфування:

Параметри, що характеризують дію матеріалу заготовки та інструменту під час процесу, визначаються коефіцієнтом C_V , який дорівнює 14,7.

Коефіцієнти ступеня мають такі значення:

- $x_v = 0$;
- $y_v = 0,55$;
- $m = 0,2$;
- $q_v = 0,25$;

Коефіцієнт корекції результатів (K_v) становить 1,197.

Стійкість шліфувального інструмента приймається рівною $(T = 120)$ хвилин.

$$V = \frac{14,7 \cdot 9,2^{0,25}}{120^{0,2} \cdot 0,6^0 \cdot 0,2^{0,55}} \cdot 1,197 = 28,5 \text{ м/хв};$$

Розрахунок швидкості обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (3.38)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 28,5}{3,14 \cdot 9,2} = 986 \text{ хв}^{-1}.$$

Проведемо розрахунок при яких параметрах відбувається процес різання за наступною формулою:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d \cdot n_o}{1000}; \quad (3.39)$$

$$V_o = \frac{3,14 \cdot 9,2 \cdot 1000}{1000} = 28,8 \text{ м/хв}.$$

Обертова сила, яка прикладається для виконання свердлильно-розсвердлювальних робіт, визначається за наступною формулою:

$$M = C_m D^{q_m} S^{u_m} K_p, \quad (3.40)$$

де C_m – постійне число для проведення різальних робіт, $C_m = 0,012$

q_m, u_m – розмір ступені, $q_m = 2,2, u_m = 0,8$;

K_p – уточнювальний коефіцієнт $K_p = 1,04$.

$$M = 0,012 \cdot 9,2^{2,2} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,04 = 0,45 \text{ Нм}.$$

Сила, яка виникає на осях, під час виконання розсвердлювання проведемо розрахунок за наступною формулою:

$$p_0 = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p, \quad (3.41)$$

де C_p – величина яка враховує умови при яких проходить процес різання і рівний $C_p=42$;

y_p, q_p – показник степені $y_p=0,75$, $q_p=1,2$;

K_p – коефіцієнт, який враховує корегування результатів, $K_p=1,04$.

$$p_0 = 42 \cdot 9,2^{1,2} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 1,04 = 187,3 \text{ Н},$$

Потрібно розрахувати силу з якою необхідно здійснювати натискання при виконанні різальної операції:

$$N = \frac{M \cdot n_{\Phi}}{975}; \quad (3.42)$$

$$N = \frac{0,45 \cdot 1000}{975} = 0,46 \text{ кВт.}$$

Кількість часу, який потрібно витратити на виконання операції:

$$t_{\text{ш.к.}} = t_0 + t_{\text{в.у.}} + t_{\text{орм}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{Z}, \quad (3.43)$$

де t_0 – головний час.

Основний час для виконання технологічних операцій:

$$t_0 = \frac{L+L_1}{n \cdot S_{\Phi}}, \quad (3.44)$$

де L_1 , L – габаритні розміри площини для виконання операції, $L=18$ мм, $L_1=2$ мм.

Враховуючи інформацію про те, що отвори обробляються послідовно, маємо наступне рівняння:

$$t_0 = 2 \cdot \frac{18+2}{1000 \cdot 0,2} = 0,2 \text{ хв.}$$

Визначення розрахункового часу

Для визначення розрахункового часу, необхідного для виконання робіт по складанню деталей, використовуються такі дані:

- Час, необхідний для складання деталей: $t_{\text{ву}}=2,5$ хв.
- Час, необхідний для здійснення переходу: $t_{\text{вп}}=0,5$ хв.
- Час, необхідний для підтримування місця роботи у належному стані:

$t_{\text{орм}}=0,2$ хв.

- Час, необхідний для виконання підготовчо-завершальних робіт:

$t_{ПЗ}=10\text{хв.}$

- Потрібна кількість заготовок для виконання даної операції: $z=20$ шт.

Визначимо розрахунковий час $t_{ш.к.}$:

$$t_{ш.к.} = 0,2 + 2,5 + 0,5 + 0,2 + \frac{10}{20} = 3,9 \text{ хв.}$$

Визначення параметрів виконання різе-нарізних робіт

Для виконання даної операції використовується свердлильний верстат та за допомогою мітчика на необхідну величину ми нарізаємо різьбу.

Визначаємо швидкість проходження процесу нарізання різьби за наступним виразом.

$$v = \frac{C_v \cdot d^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K, \quad (3.45)$$

де $C_v = 64,8$ – число яке характеризує склад і взаємодію матеріалу інструмента і заготовки;

d – розмір для нарізання різі, $d = 10 \text{ мм.}$

S – швидкість з якою переміщається різальний інструмент $S = 1,25 \text{ мм/об.}$

$T = 120 \text{ хв}$ – час працездатності різального інструмента;

q, m, y – показники ступеня, прийняті згідно довідника; $q = 1,2$, $m = 0,9$, $y = 0,5$.

k_v – добуток коефіцієнтів, що задіяні для виконання даного технологічного процесу

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{cv} \cdot k_{uv}, \quad (3.46)$$

де k_{mv} – коефіцієнт, врахування складу матеріалу деталі, яка бере участь у обробці

$$K_{mv} = K_r \left[\frac{180}{HB} \right]^{nv}, \quad (3.47)$$

де k_z – коефіцієнт, яким характеризується склад інструменту $k_z = 1$.

n_v – величина, яка показує ступінь обробки $n_v = 0,9$.

HB – твердість матеріалу, $HB = 170 \text{ МПа}$.

Із врахуванням даних величин і у відповідності до формули (3.47) $K_{mv} = 1,06$.

K_{uv} – коефіцієнт, врахування дії матеріалу інструменту на проходження процесу різання і становить $K_{uv} = 1,15$.

k_{cv} – коефіцієнт, врахування манери нарізання різі $k_{cv} = 1$.

Маючи усі ці дані ми отримаємо вигляд $k_v = 1,06 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,22$.

Швидкість проходження процесу різання можна визначити за наступним виразом

$$v = \frac{64,8 \cdot 10^{1,2}}{120^{0,9} \cdot 1,25^{0,5}} \cdot 1,22 = 15 \text{ м / хв}.$$

Швидкість повертання обладнання розраховуємо за наступним виразом

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ хв}^{-1} \text{ хВ}^{-1}, \quad (3.48)$$

де D – початковий розмір для нарізання різьби, $D = 10$ мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 15}{3,14 \cdot 10} = 477,7 \text{ хв}^{-1}.$$

Із отриманих результатів беремо потужність із паспорта яка буде рівною $n_{\phi} = 480 \text{ хв}^{-1}$

В такому випадку визначаємо швидкість виконання даної операції:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000}; \quad (3.49)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 480}{1000} = 15,07 \text{ м/хв}.$$

Для виконання операції по нарізання різьби нам потрібно здійснити розрахунок оборотного моменту по наступному рівнянні

$$M = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.50)$$

де S – відстань між витками різьби $S = 1,25$ мм;

C_m, q, y – відповідні сталі значення що використовуються при виконанні даної операції $C_m = 0,027$; $q = 1,4$; $y = 1,5$;

K_p – коефіцієнт який враховує поправку на матеріал заготовки і для нашого виду робіт він становить $K_p = 0,7$.

Із отриманих вище даних ми можемо взяти крутильний момент

$$M = 10 \cdot 0,027 \cdot 10^{1,4} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 0,7 = 6,63 \text{ Нм}.$$

Щоб визнати силу з якою має обертатися шпиндель верстата ми визначимо з наступного рівняння

$$N = \frac{M \cdot n_{\phi}}{9750}; \quad (3.51)$$

$$N = \frac{6,63 \cdot 480}{9750} = 0,32 \text{ кВт}.$$

Визначимо припустиму силу з якою має обертатися шпиндель верстата ми визначимо з наступного рівняння

N_e – необхідна сила ел.двигуна для виконання нашої операції $N_e = 3 \text{ кВт}.$

$$N_{\text{ш}} = 3 \cdot 0,9 = 2,7 \text{ кВт}.$$

Проведемо перевірку розрахованих нами результатів і ми отримаємо, дані, які мають відповідати наступному рівнянню $N \leq N_{\text{ш}}$, а у нашому випадку $0,32 \leq 2,7$. Тому можна зробити висновок, що обрана нами потужність двигуна повністю задовільнить потребу для виконання поставленого технологічного процесу.

Проведемо визначення часу для виконання основної частини даного процесу

$$t_0 = \frac{L}{n_{\phi} \cdot s}, \quad (3.53)$$

де $L = l_1 + l_2$ – розмір поверхні, яку потрібно обробити;

$l_1 = 2 \text{ мм}$ – величина на яку врізається у стінки різальний інструмент;

$l_2 = 14 \text{ мм}$ – величина, на якій потрібно провести нарізання різьби.

Взявши до уваги, що оброблятимуться зразу два отвори, то ми отримаємо

$$t_0 = 2 \cdot \frac{14 + 2}{480 \cdot 1,25} = 0,1 \text{ хв}.$$

Визначаємо необхідний час $t_{\text{ш.к.}}$ хв

$$t_{\text{ш.к.}} = t_0 + t_{\text{Б.У.}} + t_{\text{орм}} + \frac{T_{\text{П.З.}}}{Z}. \quad (3.54)$$

Кількість часу потрібного для виконання робіт по складанню деталей становить $t_{\text{ВУ}} = 2,0$ хв. Кількість часу потрібного для здійснення переходу становить $t_{\text{ВП}} = 0,5$ хв. Кількість часу потрібного для підтримування місця роботи у належному стані становить $t_{\text{ОРМ}} = 0,4$ хв. Кількість часу потрібного для виконання підготовчо-завершальних робіт $t_{\text{ПЗ}} = 12$ хв. Потрібна кількість заготовок для виконання даної операції становитиме $z=20$ шт.

Розрахунковий час $t_{\text{ШК}}$:

$$t_{\text{ШК}} = 0,1 + 2,0 + 0,5 + 0,4 + \frac{12}{20} = 3,6 \text{ хв.}$$

Визначення параметрів виконання запресувальних робіт

Сила із якою необхідно садити втулку визначаємо за формулою:

$$F = f \cdot n \cdot d \cdot L \cdot p, \quad (3.55)$$

де f – коефіцієнт, який характеризує процес ковзання $f = 0,12$;

d – діаметр площини, які дотикаються $d = 23$ мм;

L – розмір деталі який становить $L = 23$ мм;

n – параметр, який ми визначаємо за наступною формулою

$$n = \frac{\sigma_T}{[\sigma]}, \quad (3.56)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження що може виникати у нашій заготовці становить $[\sigma] = 190$ МПа.

σ_T – границя стійкості для нашої заготовки $\sigma_T = 250$ Мпа.

$$n = \frac{250}{190} = 1,316;$$

p – тиску, який виникає при виконання нашої операції, Мпа.

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{\Delta \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)}, \quad (3.57)$$

де Δ – розмір максимального натягу який для нас становить $\Delta = 10$ мкм;

C_1 і C_2 – коефіцієнти що характеризує охоплювання заготовки визначається за наступною формулою:

$$C_1 = \frac{d^2 + d_0^2}{d^2 - d_0^2} - \mu_1; \quad (3.58)$$

$$C_2 = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} - \mu_2; \quad (3.59)$$

де d_0 – розмір отвору деталі, який рівний $d_0 = 10$ мм.

D – розмір деталі зовнішній, який рівний $D=22$ мм.

μ_1 і μ_2 – показники Пуассона для деталі, які обробляються $\mu_1 = \mu_2 = 0,2$.

E_1 і E_2 – модулі пружності, які характеризуються деталями, для того варіанта мають наступний вигляд $E_1 = E_2 = 2,05 \cdot 10^6$ МПа.

$$C_1 = 1,5; C_2 = 8,2;$$

$$p = \frac{1}{23} \cdot \frac{10 \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{1,5}{2,05 \cdot 10^6} + \frac{8,2}{2,05 \cdot 10^6}\right)} = 92 \text{ МПа.}$$

Із отриманих вище даних отримаємо наступну силу для запресовування:

$$F = 0,12 \cdot 1,316 \cdot 23 \cdot 23 \cdot 92 = 7,7 \text{ кН.}$$

Розрахунковий час, $t_{\text{шк}}$ хв

$$t_{\text{шк}} = t_0 + t_{\text{ву}} + t_{\text{орм}} + \frac{T_{\text{пз}}}{z}. \quad (3.60)$$

Основний час для виконання роботи становить $t_0 = 1,9$ хвилини. Час, необхідний для складання деталей, дорівнює $t_{\text{ву}} = 2,1$ хвилини. Час, який витрачається на перехід, становить $t_{\text{вп}} = 0$ хвилин. Для підтримання робочого місця у належному стані потрібно $t_{\text{орм}} = 3$ хвилини. Час для виконання підготовчо-завершальних робіт дорівнює $t_{\text{пз}} = 13$ хвилин. Кількість заготовок, необхідних для виконання цієї операції, складає $z = 20$ штук.

$$t_{\text{шк}} = 1,9 + 2,1 + 0 + 3 + \frac{13}{20} = 7,7 \text{ хв.}$$

3.1.5 Проектування ділянки по відновленню деталей

Проведемо розрахунки по визначенню кількості потрібного обладнання:

$$X = \frac{T^r}{T_{\text{ф.о.}}}, \quad (3.61)$$

де X – число обладнання штук;

T^r – кількість робіт виконаних за один рік часу у людино-годинах;

$T_{\text{ф.о.}}$ – кількість часу для роботи усього обладнання за один рік.

Потрібна кількість оснащення приведено у таблиці у додатках 4.3.

Проводимо вибір потрібного забезпечення робочих місць на ділянках

для виконання технологічного процесу.

Визначення кількості робітників для виконання

Нам потрібно здійснити розрахунок усіх працівників які будуть

здіянні у нашому технологічному процесі. Для цього розрахуємо кількість працівників які взагаліному рахуються на даних ділянках $X_{\text{сп}}$ і та кількість працівників, яка безпосередньо виконує завдання даного технологічного процесу $X_{\text{яв}}$, тому розрахуємо за наступними рівняннями:

$$X_{\text{сп}} = \frac{T_{\Gamma}}{T_{\text{фд}}}; X_{\text{яв}} = \frac{T_{\Gamma}}{T_{\text{фн}}} \quad (3.62)$$

$T_{\text{ф.д.}}$ – загальна кількість годин роботи працівника за рік;

$T_{\text{ф.н.}}$ – початкова (номінальна) кількість годин роботи працівника.

Для нашого варіанту ми отримаємо наступні показники

$$T_{\text{ф.д.}} = 1840 \text{ год};$$

$$T_{\text{ф.н.}} = 2030 \text{ год}.$$

Загальна кількість робітників, що є необхідними для виконання даного технологічного процесу наведені у таблиці у додатках. Також проведено розрахунок по кількості додаткового, допоміжного персоналу, які наведені ну таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Загальне число додаткових, ІТП, СКП, МОП від загальної кількості усіх працівників

Категорія працюючих	Відносини до виробничих робітників, %	Кількість працюючих	
		Розрахункове	Прийняте
Виробничі робітники	-	4,3	5
Допоміжні робітники	12-15	0,75	1
ІТП	13-15	0,75	1
СКП	12-14	0,6	1
МОП	2-3	0,15	1
Разом			9

Проведення розрахунку необхідної кількості площі приміщення цеху

Загальну площу приміщень цеху для ремонту та відновлення компресорів автомобілів КраЗ визначають, виходячи із суми площ, відведених для всього технологічного обладнання та інструменту, місць для розміщення автомобілів, допоміжних пристроїв, а також площі, де безпосередньо здійснюються роботи в межах технологічного процесу.

$$F_{\text{діл}} = F_{\text{об}} \cdot K_{\Gamma} = 57,1 \cdot 3,5 = 199,8 \text{ м}^2, \quad (3.63)$$

де $F_{\text{діл}}$ – загальна кількість місця даного цеху;

$F_{об}$ — кількість місця виділеного під технологічне обладнання;

K_r — коефіцієнт заповненості цеху для проведення технологічного процесу який становить $K_r = 3,5$.

З урахуванням отриманих результатів, загальної кількості обладнання та оснащення при проектуванні ділянки, а також відповідного розташування всіх елементів у цеху, і з дотриманням усіх будівельних нормативів, можна отримати наступні результати:

$$F_{діл} = 12 \cdot 18 = 216 \text{ м}^2. \quad (3.64)$$

Отже, для реалізації технологічного процесу, визначеного в цьому розділі, з урахуванням необхідної кількості обладнання та оснащення, а також при дотриманні всіх проектних вимог, ми встановили, що загальна площа приміщення ділянки має становити: $F_{діл} = 216 \text{ м}^2$

Це значення площі є критично важливим для забезпечення оптимального функціонування ділянки. Воно дозволяє розмістити необхідне обладнання та забезпечити комфортні умови для працівників, що, в свою чергу, підвищує продуктивність і якість виконуваних робіт. З урахуванням цих факторів, можна стверджувати, що дане планування сприятиме ефективності всього виробничого процесу.

3.2 Обґрунтування конструкторських рішень

3.2.1 Проектування додаткового оснащення

Аналіз вартості та ефективності технологічного процесу

Загальна вартість технологічного процесу охоплює не тільки собівартість, але й час, потрібний для організації, налаштування і запуску виробництва[5]. Значна частина витрат спрямована на зменшення часу виконання технологічного процесу, що можна досягти шляхом впровадження або розробки додаткового обладнання та інструментів.

Аналіз сучасних технологічних процесів показує, що широке використання додаткового оснащення, яке часто спеціально проектується, істотно впливає на продуктивність. Удосконалення процесів, включаючи проектування нового обладнання, потребує значних ресурсів, як з точки зору часу, так і фінансових витрат. Однак порівняння нових технологічних рішень з попередніми свідчить, що застосування сучасного або модернізованого

обладнання може значно скоротити витрати на виконання завдань.

У випадку одиничних ремонтів або невеликих партій виробництва, розробка спеціалізованого обладнання може виявитися надто дорогою. У таких умовах доцільніше застосовувати універсальні інструменти з додаванням деяких додаткових операцій, що також забезпечує позитивний результат для індивідуального ремонту. Це дає можливість оптимізувати витрати і підвищити ефективність технологічного процесу навіть при невеликих обсягах виробництва.

3.2.2 Принцип роботи проектного обладнання

На рисунках 3.3 та 3.4 показано спеціально розроблене обладнання, яке застосовується для фіксації та утримання корпусу компресора автомобіля КрАЗ-6510. Ця деталь встановлюється на основу (лінія з'єднання) запропонованого обладнання та фіксується на базовій поверхні деталі.

У цьому пристрої компресор монтується на поверхню інструменту 2 і закріплюється за допомогою розсувного обхвату 1. Опорна база, підтримувана головою 3, гарантує стабільність деталі під час роботи. Притискний механізм рівномірно впливає на всі затискні елементи 7 та 8, які приводяться в дію гідравлічною системою. Демонтаж компресора відбувається у зворотному порядку з дотриманням необхідної точності.

Це обладнання забезпечує надійну фіксацію компресора під час виконання технологічних операцій, що значно покращує якість та продуктивність ремонтних процесів.

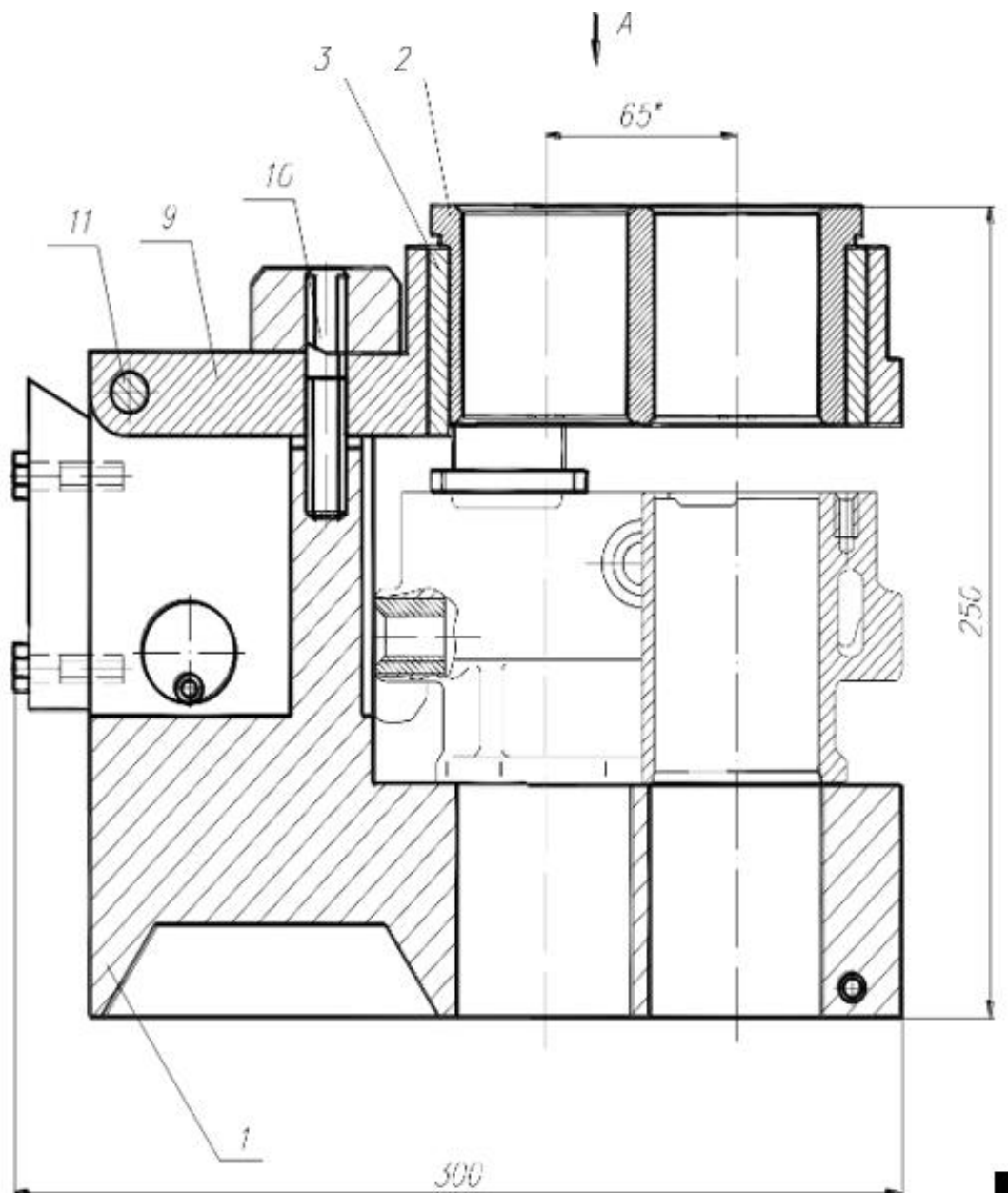


Рисунок 3.3 – Спроектований пристрій для фіксації вузла чи деталі

У розробленому додатковому обладнанні для фіксації компресора та його базування під час подальших технологічних операцій було вибрано тип приводу. Основним вибором став гідравлічний привід, завдяки його численним перевагам, серед яких простота в експлуатації, висока ефективність, компактність, а також інші додаткові вигоди.

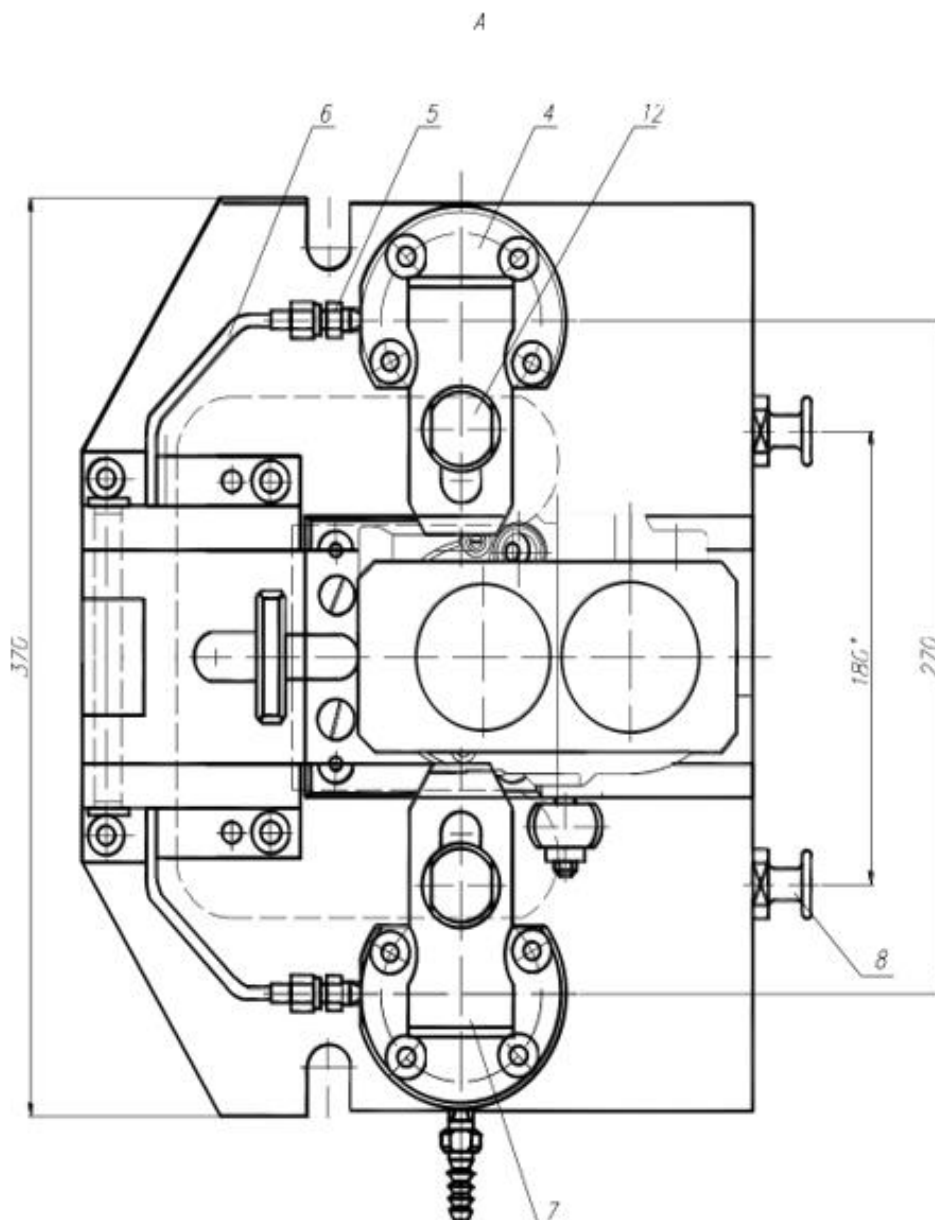


Рисунок 3.4 – Пристосування для базування деталі вигляд А зверху

3.2.3 Розрахунки пристрою на міцність

Під час проведення технологічних операцій на заготовку діють різні сили, зокрема сила, що тисне на неї зверху вниз, а також сила, яка викликає її обертання. Притискна сила забезпечує фіксацію заготовки до пристрою, тоді як крутний момент діє на заготовку, створюючи скручування.

Щоб запобігти швидкому зносу опор, сила протидії повинна бути значно більшою, ніж сила, яка прагне обертати заготовку. Це дозволить надійно притискати заготовку, не даючи їй провертатися. Тому важливо виконати розрахунок приводу, щоб забезпечити витривалість заготовки під навантаженням.

Для вирішення цієї задачі слід звернути увагу на такі рівняння:

дія сили на заготовку

$$k \cdot \sum_{i=1}^n P_{акт_i} = \sum_{i=1}^m P_{прот_j} ; \quad (3.65)$$

дія обертового моменту на заготовку

$$k \cdot \sum_{i=1}^n M_{акт_i} = \sum_{i=1}^m M_{прот_j} , \quad (3.66)$$

де k – коефіцієнт, що враховує зусилля притискного механізму;

$P_{акт}$, $M_{акт}$ – прикладене зусилля і оберտальна сила, які виникають під час виконання технологічного процесу.

Визначення коефіцієнта, який враховує зусилля притискного механізму можна визначити за наступним рівнянням

$$k = k_0 \cdot \sum_{i=1}^6 k_i , \quad (3.67)$$

де $k_0 = 1,5$ – коефіцієнт впливу сили затискачів;

k_1 – коефіцієнт, який враховує дію деталі із подальшими операціями технологічного процесу і для нашого випадку становить $k_1 = 1,0$ $k_1 = 1,2$;

k_2 – коефіцієнт, врахування сили натиску на заготовку у зв'язку із спрацюванням інструмента і для нашого випадку він знаходиться у межах $k_2 = 1,0-1,7$;

k_3 – коефіцієнт, який залежить від головних і додаткових поверхонь які впливають на сили, що виникають при оброблюванні заготовки $k_3 = 1,0$ і $k_3 = 1,2$;

k_4 – коефіцієнт, дії кріпильного механізму на деталь, становить $k_4 = 1,2$;

$k_5 = 1,5$ – коефіцієнт що характеризує силу стискання площин;

k_6 – коефіцієнт, врахування механізму, який приводить у дію затискачі пристосування $k_6 = 1$ і $k_6 = 1,2$.

Із отриманих вище коефіцієнтів ми можемо отримати наступне вирішення рівняння.

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 = 4,54.$$

Для нашого пристосування коефіцієнт повинен мати не менше 2,5, а у результаті ми отримали, що $k = 4,54$.

На обраному нами пристосібленні не виникають реакції що дає можливість визначити величину сили натискання та силу моменту $P_z = 526 \text{ Н}$; $M = 31,5 \text{ Нм}$.

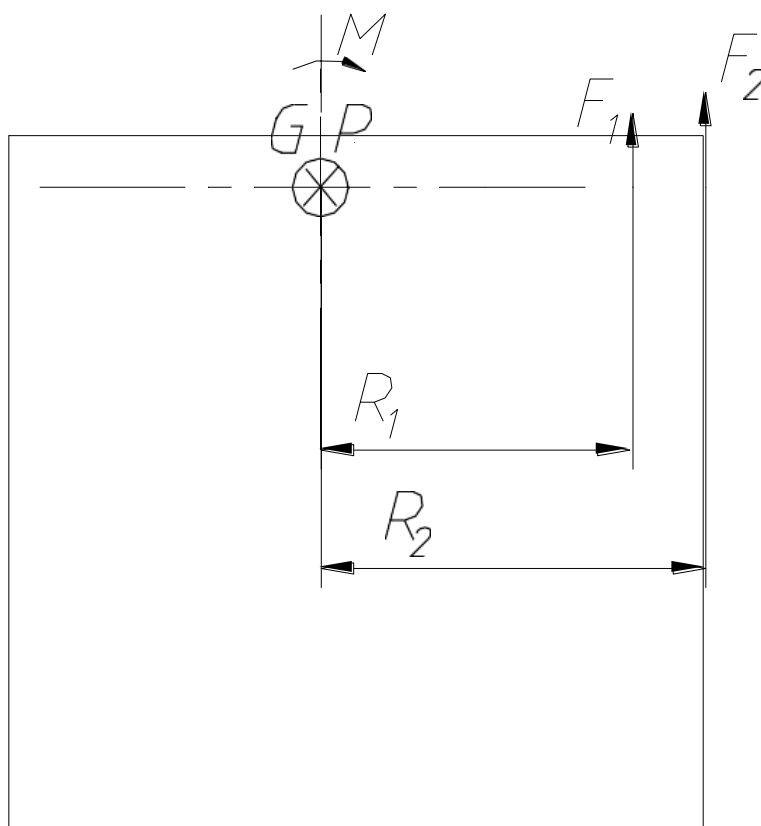


Рисунок 3.5 – Реакції сил які виникають на компресорі при виконання операції технологічного процесу

Для визначення потрібної сили, яка є потрібною для затискання деталі визначимо з наступного рівняння:

$$F_1 \cdot R_1 + F_2 \cdot R_2 = (W + G + P) \cdot f_2 \cdot R_2 + W \cdot f_1 \cdot R_1 = kM; \quad (3.68)$$

Якщо не враховувати вагу затискачів та силу, що діє зверху на заготовку, то можна отримати наступну формулу:

$$W = \frac{kM}{f_1 \cdot R_1 + f_2 \cdot R_2},$$

де R_1, R_2 – розміри, по яких відбувається механічна обробка;

f_1, f_2 – коефіцієнти, який характеризує процес обробки заготовки.

Із отриманих вище значень із врахуванням формули, про визначення сили затискання із врахуванням, що коефіцієнт $f = f_1 = f_2 = 0,16$. Тепер можливо визначити силу з якою діє на заготовку затискачі W

$$W = \frac{4,54 \cdot 31,5}{0,16 \cdot (0,5 + 0,055)} = 8513 \text{ Н}$$

Таким чином отримані результати можливо повністю використовувати у проведенні подальшого визначення потрібних параметрів пристосування і вважати її рівною $W = 8513 \text{ Н}$. Так, як при виконання даного технологічного процесу на компресор діє два затискачі, то для цього варіанту $Q = W / 2 = 4257 \text{ Н}$.

3.2.4 Розрахунок параметрів затискного механізму

Обраний нами механізм можна віднести до простого виду. І він у свою чергу характерним відношенням сили, ККД, співвідношенням зміни положення руху, кількість ходу.

Відношення сил, яке передається від інструмента до заготовки визначається за формулою

$$i = \frac{W}{Q} \geq 1, \quad (3.69)$$

де Q – сила, яку застосовують до елементів нашого пристрою.

Із проведених розрахунків можна зробити висновок, що співвідношення сил, що передаються буде рівним $i = 1$.

3.2.5 Розрахунок деталей механізму

У механізмі виникає тиск який становить $p = 10 \text{ МПа}$.

Визначаємо параметри циліндра гідравлічного за наступним рівнянням

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot P \cdot n, \quad (3.70)$$

де P – номінальний тиск у системі;

η – ККД циліндра гідравличного, $\eta = 0,92$;

$$D = \sqrt{4W / (\pi \cdot P \cdot \eta)},$$

$$D = \sqrt{4 \cdot 4257 / (3,14 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 0,92)} = 24 \text{ мм.}$$

Із отриманого результату приймаємо висновок, що $D = 25 \text{ мм}$.

Із наступного виразу визначаємо часові параметри роботи механізму

$$t = \frac{S_Q}{V_P} \cdot \left(\frac{D}{d_0}\right)^2. \quad (3.71)$$

Визначаємо параметри магістралей під відповідний тиск

$$d_0 = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_H}{V_P}}, \quad (3.72)$$

де $V_P = 1,5 \text{ м/с}$ – швидкість, яка виникає у трубках пристосування;

$Q_H = 0,005 \text{ дм}^3/\text{с}$ – ефективна робота помпи.

Для виконання наступного рівняння приймаємо, що $d_0 = 4 \text{ мм}$.

$$t = 0,01 / 1,5 \cdot \left(\frac{25}{4}\right)^2 = 0,26 \text{ с}$$

Розглянемо даний варіант для серійного виготовлення і відповідно до норм, він не повинен перевищувати $t = 1,5 \text{ с}$

Для розрахунку ширини боковинки нам потрібно рішити наступне рівняння

$$\delta \geq \frac{D}{20} \cdot \sqrt{\frac{[G_p] + 1,2P_{\max}}{[G_p] - 1,2P_{\max}}}, \quad (3.73)$$

де $[G_p]$ – гранично-допустиме значення на деформацію;

$P_{\max}$ – максимально-допустимий тиск який може бути у систему

компресора,

$$\delta \geq \frac{25}{20} \cdot \sqrt{\frac{100 + 1,2 \cdot 15}{100 - 1,2 \cdot 15}} = 1,5 \text{ мм.}$$

Із врахуванням розрахункових даних та даних ми обираємо величину $\delta = 2 \text{ мм.}$

Також нам потрібно отримати граничні показники міцності для нашої системи.

У системі може виникати напруга, які ми розрахуємо за наступним рівнянням

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma_h], \quad (3.74)$$

$$\sigma = 4 \cdot \frac{4257}{3,14} \cdot 8^2 = 84,7 \text{ МПа} \leq [\sigma_p],$$

де $[\sigma_p] = 100 \text{ МПа}$ – кордонно допустима напруга у системі пристосування.

Проведем визначення з'єднань на міцність. Також визначимо дію на елементи гідроциліндра компресора, а саме шток. Також для заготовки у якої $[\tau_p] = 120 \text{ МПа}$ довжину різьблення визначимо.

Для визначення параметрів на які потрібно різьблення вираховуємо з наступного рівняння

$$h = \frac{W}{\pi \cdot d \cdot k_1 \cdot k_m \cdot [\tau_{cp}]}, \quad (3.75)$$

де $d = 8 \text{ мм}$ – діаметр труби на якій будемо нарізати різьбу;

$k_1 = 0,87$ – коефіцієнт який впливає на якість нарізання різі трикутної форми;

$k_m = 0,65$ – коефіцієнт впливу напружень які виникають,

$$h = \frac{4257}{3,14} \cdot 8 \cdot 0,87 \cdot 0,65 \cdot 120 = 2,5 \text{ мм.}$$

Приймаю, що $h = 10 \text{ мм}$, у такому разі величина поверхні на яку наноситься різьблення має складати не менше як 10 мм .

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Основні положення про охорону праці

Охорона праці — це сукупність законодавчих норм, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, що гарантують безпеку, збереження здоров'я та працездатності працівників у процесі їх діяльності [7].

Техніка безпеки включає комплекс організаційних і технічних заходів, що спрямовані на запобігання виробничим травмам. Виробнича санітарія ж охоплює систему організаційних, гігієнічних та санітарно-технічних заходів, що спрямовані на попередження професійних захворювань серед працівників.

Головним законодавчим актом у сфері охорони праці є Закон України "Про охорону праці", який поширюється на всі організації та підприємства, незалежно від їхньої форми власності та виду діяльності, а також на всіх громадян, які працюють або залучені до трудової діяльності на цих підприємствах. Закон регулює взаємовідносини між державними органами, роботодавцями та працівниками з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, забезпечуючи єдиний підхід до організації охорони праці на території України.

У законі також передбачена нова система фінансування заходів з охорони праці та впроваджено механізм страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

4.2 Вплив гучності на людину

Шум являє собою небажаний і різкий звук, що негативно впливає на людину. Звук сприймається у вигляді пружних коливань, які поширюються через тверді, рідкі або газоподібні середовища. Ступінь впливу шуму на організм людини визначається його інтенсивністю, характером, тривалістю та індивідуальними особливостями організму.

Шум на рівні 50-60 дБ може чинити значне навантаження на нервову систему, особливо у людей, зайнятих інтелектуальною діяльністю. Вплив слабого шуму варіюється залежно від віку, стану здоров'я, характеру роботи, фізичного та психічного стану під час дії шуму та інших факторів. Шкідливість шуму також залежить від того, наскільки він контрастує зі звичним фоном. Індивідуальне ставлення до шуму також відіграє важливу роль: наприклад, шум,

створений самою людиною, зазвичай не викликає дискомфорту, тоді як незначний сторонній шум може сильно дратувати.

Відсутність тиші під час роботи та відпочинку, особливо вночі, може призводити до швидкої втоми та розвитку захворювань. Навіть на рівні 30-40 дБ нічний шум може стати суттєвим фактором занепокоєння. Коли рівень шуму досягає 80 дБ і більше, він може чинити серйозний фізіологічний вплив на організм. Оцінювати вплив шуму лише за станом слуху недоцільно, оскільки ранні порушення проявляються в нервовій системі та внутрішніх органах, а проблеми зі слухом з'являються пізніше.

Шум діє на кору головного мозку, викликаючи роздратування, підвищуючи стомлюваність, знижуючи концентрацію та уповільнюючи психічні реакції. Це робить сильний виробничий шум небезпечним, оскільки він підвищує ризик травм. Шкідливий вплив шуму стає більш вираженим при його високій інтенсивності та тривалій дії.

Звукові хвилі можуть сприйматися не тільки через вуха, але й через кістки черепа (кісткова провідність). Рівень шуму, що передається таким чином, на 20-30 дБ нижчий за сприйнятий вухом, проте при високій інтенсивності кісткова провідність посилюється, що негативно впливає на організм. Шум, що перевищує 145 дБ, може призвести до розриву барабанної перетинки.

Щоб зменшити рівень шуму на підприємстві, слід знизити енергію відбитих хвиль шляхом збільшення еквівалентної площі поглинання приміщення, використовуючи звукопоглинальні матеріали на внутрішніх поверхнях. Хоча всі будівельні матеріали мають певні звукопоглинальні властивості, до звукопоглинальних відносяться ті, коефіцієнт звукопоглинання яких на середніх частотах перевищує 0,2. Здатність матеріалів поглинати звук залежить від їх товщини, частоти звукових хвиль, наявності повітряного проміжку між шарами та відбивною стінкою. Товщина облицювання варіюється від 20 до 200 мм, забезпечуючи максимальне поглинання на середніх та високих частотах ($\alpha = 0,6-0,9$). Щоб підвищити ефективність поглинання на низьких частотах і зекономити матеріали, між стінками та облицюванням часто роблять повітряні проміжки.

Підвищений рівень шуму також може бути спричинений зносом або несправністю обладнання, тому своєчасний ремонт допоможе знизити рівень

шуму.

4.3 Розрахунки світла на місці

Розрахунок освітленості робочого місця включає вибір системи освітлення, визначення необхідної кількості світильників, їх типу та розміщення для роботи в умовах, коли природного освітлення недостатньо або воно відсутнє. Ці розрахунки проводяться для моторного цеху, де частково присутнє природне освітлення. Виходячи з цього, визначимо параметри штучного освітлення.

Штучне освітлення здійснюється за допомогою електричних джерел світла двох видів: ламп розжарювання та люмінесцентних ламп. Ми будемо використовувати люмінесцентні лампи, які мають істотні переваги порівняно з лампами розжарювання:

- По спектральному складу світла вони близькі до денного, природного освітлення;
- Мають вищий коефіцієнт корисної дії (ККД) – в 1.5-2 рази вищий, ніж у ламп розжарювання;
- Володіють підвищеною світловіддачею – в 3-4 рази вищою, ніж у ламп розжарювання;
- Мають триваліший термін служби.

Розрахунки освітлення виконуються для приміщення площею 240 м², ширина якого 12 м, довжина 20 м, висота 8 м. Скористаємося методом світлового потоку.

Для визначення кількості світильників обчислимо світловий потік, що падає на поверхню, за формулою [6]:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \quad (4.1)$$

де F – світловий потік, що розраховується, Лм;

E – нормована хвімальна освітленість, Лк. Відповідно до цієї таблиці, для людей, робота яких ставиться до розряду точних робіт, хвімальна освітленість буде E = 300 Лк при газорозрядних лампах;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку S = 240 м²);

Z – коефіцієнт хвімальної освітленості, дорівнює відношенню середньої

освітленості до хвімальної (звичайно ухвалюється 1.1-1.2, нехай $Z = 1.1$);

K – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення визначається по таблиці коефіцієнтів запасу для різних приміщень і в нашому випадку $K = 1.5$);

n – коефіцієнт використання. Значення коефіцієнтів R_c і R_p визначимо по таблиці залежностей коефіцієнтів відбиття від характеру поверхні: $R_c=30\%$, $R_p=50\%$. Значення n визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників.

Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A+B)}, \quad (4.2)$$

де S – площа приміщення, $S = 240 \text{ м}^2$;

h – розрахункова висота підвісу, $h = 8 \text{ м}$;

A – ширина приміщення, $A = 12 \text{ м}$;

B – довжина приміщення, $B = 20 \text{ м}$.

Підставивши значення, одержуємо:

$$I = \frac{240}{8 \cdot (12+20)} = 0,94.$$

Знаючи індекс приміщення I , R_c і R_p , по таблиці знаходжу $n = 0.43$.

Підставляючи всі значення у формулу для визначення світлового потоку отримую: $F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 240 \cdot 1,1}{0,43} = 276279,1 \text{ Лм}$.

Для висвітлення обрав люхвесцентні лампи типу ЛБ40, світловий потік яких $F_{\text{л}} = 3000 \text{ Лм}$.

Розраховую необхідну кількість ламп по формулі:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}}, \quad (4.3)$$

де N – обумовлене число ламп;

F – світловий потік;

$F_{\text{л}}$ – світловий потік лампи.

$$N = \frac{276279,1}{3000} = 92 \text{ шт.}$$

Під час вибору освітлювальних приладів використовуються світильники типу ОДР, кожен з яких обладнаний двома лампами. Відповідно, загальна кількість світильників становить 46 одиниць. Вони встановлюються у два ряди, по 23 світильники в кожному ряду.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Визначення необхідного обсягу інвестицій для реконструкції агрегатної ділянки

Для реалізації проектних рішень необхідно визначити обсяг інвестицій, необхідний для їх здійснення. Розмір інвестицій дорівнює загальній сумі витрат на придбання та монтаж обладнання.

Загальна сума витрат на придбання та монтаж обладнання розраховуються за формулою

$$\Pi = \sum_{i=1}^m (\Pi_{0i} + B_{дi} + B_{мi}), \text{грн} \quad (5.1)$$

де Π – початкові інвестиції, які необхідні для реалізації проекту, *грн.*;

m – кількість одиниць обладнання; Π_{0i} – ціна i -го виду обладнання, *грн.*;

$B_{дi}$ – витрати на доставку i -го виду обладнання (складають 15% від вартості обладнання), *грн.*;

$B_{мi}$ – витрати на монтаж i -го виду обладнання (складають 20% від вартості обладнання), *грн.*

Проектом передбачається установка стану для ремонту коробок передач вартістю 70 000 *грн.*, стану для випробування масляних насосів вартістю 160 000 *грн.* та стану обкатки коробок передач вартістю 576 050 *грн.* Розрахунок інвестицій, необхідних для здійснення проекту реконструкції ділянки приведений в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Витрати на придбання та монтаж технологічного обладнання

Найменування обладнання	Кількість одиниць, шт.	Вартість за одиницю, грн.	Витрати на доставку обладнання, грн.	Вартість монтажних робіт, грн.	Загальна вартість, грн.
1. Стенд ремонту коробок передач	1	70 000	10 500	14 000	94 500
2. Стенд для випробування масляних насосів	1	160 000	24 000	32 000	216 000
3. Стенд для випробування коробок передач	1	576 050	86 407,5	115 210	777 667,5
РАЗОМ:					1088265

Загальна величина інвестицій для здійснення проекту реконструкції ділянки ремонту роздавальних коробок вантажних автомобілів складає 1088265 *грн.*

5.2 Розрахунок калькуляції собівартості ремонту коробок передач

Собівартість ремонту — це виражені в грошовому еквіваленті поточні витрати автотранспортного підприємства, які безпосередньо пов'язані з підготовкою та виконанням ремонтних робіт. Калькулювання собівартості передбачає визначення обсягу витрат у грошовій формі на виробництво одиниці певного виду робіт або послуг за окремими категоріями витрат.

Собівартість ремонту коробок передач вантажних автомобілів у базовому періоді, згідно з даними підприємства, становила 8653 грн.

Тепер проведемо розрахунок калькуляції собівартості поточного ремонту коробки передач ЯМЗ-236Н автомобіля КрАЗ-6510 у проектному періоді. Калькуляція виконується на основі таких даних: загальний фонд заробітної плати ремонтних працівників становить 103424,9 грн, а виробнича програма охоплює 209 одиниць.

Витрати за статтею "Заробітна плата виробничих робітників" визначаються на основі річного фонду основної заробітної плати, що був розрахований у організаційній частині дипломного проекту.

Заробітна плата виробничих робітників у розрахунку на один ремонт коробки передач становитиме:

$$\begin{aligned} \text{ЗП}_{\text{рем}} &= \frac{\text{ФЗП}_{\text{вир.роб}}}{Q_{\text{пр}}}, \text{ грн} \\ \text{ЗП}_{\text{рем}} &= \frac{103424,9}{209} = 494,86 \text{ грн} \end{aligned} \quad (5.2)$$

До витрат за статтею "Єдиний внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування" належать обов'язкові відрахування по встановленим законодавством нормам від фонду оплати праці – всього 22%.

$$V_{\text{соц.стр}} = 494,86 \cdot 0,22 = 108,87 \text{ грн.}$$

До витрат за статтею "Матеріальні витрати" входить вартість матеріалів, які використовуються безпосередньо під час виконання робіт. Наприклад, для кожного виду матеріалів у процесі розробки операційної карти визначається норма витрат у фізичних одиницях та їхня вартість.

Матеріальні витрати на ремонт коробки передач ЯМЗ-236Н автомобіля КрАЗ-6510 були взяті з бухгалтерської звітності АТГ ДП «СхідГЗК» і складають 6000 грн.

Витрати за статтею "Витрати на утримання та експлуатацію обладнання" є

комплексними, оскільки включають витрати на енергію, паливе, стиснене повітря, необхідні для функціонування обладнання, амортизаційні відрахування, оплату праці з відповідними соціальними відрахуваннями для працівників, які обслуговують машини, а також на ремонт устаткування тощо. Такі витрати розподіляють за певною базою. Найчастіше для цього використовується основна заробітна плата виробничих робітників.

На основі досвіду підприємств автомобільного транспорту, витрати на утримання та експлуатацію обладнання становлять від 110% до 120% фонду основної заробітної плати виробничих робітників. У нашому випадку ці витрати будуть складати:

$$V_{\text{уео}} = 1,2 \cdot 494,86 = 98,97 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати – це комплексні витрати, що включають витрати на управління, виробниче та господарське забезпечення в межах підприємства, а також витрати на заробітну плату з нарахуваннями на соціальне страхування для працівників управлінського апарату цеху, спеціалістів, технічного персоналу, охорону праці та інші супутні витрати. На основі практичного досвіду підприємств автомобільного транспорту, загальновиробничі витрати становлять від 110% до 140% від суми основної заробітної плати виробничого персоналу. Відповідно, при розрахунку собівартості продукції ці витрати будуть враховані в калькуляції.

$$ЗВВ = 1,4 \cdot ЗП_{\text{рем}}, \quad (5.3)$$

$$ЗВВ = 1,4 \cdot 494,86 = 692,8 \text{ грн.}$$

Калькуляція виробничої собівартості ремонту роздавальної коробки вантажного автомобіля наведена в таблиці 5.2. Зміни в собівартості надання послуг внаслідок реалізації організаційно-технічних заходів можна визначити шляхом порівняння показників собівартості в базовому та проектному періодах (таблиця 5.3). Економію собівартості ремонту коробки передач розраховують за відповідною формулою.

$$S_1 = S_{1\text{баз}} - S_{1\text{пр}}, \quad (5.4)$$

де $S_{1\text{баз}}$, $S_{1\text{пр}}$ – собівартість ремонту коробки передач відповідно в базовому та проектному періодах, *грн.*

$$\Delta S_1 = 8220 - 7396 = 824 \text{ грн.}$$

Загальна економія собівартості ремонту роздавальної коробки визначається

$$\Delta S = \Delta S_1 \cdot Q_{\text{пр}}, \quad (5.5)$$

де $Q_{пр}$ – обсяг проведення ремонтних робіт, од.

$$\Delta S = 824 \cdot 209 = 172216 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.2 – Калькуляція собівартості ремонту роздавальної коробки вантажного автомобіля в проектному періоді

№ п/п	Найменування статей витрат	Позначення	Величина показника, грн
1	Заробітна плата виробничих робітників	$ЗП_{вир.роб}$	494,86
2	Єдиний внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування	$B_{соц.стр.}$	108,87
3	Матеріальні витрати	B_m	6000
4	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	$B_{уео}$	98,97
5	Загально виробничі витрати	$ЗВВ$	692,8
	Всього виробнича собівартість	$S_{вир}$	7396

Таблиця 5.3 – Порівняльний аналіз собівартості проведення ремонту коробки передач

Найменування показника	Умовне позначення	Величина показника	
		В базовому періоді	В проектному періоді
1. Обсяг надання послуг	Q	180	209
2. Собівартість одиниці ремонту	S	8220	7396
3. Економія собівартості одиниці ремонту	$\Delta S_{од}$	824	

5.3 Розрахунок економічної ефективності інвестиційного проекту

Розрахунок економічної ефективності інвестицій у ринкових умовах господарювання проводиться шляхом попередніх і остаточних оцінок очікуваних результатів.

Показниками попередньої оцінки ефективності інвестицій є прибуток, що очікується від реалізації проекту; термін окупності інвестицій; показники беззбитковості проекту.

Річний прибуток від надання послуг з урахуванням здійснення проекту визначається за формулою

$$П_p = (Ц_{од.баз} - S_{од.пр}) \cdot Q_{пр}, \quad (5.6)$$

де $Ц_{од.баз}$ – вартість ремонту коробки передач, грн.;

$S_{\text{од.пр}}$ – собівартість ремонту, *грн.*;

$Q_{\text{пр}}$ – річна виробнича програма дільниці ремонту коробки передач, од.

$$P_p = (8653 - 7396) \cdot 209 = 262713 \text{ грн.}$$

Чистий прибуток розраховується за формулою

$$\text{ЧП} = P_p - P_p \cdot P_{\text{п}}, \quad (5.7)$$

де $P_{\text{п}}$ – ставка податку на прибуток (18%)

$$\text{ЧП} = 262713 - 262713 \cdot 0,18 = 215425 \text{ грн.}$$

Рентабельність ремонту роздавальної коробки, R , %, визначається за формулою:

$$R = \frac{\text{ЧП}}{S \cdot Q_{\text{пр}}} \cdot 100, \quad (5.8)$$

$$R = \frac{215425}{7396 \cdot 209} \cdot 100 = 14\%.$$

Термін окупності інвестицій, $T_{\text{ок}}$, років, визначається за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\text{ПІ}}{\text{ЧП}}, \quad (5.9)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{1088265}{215425} = 5 \text{ років.}$$

Далі визначаємо безбитковість проекту реконструкції.

Безбитковість проекту визначається шляхом зіставлення виручки від надання послуг до поточних витрат виробництва.

Точкою безбитковості є такий обсяг надання послуг, при якому прибуток від реалізації робіт дорівнює нулю.

Безбитковий обсяг, $Q_{\text{кр}}$, од, визначається по формулі:

$$Q_{\text{кр}} = \frac{B_{\text{у.пост}}}{C_{\text{од.баз}} - B_{\text{зм.од}}}, \quad (5.10)$$

де $B_{\text{у.пост}}$ – умовно-постійні витрати на весь обсяг надання послуг, *грн.*;

$C_{\text{од.баз}}$ – ціна одиниці виконуваних робіт, *грн.*;

$B_{\text{зм.од}}$ – змінні витрати в собівартості одиниці роботи, *грн.*

Умовно-постійні витрати, $B_{\text{у.пост}}$, *грн.*, визначається за формулою

$$B_{\text{у.пост}} = S \cdot 0,15 \cdot Q_{\text{пр}}, \quad (5.11)$$

$$B_{\text{у.пост}} = 7396 \cdot 0,15 \cdot 209 = 231865 \text{ грн.}$$

Змінні витрати, $B_{\text{зм.од}}$, *грн.*, визначаємо за формулою

$$B_{\text{зм.од}} = S \cdot 0,85, \quad (5.12)$$

$$B_{\text{зм.од}} = 7396 \cdot 0,85 = 6287 \text{ грн.}$$

Тоді по формулі 7.10 визначаємо безбитковий обсяг виконання ремонтів

$$Q_{кр} = \frac{234279}{8653-6287} = 99 \text{ од.}$$

Беззбитковий обсяг виконання ремонтних робіт у вартісному виразі розраховується по формулі

$$Q_{кр.в} = \Pi_{од.баз} \cdot Q_{кр}, \quad (5.13)$$

$$Q_{кр.в} = 8653 \cdot 99 = 856647 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт беззбиткового використання виробничих можливостей, K_B , визначається відношенням беззбиткового обсягу виконання робіт до максимально можливого обсягу робіт

$$K_B = \frac{Q_{кр.в}}{Q_{пр}} \cdot 100, \quad (5.14)$$

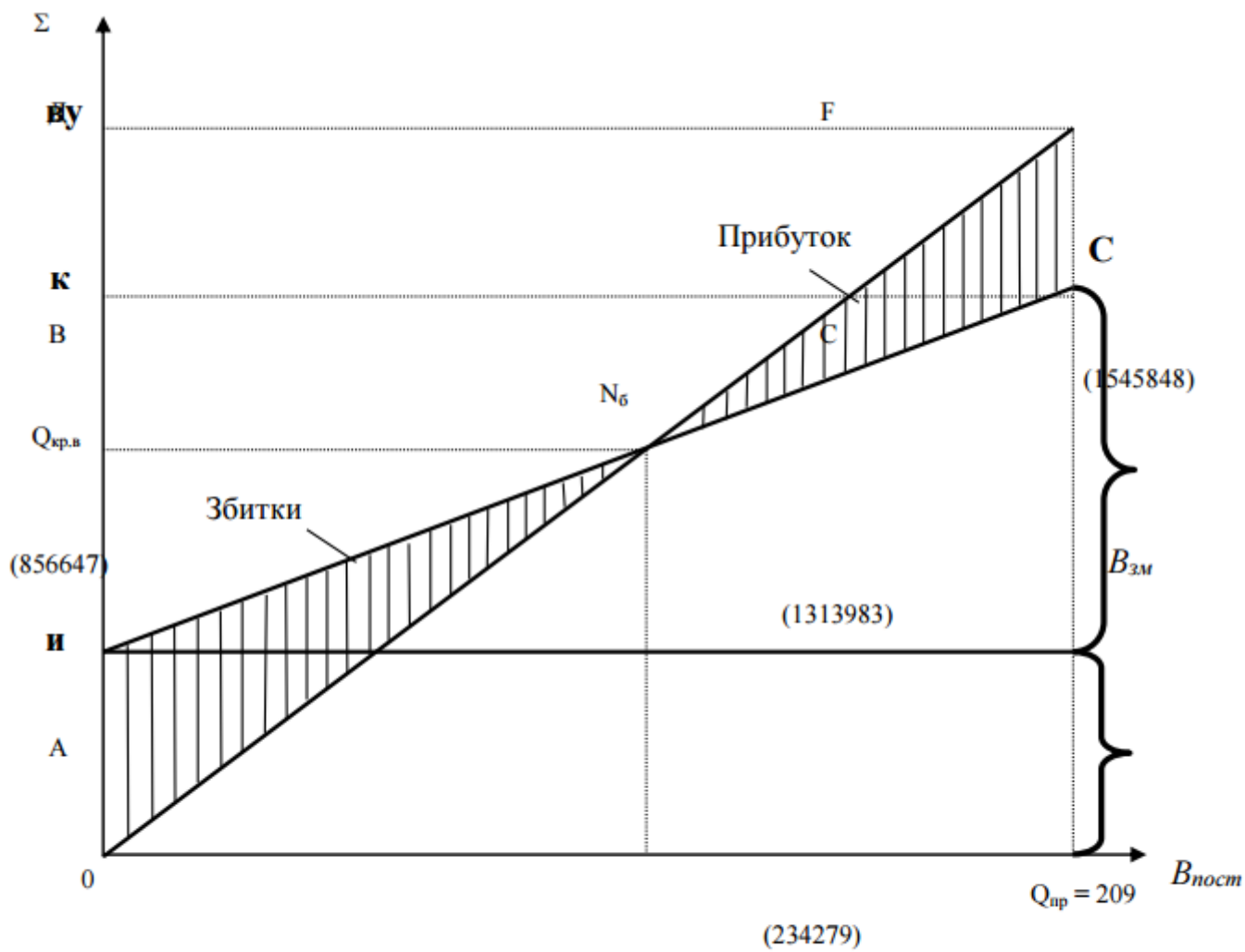
$$K_B = \frac{99}{209} \cdot 100 = 47\%.$$

Графічне зображення точки беззбитковості представлено на рисунку 5.1.

Результати розрахунку беззбиткового обсягу ремонту коробки передач приведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати розрахунку беззбиткового обсягу ремонту роздавальних коробок

Найменування показників	Позначення	Одиниці вимірювання	Величина показників
Річний обсяг робіт	$Q_{пр}$	од	209
Собівартість одного ремонту	S	грн.	7396
Змінні витрати на одиницю роботи	$B_{змін.од}$	грн.	6287
Умовно-постійні витрати на весь обсяг робіт	$B_{у.пост}$	грн.	231865
Ціна одного ремонту	$\Pi_{од.баз}$	грн.	8220
Беззбитковий обсяг виробництва в натуральному виразі	$Q_{кр}$	од	99
Беззбитковий обсяг виробництва у вартісному виразі	$Q_{кр.в}$	грн.	856647



$$Q_{кр} = 99$$

Рисунок 7.1 – Графік залежності витрат і прибутку від обсягу надання ремонтних робіт

5.4 Розрахунок критеріїв ефективності інвестиційного проекту

Показниками оцінки економічної ефективності інвестиційного проекту є:

чистий грошовий потік ($ГП$);

чиста теперішня вартість проекту ($ЧТВ$);

індекс прибутковості інвестицій ($ІП$);

внутрішня норма рентабельності ($ВНР$);

термін окупності інвестицій ($T_{ок}$).

Повернення інвестованого капіталу оцінюється на основі показника грошового потоку від інвестицій. Сума чистих грошових надходжень від інвестицій розраховується за формулою

$$ГП = ЧП + A_{обл}, \quad (5.15)$$

де $ГП$ – сума чистих грошових надходжень, грн.;

$A_{обл}$ – величина амортизаційних відрахувань нового обладнання, грн..

Величину амортизаційних відрахувань нового обладнання розраховуємо кумулятивним методом за формулою

$$A_{обл} = ПИ \cdot K_k, \quad (5.16)$$

де $ПИ$ – початкові інвестиції, які необхідні для реалізації проекту, *грн.*;

K_k – кумулятивний коефіцієнт, який розраховується відношенням кількості років, які залишаються до кінця терміну використання об'єкту основних фондів на суму числа років його корисного використання. Для нашого випадку $n = 6$ років.

$$\begin{aligned} A_{обл}^1 &= 1088265 \cdot \frac{6}{21} = 310963 \text{ грн.} \\ A_{обл}^2 &= 1088265 \cdot \frac{5}{21} = 259111 \text{ грн.} \\ A_{обл}^3 &= 1088265 \cdot \frac{4}{21} = 207289 \text{ грн.} \\ A_{обл}^4 &= 1088265 \cdot \frac{3}{21} = 155466 \text{ грн.} \\ A_{обл}^5 &= 1088265 \cdot \frac{2}{21} = 103644 \text{ грн.} \end{aligned}$$

$$ГП_1^1 = 215425 + 310963 = 526388 \text{ грн.}$$

$$ГП_1^2 = 215425 + 259111 = 474536 \text{ грн.}$$

$$ГП_1^3 = 215425 + 207289 = 422714 \text{ грн.}$$

$$ГП_1^4 = 215425 + 155466 = 370891 \text{ грн.}$$

$$ГП_1^5 = 215425 + 103644 = 319069 \text{ грн.}$$

Загальний абсолютний ефект від реалізації інвестицій характеризує чиста теперішня (дисконтована) вартість проекту, яка розраховується за формулою

$$ЧТВ = ТВ - ПИ, \quad (5.17)$$

де $ЧТВ$ – чиста теперішня вартість проекту, *грн.*;

$ТВ$ – теперішня вартість майбутніх грошових потоків від інвестиційного проекту, *грн.*.

Теперішню вартість майбутніх грошових потоків від інвестиційного проекту обчислюють за формулою $ТВ = \sum_{i=1}^n \frac{ГП_t}{(1+r)^t}$

$$ТВ = \sum_{t=1}^n \frac{ГП}{(1+r)^t}, \quad (5.18)$$

де $ГП_t$ – грошовий потік, який очікується у t -му році від реалізації проекту,

грн.;

$\frac{1}{(1+r)^t}$ – коефіцієнт коригування майбутніх сум грошових потоків;

r – норматив приведення різночасових витрат (ставка дисконту) у вигляді десяткового дробу;

n – кількість років, що віддаляють витрати і результати даного року від початку розрахункового, $t = 1, 2 \dots n$.

$$ТВ = \frac{526388}{(1+0,2)^1} + \frac{474536}{(1+0,2)^2} + \frac{422714}{(1+0,2)^3} + \frac{370891}{(1+0,2)^4} + \frac{319069}{(1+0,2)^5} = 1319912 \text{ грн.}$$

$$ЧТВ = 1319912 - 1088265 = 231647 \text{ грн.}$$

Чиста теперішня вартість перевищує нуль, тобто проект має бути схвалений як прибутковий. Іншою характеристикою інвестиційного проекту є індекс прибутковості інвестицій, який порівнює теперішню вартість майбутніх грошових потоків з початковими інвестиціями

$$ІП = \frac{ТВ}{ІІ}, \quad (5.19)$$

$$ІП = \frac{1319912}{1088265} = 1,21.$$

Проект, має індекс прибутковості більший за одиницю, тобто схвалюється як прибутковий.

Термін окупності інвестицій (Ток) характеризує кількість років, за які будуть відшкодовані початкові інвестиції, та розраховується за формулою

$$T_{ок} = \frac{ІІ}{ГП_{диск}}, \text{ грн.}, \quad (5.20)$$

де $ГП_{диск}$ – середньорічна величина дисконтованих грошових потоків.

$$ГП_{диск} = \frac{ТВ}{t}, \quad (5.21)$$

t – кількість років експлуатації об'єкта інвестування, протягом яких очікується надходження грошових потоків

$$ГП_{диск} = \frac{1319912}{5} = 263982 \text{ грн.}$$

$$T_{оу} = \frac{1088265}{263982} = 4,12 \text{ року.}$$

В таблиці 5.5 приведені основні показники оцінки економічної ефективності інвестиційного проекту реконструкції ділянки ремонту роздавальних коробок вантажних автомобілів.

Таблиця 5.5 – Показники оцінки економічної ефективності інвестиційного

проекту реконструкції ділянки ремонту роздавальних коробок вантажних автомобілів

Найменування показника	Одиниця вимірювання	Величина показників
1. Річний обсяг робіт	од.	209
2. Собівартість одиниці ремонту	грн.	7396
3. Вартість одиниці ремонту	грн.	8653
4. Початкові інвестиції	грн.	10882 65
5. Річний прибуток від реалізації інвестиційного проекту	грн.	26271 3
6. Чистий прибуток	грн.	21542 5
7. Беззбитковий обсяг проведення ремонтних робіт	од.	99
	грн.	85664 7
8. Чиста приведена вартість	грн.	23164 7
9. Індекс прибутковості інвестицій	-	1,21
11. Термін окупності	років	4,12

Проект слід вважати ефективним за таких умов:

- чиста приведена вартість має позитивне значення (ЧТВ = 172357 грн);
- індекс прибутковості інвестицій більше одиниці (ІП = 1,21);
- термін окупності інвестицій складає 4,12 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Визначено функціональне призначення деталі та описано основні дефекти компресора автомобіля КрАЗ-6510, а також проаналізовано умови їх виникнення. Проведено оцінку методів визначення базових поверхонь деталей під час виконання технологічних операцій.

2. Удосконалено процес ремонту та відновлення компресора автомобіля КрАЗ-6510 шляхом впровадження технології нанесення захисних покриттів і застосування покращеного інструменту для виконання технологічних операцій.

3. Для виконання процесу відновлення було обрано найбільш оптимальне технологічне обладнання та оснастку. Проведено розрахунок пристрою для фіксації та базування компресора автомобіля КрАЗ-6510.

4. За результатами розрахунків визначено необхідну кількість обладнання та інструментів, а також кількість працівників, що забезпечують ефективне виконання технологічного процесу ремонту компресора.

5. Досліджено вплив шуму на працівників, проведено розрахунок необхідного рівня освітлення для робочої зони ремонту компресора, а також описано заходи з охорони навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобіль: основи конструкції. Підручник для вузів за фахом «Автомобілі й автомобільне господарство» / Вишняків Н.Н, Вахламов В.К. і ін. // – К: Машинобудування, 1996 – С. 304.
2. Капітальний ремонт автомобілів / Есенберлін Р.Е. // – К.: Транспорт. 1999 – С. 343.
3. Розмірний аналіз обробки основних отворів корпусних деталей: навчальний посібник / В.Б. Грахов, В.Б. Федоров // – Луцьк. 2005. – С. 31.
4. Автоматизовані ділянки для точної розмірної обробки деталей / Грахов Л.Н. і ін. // – К.: Машинобудування. – 1998. – С. 240.
5. Довідник технолога-машинобудівника: 2 том / Г.А. Косиловой і Р.К. Мещерякова // – К.: Машинобудування. – 1995 – С. 496.
6. Технічне нормування праці в машинобудуванні / Силантьєва Н.А., Малиновський В.Р. // К.: Машинобудування. – 2001. – С. 184.
7. Охорона праці на автомобільному транспорті / Бортницький П.І. // Київ: Вища школа – 1998 – С. 263.

Додатки

Таблиця 2.1 – Дефектація деталей блока циліндрів компресора автомобіля КрАЗ-6510

Дефекти	Розміри, мм			Висновок
	Нормальний	Припустимий без ремонту	Припустимий з ремонтом	
1	2	3	4	5
Пробоїни, обломи або тріщини, що проходять через циліндри, порожнини або канали для проходження повітря	-	-	-	Бракувати
Пробоїни або тріщини на водяній сорочці блоку	-	-	Тріщини загальною довжиною не більш 70 мм. Пробоїна площею не більш 6 см ²	Ремонтувати. Заварка. Закладення епоксидною смолою. Бракувати при довжині тріщин більш 70 мм або пробоїні більш 6 см ²
Обломи або тріщини місць кріплення фланця кріплення блоку до картера	-	-	Не більш двох місць	Ремонтувати. Заварка. Бракувати при обломі більш двох місць
Зношування або задири циліндрів	60+0,03	60,2+0,03	60,7+0,03	Ремонтувати. Розточування до ремонтного розміру. Гільзування
Ризики й задири на робочій поверхні сидла впускного клапана	-	-	-	Ремонтувати. Притирання, захват сидла при відстані від посадочної площини блоку до торця сидла більш 3,7 мм
Деформація площини рознімання	-	-	-	Ремонтувати. Фрезерування поверхні роз'єму блоку до усунення дефекту
Зрив різьблення в 2-х кріпильних отворах М8-6Н, 8-мі отворах М8-6Н на площині рознімання	-	Не більш 2-х витків	Більш 2 витків	Ремонтувати. Заварка різьбових отворів з наступним відновленням у номінальний розмір, використання болтів
Зрив різьблення в отворі з різьбленням КГЗ/8"	-	Не більш 2-х витків	Більш 2 витків	Ремонтувати. Використання ремонтної втулки

Табличка 2.2 – Технологічний маршрут і оснащення операцій відновлення картера блоку циліндрів компресора двигуна КрАЗ-6510

Найменування операції	Устаткування	Технологічна оснащення
1	2	3
005 Слюсарна. Зачищення базових поверхонь блоку від нальоту і іржі.	Верстат слюсарний ОР-00-154	Пристосування спеціальне для фіксації блоку
010 Слюсарна. Зачистити шліфувальною машинкою крайки тріщини в стінці блоку циліндрів.	Верстат слюсарний ОР-00-154	Підставка, машина пневматична шліфувальна ИП2203А, коло 125х4х32 14А 40-Н СТ 3 БУ 80 м/с, 2кл.
015 Газодинамічне напилювання. Напилити тріщину до повного її усунення.	Установка газоплазмового напилювання Димет-403	Пристосування для закріплення блоку циліндрів, порошок С-01-11
020 Слюсарна. Зачистити шліфувальною машинкою напилений шар до рівня основного металу.	Верстат слюсарний ОР-00-154	Пристосування спеціальне для фіксації блоку, машина пневматична шліфувальна ИП2203А, коло 125х4х32 14А 40-Н Ст 3 БУ 80 м/с, 2кл
025 Фрезерна. Фрезерувати поверхню роз'єму блока, забезпечивши параметр шорсткості Rz 20 мкм.	Верстат горизонтально-фрезерний БР80Г	Пристосування спеціальне для фіксації блоку, фреза циліндрична Т15К6, зразки шорсткості, штангенциркуль ШЦ -1-125-0,1
030 Розточувальна. Розточити дзеркало циліндра в ремонтний розмір, залишивши припуск на хонінгування.	Верстат розточувальний^- розточувальний-алмазно-розточувальний 2В697	Спеціальне пристосування з гідравлічним приводом, різець токарський розточувальної ВК-6 2142-0102, нутромір НІ50-100, зразки шорсткості
035 Хонінгувальна. Хонінгувати дзеркало циліндра в ремонтний розмір.	Вертикально-хонінгувальний верстат ЗА833	Пристосування спеціальне для фіксації блоку компресора, брусok 125х12х5х3х40А 80/63 100 (комплект), у якості МОР використовується гас, нутромір НІ50-125, зразки шорсткості

Продовження таблиці 2.2

040 Зварювальна. Заварити 8 кріпильних різьбових отворів М8-6Н	Установка дугового наплавлення УД-209 із джерелом живлення	Пристосування спеціальне для фіксації блоку компресора, дріт для наплавлення Св-08ГА; флюс АН-348А, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1
045 Свердлильна. Свердлити заварені кріпильні отвори діаметром Ø7,2 мм на глибину 18 мм	Верстат вертикально- свердлильний мод. 2170	Пристосування спеціальне для фіксації блоку компресора, свердел Ø7,2 мм, патрон І-3-Ц, штангенциркуль ШЦ -1-125-0,1
050 Свердлильна. Розсвердлити 2 кріпильних отвори до Ø9,5 мм на глибину 18 мм під нарізування різьби	Верстат вертикально- свердлильний мод. 2170	Пристосування спеціальне для фіксації блоку компресора, свердел Ø9,5 мм, патрон І-3-Ц, штангенциркуль ШЦ -1-125-0,1
055 Різьбонарізна. Нарізати різьблення в 8-мі отворах М8-6Н на глибину 14 мм	Верстат вертикально- свердлильний мод. 2170	Пристосування для закріплення, мітчик М8-6h, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1, пробки різьбові
060 Різьбонарізна. Нарізати різьблення в 2-х отворах М10х1,25-6Н на глибину 14 мм	Верстат вертикально- свердлильний мод. 2170	Пристосування для закріплення, мітчик М10х1,25- 6h, штангенциркуль ШЦ -1- 125-0,1, пробки різьбові
065 Слюсарна. Вкрутити 2 ремонтних болти в різьбові отвори М10х1,25-6Н	Верстат слюсарний ОР-00-154	Приспосіблення для закріплення блоку циліндрів компресора
070 Свердлильна. Розсвердлити отвір з різьбою КГ3/8" до діаметра 23 мм на глибину 23 мм під запресовування ремонтної втулки	Верстат вертикально- свердлильний мод. 2170	Пристосування для закріплення, свердел Ø23 мм, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1
075 Слюсарна. Запресувати ремонтну втулку із внутрішнім різьбленням КГ3/8", зовнішнім діаметром 23 мм на глибину 23 мм.	Прес гідравлічний П6324	Пристосування для закріплення блоку циліндрів, оправлення плаваюче, кільце технологічне
080 Контрольна. Контролювати шорсткість і забезпечення виконавчих розмірів.	Стіл для контролю	Штангенциркуль ШЦ -1-125- 0,1, зразки шорсткості, пробка різьбова М8-6Н, пробка різьбова М10х1,25-6Н

Таблиця 2.3 – Кількість обладнання та працівників для виконання операції технологічного процесу

Найменування встаткування	Сумарне штучно-калькуляційний час для всіх операцій, виконуваних на даному встаткуванні $\sum T_{шк}$, хв	Річна трудомісткість для одиниці обладнання Т _{рк} , люд год	Необхідна кількість устаткування		Коефіцієнт завантаження встаткування	Кількість основних робітників
			Розрахункове	Прийняте		
Компресор автомобіля КраЗ-6510						
Верстат слюсарний	17,9	596,6	0,3	1	0,3	1
Установка дугового наплавлення	12,36	412	0,2	1	0,2	1
Установка газодинамічного напилювання	5,55	185	0,1	1	0,1	
Верстат горизонтально-фрезерний	1,93	64,3	0,03	1	0,03	1
Вертикально-хонінгувальний верстат	11,37	379	0,19	1	0,19	
Верстат вертикально- свердлильний	22,8	760	0,37	1	0,37	1
Верстат алмазно-розточувальний	2,98	99,3	0,05	1	0,05	
Прес гідравлічний	7,7	256,6	0,13	1	0,13	
Стіл технічного контролю	5,8	193,3	0,09	1	0,09	1