

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

**Проект дільниці ремонтного цеху для відновлення
деталей двигуна автомобіля КрАЗ-5233**

з дослідженням його силових характеристик

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАМ-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Натуркач А.І.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Радь С.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Тесля В.О.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Левкович М.Г.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Цьонь О.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дячун А.Є.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
 Кафедра Автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.
(прізвище та ініціали)
 « » 2023 р.
(підпис)

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)
 за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
 студенту Натуркач Арсен Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення
деталей двигуна автомобіля КраЗ-5233 з дослідженням його силових характеристик

Керівник роботи Тесля Володимир Олегович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1072

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2023

3. Вихідні дані до роботи Марка автомобіля КраЗ-5233, базовий технологічний
процес відновлення деталей двигуна

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Загально-технічний розділ. Технологічний розділ. Конструкторський розділ.

Науково-дослідний розділ. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Аналіз технологій. Ремонтне креслення

Приспосіблення для кріплення і базування деталі.

Науково дослідна частина.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорони праці</i>	<i>к.т.н., доцент Ткаченко І.Г.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>ст. викладач Стручок В.С.</i>		

7. Дата видачі завдання 11.10.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Загально-технічний розділ</i>	<i>09.10.2023</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>18.10.2023</i>	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>30.10.2023</i>	
4	<i>Науково-дослідний розділ</i>	<i>08.11.2023</i>	
5	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуація</i>	<i>27.11.2023</i>	
6	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>11.12.2023</i>	
7	<i>Захист дипломної роботи</i>	<i>22.12.2023</i>	

Студент

(підпис)

Натуркач А.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Тесля В.О.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
 Кафедра Автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.
(прізвище та ініціали)
 « » 2023 р.
(підпис)

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)
 за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
 студенту Радь Сергій Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення
деталей двигуна автомобіля КрАЗ-5233 з дослідженням його силових характеристик

Керівник роботи Тесля Володимир Олегович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1072

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2023

3. Вихідні дані до роботи Марка автомобіля КрАЗ-5233, базовий технологічний
процес відновлення деталей двигуна

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Загально-технічний розділ. Технологічний розділ. Конструкторський розділ.

Науково-дослідний розділ. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Аналіз технологій. Карти ескізів.

План ділянки ремонтного цеху. Науково дослідна частина

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорони праці</i>	<i>к.т.н., доцент Ткаченко І.Г.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>ст. викладач Стручок В.С.</i>		

7. Дата видачі завдання 11.10.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Загально-технічний розділ</i>	<i>09.10.2023</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>18.10.2023</i>	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>30.10.2023</i>	
4	<i>Науково-дослідний розділ</i>	<i>08.11.2023</i>	
5	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуація</i>	<i>27.11.2023</i>	
6	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>11.12.2023</i>	
7	<i>Захист дипломної роботи</i>	<i>22.12.2023</i>	

Студент

(підпис)

Радь С.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Тесля В.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У комплексній магістерській роботі розглянуто дослідження по удосконаленні технології відновлення двигуна автомобілів КрАЗ-5233.

Двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) є основним агрегатом автомобіля, який забезпечує його рух. Він складається з багатьох деталей, які піддаються зносу в процесі експлуатації. Спрацювання двигуна призводить до зниження його потужності, економічності та надійності.

Відновлення двигуна є важливою процедурою, яка дозволяє збільшити термін роботи двигуна а також підвищити його надійність. Відновлення деталей двигуна має ряд переваг перед заміною деталей на нові:

Збереження експлуатаційних характеристик. Відновлені деталі мають ті ж експлуатаційні характеристики, що і нові.

Відновлені деталі, як правило, мають меншу зношуваність, що призводить до зменшення викидів.

Вибір виду ремонту двигуна визначається характером і ступенем пошкодження деталей.

Відновлення двигуна є ефективним способом збільшити терміну роботи двигуна а також підвищення його надійності. Однак, при виборі виду відновлювальних робіт необхідно враховувати спрацювання або дефектів деталей, а також вартість і ризик відновлювального ремонту.

Автомобіль КрАЗ є важким вантажним автомобілем, призначеним для перевезення вантажів в умовах бездоріжжя.

Двигун автомобіля як і інші двигуни внутрішнього згоряння, піддається зносу в процесі експлуатації. Знос деталей двигуна призводить до зниження його потужності, економічності та надійності.

Необхідність відновлення деталей двигуна автомобіля визначається характером і ступенем зносу деталей.

Деталі двигуна автомобіля КрАЗ-5233, які підлягають відновленню, відносяться.

У разі, якщо спрацювання деталей двигуна автомобіля не перевищує

допустимих норм, то їх можна відновити. Відновлення деталей двигуна дозволяє збільшити термін роботи двигуна і підвищити його надійність.

Вартість відновлення деталей двигуна автомобіля залежить від характеру і ступеня зносу деталей, а також від методу відновлення.

Як правило, вартість відновлення деталей двигуна автомобіля нижче, ніж вартість заміни деталей на нові.

ЗМІСТ

Вступ	10
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	12
1.1 Двигун та його застосування	12
1.2 Обзор основних поломок двигуна автомобіля	13
1.3 Аналіз технології відновлення двигуна	16
1.4 Хонінгування шатунів	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	25
2.1 Будова та призначення деталей	25
2.2 Покращення процесу відновлення	29
2.3 Процес відновлення шатуна	32
2.4 Визначення параметри відновлення	33
2.5 Технічне нормування операцій	51
2.6 Створення ділянки для відновлення деталей двигуна	60
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	71
3.1 Переваги примінення спецприспосіблень	71
3.2 Пристосування для розточування й хонінгування	72
3.3 Пристосування для розгортання	75
3.4 Характеристика механізму	75
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	79
4.1 Огляд досліджень даної тематика	79
4.2 Розрахунок потужності двигуна	83
4.3 Отримані результати	86

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ...	93
5.1 Основні положення про охорону праці	93
5.2 Техніка безпеки	93
5.3 Охорона навколишнього середовища	95
5.4 Розрахунки контуру заземлення	97
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	101
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	102

ВСТУП

Відновлення деталей двигуна дозволяє продовжити термін їх служби та підвищити надійність двигуна.

Відбудовний ремонт полягає в відновленні геометричних розмірів і форми деталей до заводських норм. Відбудовний ремонт може виконуватися шляхом: шліфування; хонінгування; фрезерування; наплавлення; гартування.

Замінним. Замінний ремонт полягає в заміні спрацьованих чи невідповідних деталей на нові. Замінний ремонт може виконуватися шляхом: заміни деталей на нові; відновлення деталей шляхом зварювання або склеювання; використання ремонтних комплектів деталей.

Види відновлювальних робіт

Відбудовний ремонт деталей двигуна може включати в себе наступні види робіт:

Шліфування – це процес видалення поверхневого шару матеріалу деталі за допомогою абразивних матеріалів. Шліфування може застосовуватися для відновлення геометричних розмірів і форми деталей, а також для полірування поверхні деталей.

Хонінгування – це процес обробки внутрішньої поверхні деталі за допомогою хонинговального інструменту. Хонінгування застосовується для відновлення геометричних розмірів і форми циліндрів двигуна, а також для полірування поверхні циліндрів.

Фрезерування – це процес обробки поверхні деталі за допомогою фрези. Фрезерування застосовується для відновлення геометричних розмірів і форми деталей, а також для створення нових поверхонь на деталях.

Наплавлення – це процес нанесення шару матеріалу на поверхню деталі за допомогою наплавлювального апарату. Наплавлення застосовується для відновлення геометричних розмірів і форми деталей, а також для підвищення твердості поверхні деталей.

Гартування – це процес підвищення твердості поверхні деталі шляхом її нагрівання до певної температури і наступного охолодження. Гартування

застосовується для підвищення твердості сторони деталей, які піддаються зносу.

Вибір виду відновлювальних робіт визначається характером і ступенем зносу або дефектів деталей. Якщо зношування деталей незначне, то можна виконати шліфування або хонінгування. Якщо ж зношування велике або є дефекти, то необхідно виконати фрезерування, наплавлення або гартування.

Відновлення деталей двигуна має чимало переваг між заміною деталей на нові.

Економія коштів. Вартість відновлювального ремонту деталей двигуна, як правило, нижче, ніж вартість заміни деталей на нові.

Збереження експлуатаційних характеристик двигуна. Відновлені деталі мають ті ж експлуатаційні характеристики, що і нові.

Відновлені деталі, як правило, мають менший зношування, що призводить до зниження викидів.

Відновлення двигуна ефективним способом збільшення терміну роботи двигуна а також підвищення його надійності. Однак, при виборі виду відновлювальних робіт необхідно враховувати спрацованість або дефектів деталей, а також вартість і ризик відновлювального ремонту

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Двигун та його застосування

Блок циліндрів – це основа ДВЗ, на якій кріпляться всі його механізми і системи. Він виготовляється з чавуну і являє собою монолітний виливок з отворами, каналами, перегородками і обробленими посадковими площинами.

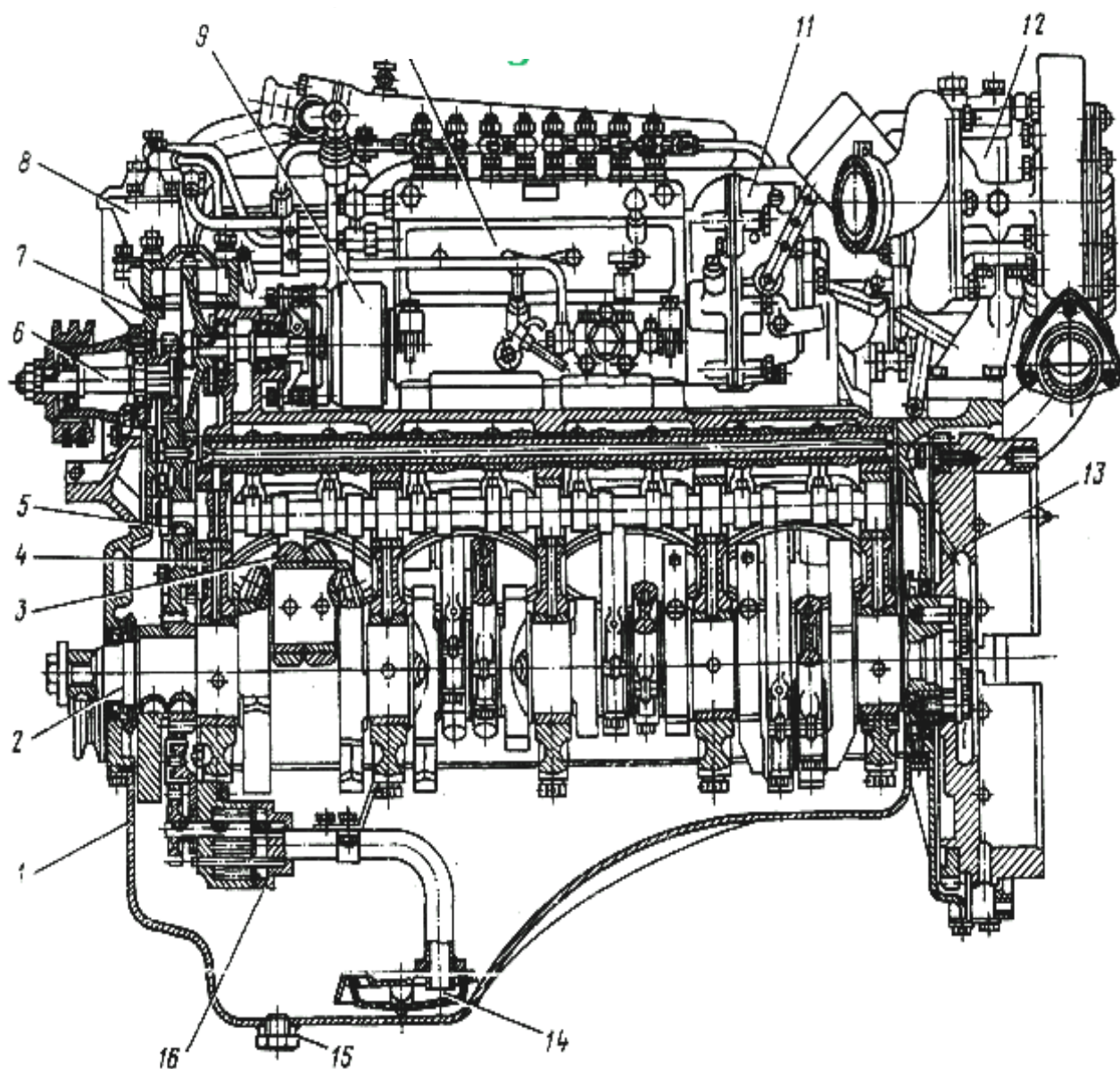


Рисунок 1.1 – Поперечне зображення двигуна автомобіля КрАЗ-5233

1 – картер; 2 – колінвал; 3 – шатун; 4 – блок циліндрів; 5 – вал розподільвальний; 6 – вал насоса паливного привід; 7 – кришка розпредвала; 8 – фільтруючий елемент; 9 – подача палива; 10 – насос подачі палива; 11 – регулювання частоти; 12 – компресор; 13 – махавик; 14 – приймач мастила; 15 – контрольна пробка; 16 – насос масляний

У верхній частині блоку розташовані гільзи, які утворюють робочі камери згоряння. Гільзи розташовані під кутом 90° один до одного.

У блоці також є сорочка охолодження, яка забезпечує відведення тепла від робочих камер згоряння.

Нижня частина блоку називається картером. У картері встановлений колінчатий вал і розташовані канали для проходу масла до тертьових деталей двигуна і до фільтрів мастильної системи.

1.2 Обзор основних поломок двигуна автомобіля

Дефектація двигуна – це процес визначення наявності і характеру пошкоджень деталей двигуна. Дефектація проводиться для того, щоб визначити, чи потрібний двигуну ремонт, і який саме ремонт слід провести.

Дефектація двигуна проводиться на спеціальному стенді, на якому двигун демонтується і обстежується. Дефектація може проводитися як візуальним методом, так і за допомогою інструментів і приладів.

Візуальний метод дефектації полягає в огляді деталей двигуна на наявність видимих пошкоджень, таких як тріщини, вибоїни, відколи, сколи, надлишки матеріалу, невідповідність розмірів.

Інструментальний метод дефектації полягає в вимірюванні геометричних

розмірів і форми деталей двигуна. Вимірювання проводиться за допомогою штангенциркуля, мікрометра, нутроміра та інших інструментів.

Приладовий метод дефектації полягає в використанні приладів для виявлення пошкоджень, які неможливо виявити візуально або за допомогою інструментів. Наприклад, для виявлення тріщин в деталях двигуна може використовуватися ультразвуковий дефектоскоп.

Дефектація двигуна проводиться в наступному порядку.

Демонтаж двигуна з автомобіля.

Очищення деталей двигуна від бруду і масла.

Візуальний огляд деталей двигуна.

Вимірювання геометричних розмірів і форми деталей двигуна.

Застосування приладів для виявлення пошкоджень.

За результатами дефектації двигуна складається дефектний акт, в якому вказуються всі виявлені пошкодження. На підставі дефектного акту визначається, чи потрібний двигуну ремонт, і який саме ремонт слід провести.

Дефектація двигуна є важливим етапом ремонту двигуна. Вона дозволяє визначити, які деталі двигуна потребують ремонту або заміни, і таким чином, спланувати ремонт двигуна і визначити його вартість.

Спрацювання – це поступове руйнування матеріалу деталі під впливом тертя, вібрації та інших факторів. Спрацювання двигуна викликається такими факторами, як:

- корозія;
- ерозія;
- термічні впливи;
- неякісне паливо та масло;
- порушення правил експлуатації двигуна.

Пошкодження двигуна можуть виникати внаслідок заводського браку,

неправильної експлуатації або аварії. Пошкодженням двигуна можуть бути:

- тріщини;
- вибоїни;
- відколи;
- сколи;
- надлишки матеріалу;
- невідповідність розмірів.

Аварії деталей виникають через такі фактори, як перегрів двигуна; удар; падіння; потрапляння сторонніх предметів в двигун.

Пошкодження двигуна можуть призвести до зниження його потужності, економічності та надійності. У деяких випадках пошкодження двигуна можуть призвести до його повної несправності.

Ознаками пошкодження двигуна можуть бути:

- пониження потужності;
- підвищення витрати палива;
- поява шумів і стукотів в двигуні;
- витікання масла або охолоджуючої рідини;
- нерівномірний запуск двигуна;
- поява димності з вихлопної труби.

При виявленні будь-яких з цих ознак необхідно звернутися до фахівця для проведення діагностики двигуна.

В залежності від параметрів і сили пошкодження двигуна може знадобитися його ремонт або заміна.

Відновлюваний ремонт полягає в відновленні геометричних розмірів і форми деталей двигуна до заводських норм. Відбудовний ремонт може виконуватися шляхом:

- шліфування;

- хонінгування;
- фрезерування;
- наплавлення;
- гартування.

Замінний ремонт полягає в заміні спрацьованих або пошкоджених деталей двигуна на нові. Замінний ремонт може виконуватися шляхом:

- заміни деталей на нові;
- відновлення деталей шляхом зварювання або склеювання;
- використання ремонтних комплектів деталей.

Вибір виду ремонту двигуна визначається характером і ступенем пошкодження деталей.

1.3 Аналіз технології відновлення двигуна

Технологія відновлення залізненням деталей двигуна

Залізнення – це процес нанесення шару заліза на поверхню деталі. Залізнення може застосовуватися для відновлення двигуна що мають зношування або дефекти поверхні.

Технологія залізнення деталей двигуна включає в себе наступні етапи:

Дефектація деталей. На цьому етапі визначається, чи можливе відновлення деталі за допомогою залізнення.

Підготовка поверхні деталі. Поверхня деталі очищається від бруду, мастила та інших забруднень.

Нанесення залізного покриття. Залізне покриття наноситься на поверхню деталі за допомогою електролізу.

Заключна обробка деталі. Після нанесення залізного покриття деталь очищається від залишків електроліту і обробляється шліфуванням або

хонінгуванням.

Дефектація деталей. На цьому етапі визначається, чи можливе відновлення деталі за допомогою залізнення. Для цього деталь оглядається на наявність видимих пошкоджень, таких як тріщини, вибоїни, відколи, сколи. Також вимірюються геометричні параметри деталі.

Якщо на деталі є тріщини, то вона не підлягає відновленню за допомогою залізнення. Якщо ж тріщин немає, то деталь може бути відновлена, якщо зношування поверхні не перевищує допустимих норм.

Підготовка поверхні деталі. Поверхня деталі очищається від бруду, мастила та інших забруднень. Для цього деталь миється в мийці, потім очищається від іржі за допомогою хімічних засобів або механічно.

Залізне покриття наноситься на поверхню деталі за допомогою електролізу. Електроліз – це процес, при якому на поверхні електрода відбувається відкладення металу з розчину електроліту.

У процесі залізнення деталь є катодом, а анод - це пластина з заліза. У розчин електроліту занурюються як деталь, так і анод. Вплив ел. струму на поверхні деталі відкладається шар заліза.

Ширина шару заліза, що відкладається, залежить від тривалості електролізу. Зазвичай, для відновлення деталей двигуна достатньо відкласти шар заліза 0,1–0,2 мм.

Після нанесення залізного покриття деталь очищається від залишків електроліту і обробляється шліфуванням або хонінгуванням. Шліфування дозволяє довести поверхню деталі до гладкості, а хонінгування - до отримання спеціальних профілів.

Переваги відновлення залізненням деталей двигуна

Відновлення залізненням є відносно недорогим способом відновлення деталей двигуна.

Відновлена деталь володіє збільшеною міцністю і зносостійкість.

Відновлена деталь має ті ж експлуатаційні характеристики, що і нова.

Недоліки відновлення залізненням деталей двигуна

Відновлення залізненням не дозволяє відновити деталі з тріщинами.

Відновлена деталь має меншу твердість, ніж деталь, виготовлена з відповідного металу.

Технологія залізнення деталей двигуна застосовується для відновлення наступних деталей: Циліндри двигуна. Поршні двигуна. Колінчасті вали двигуна. Шліцеві втулки. Гільзи розподільчого вала.

Технологія залізнення деталей двигуна дозволяє відновити деталі, які мають зношування або дефекти поверхні. Відновлена деталь володіє збільшеною міцністю і зносостійкість, а також ті ж експлуатаційні характеристики, що і нова.

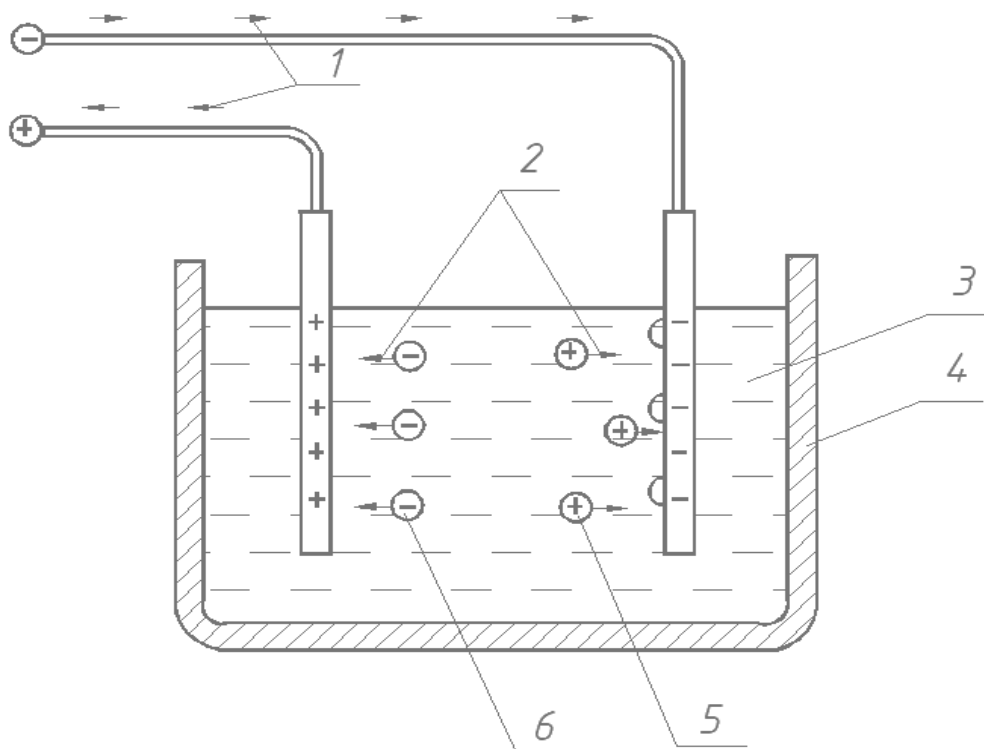


Рисунок 1.2 – Вид проходження процесу залізнення

1 – рух електронів та їх напрям; 2 – рух іонів у ванні; 3 – розчин електроліту;

4 – ванна; 5 і 6 – відповідно іони «+» і «-» заряду

1.4 Хонінгування шатунів

Робочої поверхні надається певний профіль – сітка рисок глибиною близько 0,01 мм, що прорізають в поверхні і нанесених під кутом 20-60°.

Провівши порівняльний аналіз переваг і недоліків різних верстатів, виявлено, що присутні істотні відмінності – в кінцевому результаті, в мікропрофілю поверхні після обробки. Навіть з огляду на те, що сам хонінгувальний інструмент (хонголови і абразивні бруски) у всіх випадках однаковий.

Багато з експлуатованих в Україні іноземних верстатів оснащені кривошипно-шатунним приводом вертикальної подачі шпинделя і хонголови (рис. 1.6). Число оборотів шпинделя – величина постійна [8].

Зв'язавши швидкість подачі шпинделя і його частоту обертання за допомогою математичного апарату, з огляду на при цьому, що вертикальне переміщення шпинделя верстата залежить від кута повороту кривошипа. У загальному вигляді формула, що дозволяє приблизно розрахувати вертикальне переміщення шпинделя, має вигляд

$$h = \frac{S}{2} (1 - \cos \varphi), \quad (1.7)$$

де S – повний хід шпинделя;

h – переміщення шпинделя верстата;

φ – кут повороту кривошипа.

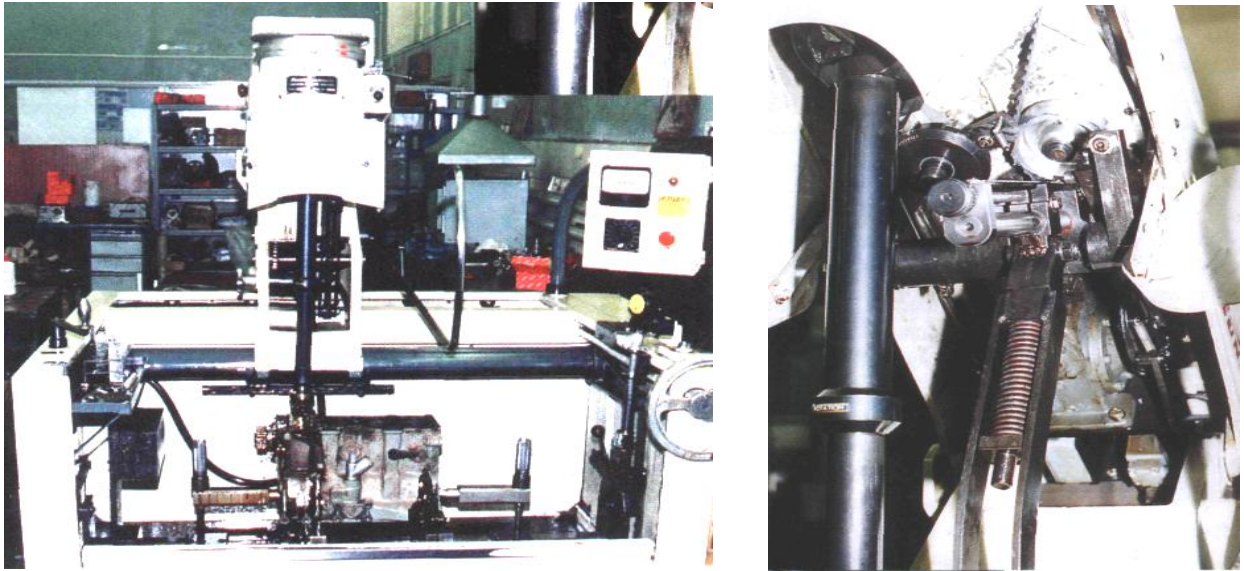


Рисунок 1.6 – Верстат іноземного виробництва

З неї, після диференціювання по часу, можна визначити поточну швидкість переміщення шпинделя.

$$v = \frac{dh}{d\tau} = \frac{\omega S}{2} \sin \alpha , \quad (1.8)$$

де ω – кутова швидкість обертання кривошипа.

Швидкість переміщення шпинделя змінюється за синусоїдальним законом і досягає свого максимуму ($v_{\max} = \frac{\omega S}{2}$) в середині повного ходу шпинделя ($h = \frac{S}{2}$). Саме ж рівняння (1.8) набуває такого вигляду

$$v = v_{\max} \cdot \sin \varphi . \quad (1.9)$$

З формули (1.7) випливає, що

$$\cos \varphi = 1 - 2 \frac{h}{S}. \quad (1.10)$$

Звідси, виходячи з того, що $\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1$, виводимо значення синуса кута повороту кривошипа

$$\sin \varphi = 2 \sqrt{\frac{h \left(1 - \frac{h}{S}\right)}{S}}. \quad (1.10)$$

Тоді формула (1.9), що зв'язує поточну швидкість переміщення шпинделя з його максимальної, набуває вигляду

$$v = 2v_{\max} \sqrt{\frac{h \left(1 - \frac{h}{S}\right)}{S}}. \quad (1.11)$$

Проаналізувавши отриману формулу (1.11), отримаємо, що в верхньому і нижньому положеннях шпинделя швидкість його переміщення v дорівнює нулю і досягає свого максимуму при $h = S/2$.

Частота обертання шпинделя ($n_{\text{шп}}$) постійна, але лінійна швидкість (u) хонинговального інструменту залежить від діаметра оброблюваного отвору. Ці величини пов'язані наступним рівнянням

$$u = \pi D n_{\text{шп}}, \quad (1.12)$$

де D – діаметр отвору.

Тоді кут хонинговання (α) знаходиться за такою формулою

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{v}{u}, \quad (1.13)$$

У формулі (1.13) значення швидкостей v і u визначаються формулами (1.11) і (1.12).

Підставляючи їх, отримати:

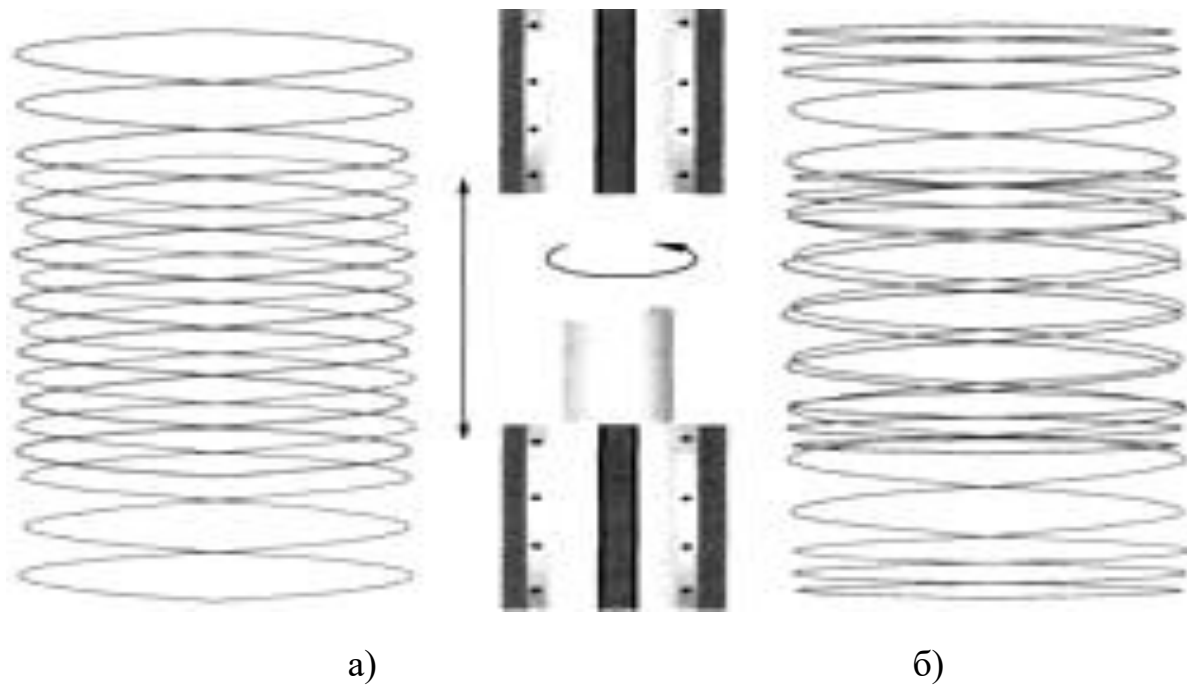
$$\alpha = 2 \operatorname{arctg} \frac{2v_{\max}}{\pi D n_{\text{ун}}} \sqrt{\frac{h \left(1 - \frac{h}{S}\right)}{S}}. \quad (1.14)$$

Таким чином, кут хонингования (α) не залишається постійним, а при зазначених режимах хонингования змінюється від значення, рівного 0° в крайніх положеннях шпинделя, до максимального - в середині його ходу, де

$$h = \frac{S}{2}.$$

При зміні швидкості вертикальної подачі шпинделя кут хонингования змінює своє значення, і ризики в окремих ділянках починають перетинатися під неприпустимо малими кутами, що руйнує мікроструктуру поверхні (рис.1.7): а) верстат з постійною швидкістю вертикальної подачі хонголівки, б) верстат зі змінною швидкістю вертикальної подачі хонголівки.

Поверхня отвори після хонингования на верстаті з постійною швидкістю подачі хонинговальної головки має більш чіткі ризики, ніж після хонингования на верстаті зі змінною швидкістю (рис. 1.7). Зернистість брусків в обох випадках однакова і дорівнює 100.



- а – верстат з постійною швидкістю вертикальної подачі хонголівки;
 б – верстат зі змінною швидкістю вертикальної подачі хонголівки.

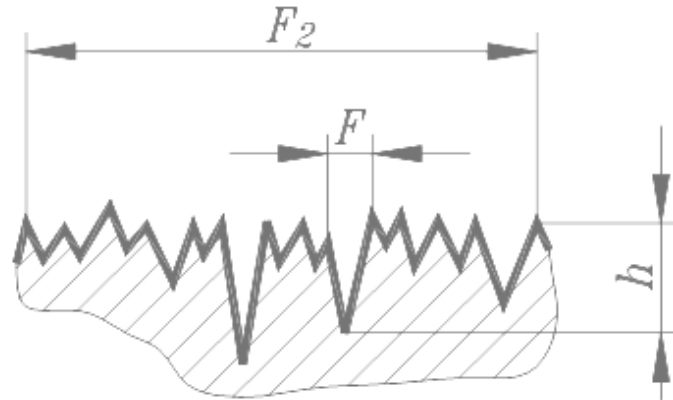
Рисунок 1.7 – Схема хонинговання в залежності від швидкості
 вертикальної подачі

Ризики, що перетинаються під різними кутами, руйнують поверхневий шар металу, а в місці їх перетину не утворюється ідеальний мікропрофіль поверхні.

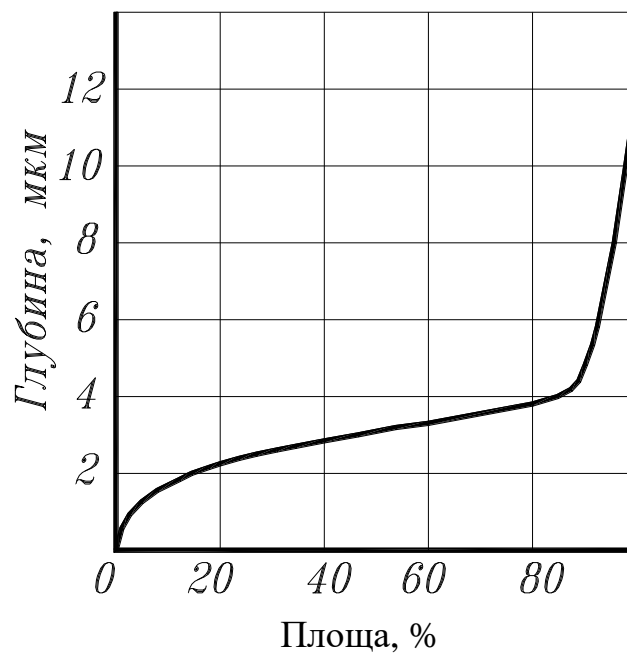
Якість поверхні отвори прийнято оцінювати за допомогою кривої Аббота (рис. 1.8). Ця крива показує залежність відносної площі мікрорпадин від їх глибини [8].

При плосковершиннимі хонингованим поверхні виступів згладжуються, і на мікропрофілю дзеркала циліндра є два види шорсткостей: основна по западинах і опорна по згладженим виступам. Тому на кривій Аббота є перегин. У цій точці западини основний шорсткості переходять в опорну поверхню. Мікропрофіль хонінгуемой поверхні, що описується кривою Аббота, залежить від характеристик застосовуваних абразивних брусків і режимів хонинговання,

в тому числі від частоти обертання хонголівки, швидкості її вертикальної подачі, тиску брусків на стінки, а також властивостей і кількості масла, що подається в зону хонинговання.



а)



б)

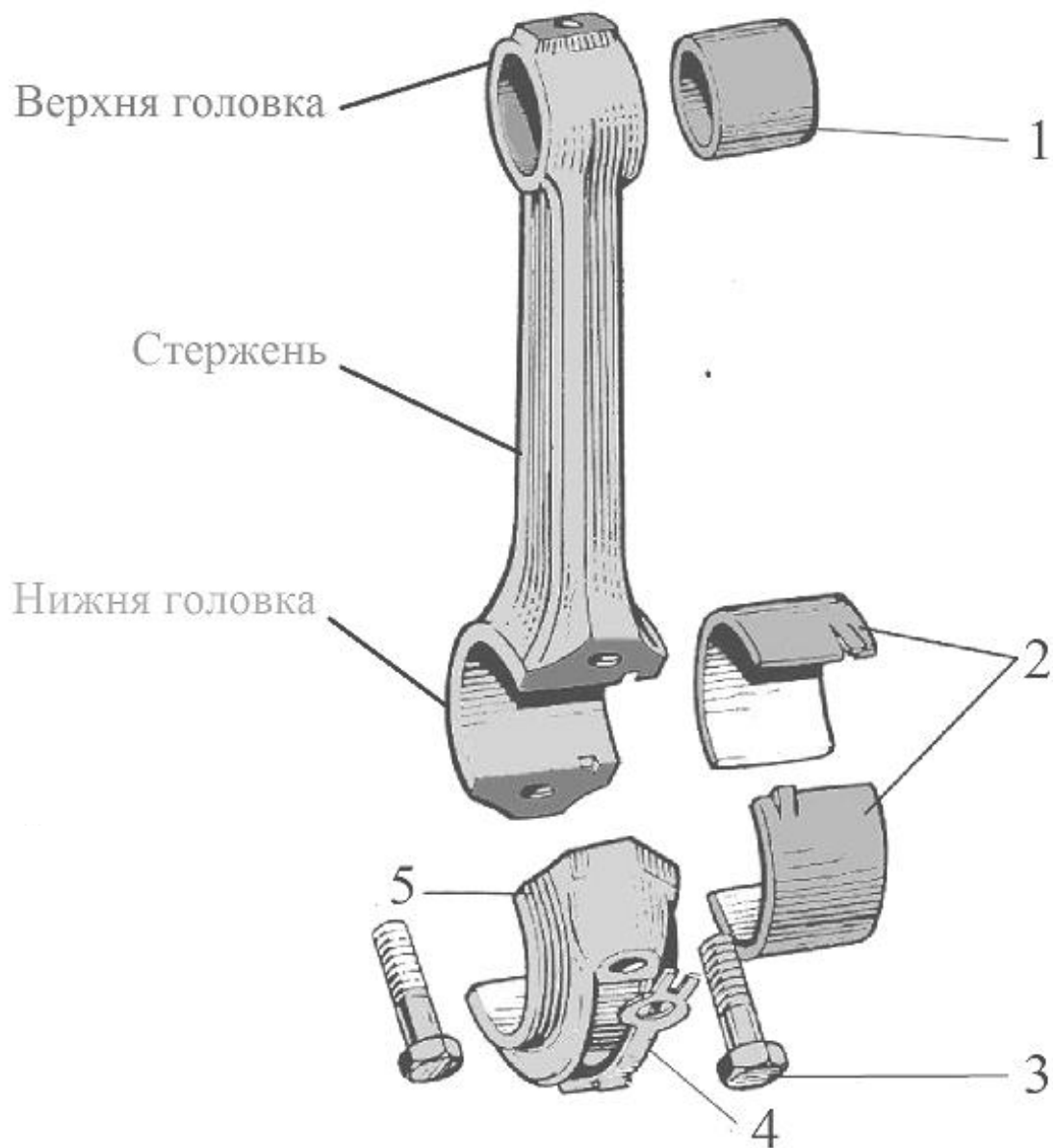
а – мікровпадінні профілю поверхні; б – Залежність відносної площі мікровпадін F / F_2 від їх глибини h (крива Аббота).

Рисунок 1.8 – Крива Аббота

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Будова та призначення деталей

Шатун – це деталь, що з'єднує поршень з колінчастим валом у кривошипно-шатунному механізмі. Шатун передає зусилля від поршня на колінчастий вал, що приводить у рух автомобіль.



1 – втулка; 2 – підшипник ковзання; 3 – болк шатуна; 4 – пластина стопорна;

5 – кришка шатуна

Рисунок 2.1 – Загальний вид шатуна

Шатун складається з наступних основних частин:

Стержень – це основна частина шатуна, яка з'єднує поршень і колінчастий вал.

Верхня головка – це частина шатуна, яка кріпиться до поршня.

Нижня головка – це частина шатуна, яка кріпиться до колінчастого валу.

Верхня головка шатуна має форму поршневого пальця і кріпиться до поршня за допомогою поршневих кілець. Нижня головка шатуна має форму шатунної шийки колінчастого валу і кріпиться до колінчастого валу за допомогою вкладишів.

Шатуни виготовляються з високоміцних сталей або алюмінієвих сплавів. Сталеві шатуни більш міцні, але також більш важкі, ніж алюмінієві. Алюмінієві шатуни легші, але також менш міцні, ніж сталеві.

Шатуни характеризуються наступними основними параметрами:

Довжина шатуна – це відстань між центрами верхньої і нижньої голівок шатуна.

Діаметр верхньої головки шатуна – це діаметр поршневого пальця.

Діаметр нижньої головки шатуна – це діаметр шатунної шийки колінчастого валу.

Шатуни є важливими деталями двигуна і від їх якості та стану залежить надійність і довговічність двигуна.

Особливості шатуна який працює в умовах високих температур і тисків. Тому він повинен бути виготовлений з високоміцних матеріалів, які здатні витримувати такі навантаження.

Шатун повинен мати високу точність виготовлення. Неточність виготовлення може призвести до порушення балансування двигуна і його підвищеного зносу.

Шатун повинен бути легко замінним. Це важливо для забезпечення доступності ремонту двигуна.

Шатуни періодично підлягають огляду і заміні. Огляд шатуна проводиться для виявлення тріщин, задирок і інших пошкоджень. Заміна шатуна проводиться при його зносі або пошкодженні.

Гільза циліндр двигуна - це центральна робоча частина поршневого двигуна внутрішнього згорання, який являє собою робочу камеру об'ємного витиснення. Циліндр складається з наступних основних елементів:

Стінки циліндра. Стінки циліндра є найважливішою частиною циліндра, так як вони безпосередньо контактують з поршнем і створюють робочу камеру. Стінки циліндра виготовляються з міцних і зносостійких матеріалів, таких як чавун або алюміній.

Внутрішня поверхня циліндра. Внутрішня поверхня циліндра повинна бути гладкою і рівною, щоб забезпечити щільне прилягання поршня і уникнути витіку газів. Для цього внутрішня поверхня циліндра піддається спеціальній обробці, наприклад, шліфуванню або хонингуванню.

Шов циліндра. Шов циліндра - це місце з'єднання двох половин циліндра. Шов циліндра повинен бути міцним і герметичним, щоб уникнути протікання робочої рідини.

Кільця циліндра. Кільця циліндра - це металеві кільця, які встановлюються в канавки на поршні і забезпечують герметичність робочої камери. Кільця циліндра виготовляються з міцних і зносостійких матеріалів, таких як чавун або сталь.

Втулка циліндра. Втулка циліндра - це вкладиш, який встановлюється в циліндр і замінює його внутрішню поверхню. Втулка циліндра виготовляється з міцних і зносостійких матеріалів, таких як чавун або алюміній.

Циліндр двигуна створює робочу камеру об'ємного витиснення. Робоча

камера об'ємного витиснення - це простір, в якому відбувається процес згоряння палива і повітря.

Забезпечує герметичність робочої камери. Герметичність робочої камери необхідна для того, щоб забезпечити нормальний процес згоряння палива і повітря.

Передає зусилля від поршня на шатун. Зусилля від поршня, який рухається вгору-вниз, передається на шатун через циліндр.

З часом циліндр двигуна піддається зносу. Це відбувається в результаті тертя поршня і кілець циліндра об його стінку. Знос циліндра призводить до зниження потужності двигуна, збільшення витрат палива і підвищення шуму.



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд гільзи циліндра двигуна

2.2 Покращення процесу відновлення

У цей час усі працюючі підприємства мають у своєму розпорядженні достатні способи, що забезпечують повне відновлення деталей. Спосіб відновлення вибирається залежно від економічної доцільності й технічної можливості його здійснення з урахуванням виявленого дефекту, матеріалу й конструкції деталі.

При цьому необхідно враховувати, що відновлення повної працездатності деталі повинне передбачати не тільки відновлення правильної (первісної) геометричної форми, але й колишніх (поліпшених) властивостей поверхневих шарів деталі. Повне відновлення працездатності деталей, при якому можливо певне покращення властивостей у порівнянні з тими ж параметрами нової деталі, припускає застосування таких способів відновлення, як електролітичне нарощування металу у високоефективних електролітах, металізація напилюванням і ін.

Застосування вище зазначених і деяких інших способів не може дати однакових результатів по довговічності відновлених деталей, однак вони використовуються при ремонті двигунів у більшій або меншому ступені залежно від обсягу випуску ремонтного виробництва, його технічної оснащеності й інших факторів.

Таблиця 2.1 – Вимоги на відновлення працездатності

		Деталь: Шатун у зборі				
		№ Деталі: 5233-1004045				
		Матеріал: 1. Шатун – сталь 40Х ДСТУ 4543-61 2. Втулка верхньої головки шатуна – бронза ОЦС 5-5 ДСТУ 613-50			Твердість: 1. НВ 229-269 2. НВ 70, не менш	
Позначення по ескізу	Найменування дефектів	Спосіб установлення дефекту й вимірювальний інструмент	Розміри, мм			Висновок
			номінальний	припустимий без ремонту	припустимий для ремонт	
1	Тріщини або обломи на шатуні або кришці	Огляд. Дефектоскоп. Лупа десятикратного збільшення	–	–	–	Бракувати
2	Тріщини або обломи, зривши або витянутість різьблення болта шатуна	Те ж	–	–	–	Заміна болта
3	Зношування нижньої головки шатуна по ширині	Шаблон 41,0 мм	41,4 ^{-0,075} _{-0,115}	41,0	Менш 41,0	Ремонтувати. Осталивание, шліфування до номінального розміру
4	Зношування отвору у втулках під палець поршня	Нутромер індикаторний 50-100 мм	50 ^{+0,026} _{+0,014}	–	–	Ремонтувати. Заміна втулок
5	Зношування отвору верхньої головки шатуна під втулку	Пробка листова 56,08 мм	56 ^{+0,03}	56,08	Більш 56,08	Ремонтувати. Розгортання до ремонтного розміру. Осталивание, розточування під номінальний розмір
6	Зношування отвору під вкладиші	Нутромер індикаторний 50-100 мм	93 ^{+0,021}	–	Більш 93,021	Ремонтувати. Фрезерувати поглибленням і розточуванням до номінального розміру
7	Задири на поверхні під вкладишами	Огляд	–	–	–	Те ж

Продовження табл. 2.1						
8	Вигин або скручування шатуна	Пристосування для перевірки шатунів	Осі головки шатуна повинні бути паралельні з точністю 0,05 мм і лежати в одній площині з точністю: 0,08 – 0,10 на довжині 100 мм		Непаралельність осей більш 0,05. Скручування більш 0,10	Ремонтувати. Виправлення. Бракувати при вигині або скручуванні аварійного характеру
9	Зрив або зношування різьблення в отворі шатуна під болт	Огляд	M16 × 1,5 кл.2	Зрив двох ниток різьблення	–	Бракувати
10	Зменшення відстані між осями верхньої й нижньої головок	Шаблон 264,5 мм	265±0 ,05	264,5	–	Бракувати при розмірі менш 264,5 мм

У результаті проведеного аналізу технологічного процесу, прийнятого на ремонтних підприємствах, при відновленні шатуна двигуна КрАЗ передбачаються наступні заходи технологічного й організаційного характеру. Ці заходи, насамперед, спрямовані на збільшення ефективності роботи, зниження металоємності й собівартості відновлюваної продукції.

Для цієї мети пропонуються:

- заміна спрацьованого стандартного обладнання на нове, яке забезпечить збільшення ефективності роботи й поліпшення якості продукції, що випускається;
- застосування при механічній обробці деталі твердосплавного різального інструменту, що дозволяє підвищити швидкість різання в 1,2–1,4 рази в порівнянні з інструментом зі швидкорізальної сталі;
- використання оптимальних параметрів режимів різання на розрахованих технологічних операціях відновлення деталі приводить до поліпшення якості поверхневого шару обробленого металу шатуна;

- удосконалювання застосовуваних пристосувань, що забезпечують надійне базування й закріплення деталі при механічній обробці;
- застосування притирочної обробки для притирання рознімання шатуна й кришки. Це дасть можливість розвантажити болти від зусиль, що зрізують, на нижній головці шатуна;

2.3 Процес відновлення шатуна

Послідовність операцій, виконуваних відповідно до встановленого на підприємстві маршруту відновлення деталі наступна:

Шліфування. Перед електролітичним нарощуванням торцевих поверхонь необхідно обробити до розміру 41 мм;

Фрезерувальна. При зношуванні внутрішньої нижньої поверхні шатуна необхідно фрезерувати на горизонтально-фрезерному верстаті стики шатуна й кришки;

Шліфування. Після фрезерування необхідно шліфувати площину рознімання кришки шатуна;

Токарна. Необхідно розточити отвір внутрішньої нижньої поверхні шатуна, усунувши похибки невідповідності параметрам і формам;

Необхідно виконати електролітичне нарощування отвору внутрішньої нижньої поверхні шатуна;

При розмірі торцевої поверхні по всій ширині нижньої поверхні шатуна необхідно відновлювати до розміру;

Шліфування. Після електролітичного нарощування торцевої поверхні необхідно обробити до номінального розміру. При зношуванні отвору меншої частини шатуна необхідно фрезерувати на горизонтально-фрезерному верстаті стику шатуна й кришки;

Шліфування. Необхідно виконати шліфування отвору меншої частини шатуна до розміру;

Хонинговальна. Необхідно хонинговати отвір нижньої головки до розміру;

Сверлильляна. При зношуванні різьбового отвору (зрив більш двох ниток різьблення), яке необхідно для кріплення кришки із шатуном, установити наступним свердлінням отвору;

Різьбонарізна. У просвердленому отворі нарізати різьблення мітчиком на М20х1,5;

Слюсарна. При деформації або зношуванні отвору верхньої головки шатуна необхідно запресувати втулку;

Розгортання. Необхідно розгорнути нову запресовану втулку до номінального розміру отвору;

- Контрольна. При відсутності тріщин на поверхні деталі необхідно перевірити геометричні параметри шатуна. Для цієї мети необхідно використовувати контрольне пристосування.

2.4 Визначення параметрі відновлення

Щоб виконати всі послідовні завдання для ремонту шатуна необхідно встановити раціональну послідовність переходів, інструментальне оснащення, розрахувати режими відновлення, технічну норму часу й вибрати технологічне встаткування.

Шліфування

Необхідно прошліфувати нижню поверхню шатуна.

Верстат плоско-шліфувальний; різальний інструмент: коло шліфувальне марки; вимірювальний інструмент: мікрометр. Пристосування спеціальне.

Ухвалюємо плоске шліфування торцем колом. Згідно даним [3], швидкість кола $V_o = 25 \text{ м/с}$, швидкість обертання деталі $V_o = 10 \text{ м/хв}$ і глибину різання $t = 0,02 \text{ мм}$; подачу $S = 0,3 \text{ мм/об}$.

Розрахувати потужність різання по формулі:

$$N_p = C_N \cdot V_o^r \cdot t^x \cdot b^z, \quad (2.1)$$

де $C_N = 0,39$;

$r = 0,7$;

$x = 0,5$;

$z = 0,6$ – поправочні коефіцієнти;

$b = 150 \text{ мм}$ – ширина поверхні, що шліфується

$$N_p = 0,39 \cdot 10^{0,7} \cdot 0,02^{0,5} \cdot 150^{0,6} = 5,53 \text{ кВт}.$$

Визначити потужність на шпинделі верстата по формулі:

$$N_{\text{шп}} = N_o \cdot \eta, \quad (2.2)$$

де $N_o = 7,5 \text{ кВт}$ – потужність двигуна верстата;

$\eta = 0,85$ – ККД верстата.

$$N_{\text{шп}} = 7,5 \cdot 0,85 = 6,4 \text{ кВт}.$$

Тому що $N_{\text{шп}} > N_p$, $6,4 \Rightarrow 5,53$ – процес різання можливий.

Фрезерна

Для фрезерування в стику шатуна й кришки на довжині $l = 41,4$ мм, ухвалюємо горизонтально-фрезерний верстат, фрезу різьбову Р18 із кроком 4,0 мм, пристосування спеціальне, вимірювальний інструмент – шаблон спеціальний.

Установлюємо глибину різання, яка дорівнює припуску на механічну обробку $t = h = 0,5$ мм. Призначаємо подачі: $S_z = 0,05$ мм/зуб; $S = 0,4$ мм/об.

Установлює період стійкості фрези $T = 120$ хв.

Розрахувати швидкість різання при фрезеруванні

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S_z^x \cdot S^y} \quad (2.3)$$

де $C_v = 7,4$; $x = 0,4$; $m = 0,5$; $y = 1,2$ $K_v = 0,9$ – коефіцієнти впливу швидкості.

$$V = \frac{7,4 \cdot 0,9}{120^{0,5} \cdot 0,05^{0,4} \cdot 0,4^{1,2}} = 6,11 \text{ м/хв} = 0,1 \text{ м/с}.$$

Розрахуємо оберти обладнання

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 6,11}{3,14 \cdot 100} = 19,46 \text{ хв}^{-1}.$$

По паспорту кількість оборотів буде становити $n_u = 20 \text{ хв}^{-1}$.

Розрахувати дійсні параметри різання

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

$$V_o = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 20}{1000} = 6,28 \text{ м/хв} = 0,12 \text{ м/с}.$$

Визначити крутний момент, що виникає при фрезеруванні різьбовими
ГОЛОВКАМИ

$$M_{кр} = C_M \cdot D^q \cdot p^y \cdot K_p, \quad (2.4)$$

де $C_M = 0,046$; $q = 1,1$; $y = 1,5$; $K_p = 1,2$ – поправочні коеф.

$D = 100 \text{ мм}$ $D=100$ мм – номінальний діаметр різьблення;

$p = 4,0 \text{ мм}$ – крок різьблення.

$$M_{кр} = 0,046 \cdot 100^{1,1} \cdot 4,0^{1,5} \cdot 1,2 = 60,98 \text{ кг} \cdot \text{м} = 609,8 \text{ Нм}.$$

Визначити потужність різання

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{975},$$

$$N_p = \frac{609,8 \cdot 20}{975} = 12,38 \text{ кВт}.$$

Установити, чи достатня потужність привода верстата для процесу фрезерування. Необхідно, щоб $N_{ui} \geq N_p$;

$$N_{ui} = N_o \cdot \eta$$

де $N_o = 15 \text{ кВт}$ – потужність двигуна верстата;

$\eta = 0,85$ – ККД верстата.

$$N_{ui} = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}.$$

$12,75 \Rightarrow 12,38$, тобто процес різання можливий.

Притирочна.

Для притирання стику рознімання шатуна й кришки застосовується верстат і використовується порошок шліфувальний, на режимі 150 дв.ходів у хвилину. Пристосування спеціальне.

Токарська.

Для розточування отвору нижньої частини шатуна на розмір застосовується верстат вертикально-розточувальної, інструмент – різець для розточування, вимірювальний інструмент – нутромір, пристосування спеціальне.

Розрахувати глибину різання по формулі

$$t = \frac{d_1 - d_2}{2}, \quad (2.5)$$

де $d_1 = 94,0 \text{ мм}$ – діаметр отвору, під який розточується меншої частина

шатуна; $d_2 = 93,5 \text{ мм}$ – дійсний розмір отвору меншої частини шатуна.

$$t = \frac{94,0 - 93,5}{2} = 0,25 \text{ мм}.$$

Призначаємо величину подавання $S = 0,4 \text{ мм/об}$.

Період витривалості різця $T = 50 \text{ хв}$.

Розрахувати швидкість різання

$$V = \frac{C_v \cdot K_v \cdot a}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (2.6)$$

де $C_v = 350$; $x = 0,15$; $m = 0,20$; $y = 0,350$ – коефіцієнти що поправляють параметри оброблення;

$a = 0,9$ – коефіцієнти що поправляє, яки враховує процес оброблення внутрішніх поверхонь.

$$V = \frac{350 \cdot 0,7 \cdot 0,9}{50^{0,20} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 170,93 \text{ м/хв} = 2,84 \text{ м/с}.$$

Розрахуємо параметри обладнання (2.2)

$$n = \frac{1000 \cdot 170,93}{3,14 \cdot 94,0} = 579,11 \text{ хв}^{-1}.$$

По паспорту кількість оборотів буде становити $n_0 = 600 \text{ хв}^{-1}$.

Розрахувати фактичну швидкість по формулі

$$V_{\partial} = \frac{3,14 \cdot 94 \cdot 600}{1000} = 177,09 \text{ м/хв} = 2,95 \text{ м/с}.$$

Визначити головну складову сили різання

$$P_z = C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_{\partial}^n \cdot K_p, \quad (2.7)$$

де $C_p = 300$; $x = 1,0$; $n = -0,15$; $y = 0,75$ $K_p = 0,8$ – коефіцієнти що поправляють;

$$P_z = 30 \cdot 0,25^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 177,09^{-0,15} \cdot 0,8 = 150 \text{ кгс} = 1500 \text{ Н}.$$

Розрахувати потужність, що йде на різання

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_{\partial}}{60 \cdot 102}, \quad (2.8)$$

$$N_p = \frac{150 \cdot 177,09}{60 \cdot 102} = 4,3 \text{ кВт}.$$

Установити, чи достатня потужність на приводі верстата.

$$N_{\text{ш}} = N_{\partial} \cdot \eta;$$

де $N_{\partial} = 10 \text{ кВт}$ – потужність двигуна верстата;

$\eta = 0,85$ – ККД верстата.

$$N_{ш} = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ кВт}.$$

Тому що $N_{ш} \geq N_p$, $8,5 \Rightarrow 4,3$, процес різання можливий.

Металізація.

Розрахувати силу струму на катоді й аноді

$$I_k = D_k \cdot S, \quad (2.9)$$

$$I_a = D_a \cdot S, \quad (2.10)$$

де $D_k = 20 \text{ А/дм}^2$;

$D_a = 20 \text{ А/дм}^2$ – густина струму,

$S = \pi \cdot d \cdot l \cdot n$ – площа відновлюваної поверхні, дм^3 ,

$d = 94,0 \text{ мм}$ – параметри отвору поверхні яку відновлюють;

$l = 41,4 \text{ мм}$ – ширина відновлюваної поверхні;

n – к-сть деталей.

$$S = 3,14 \cdot 94,0 \cdot 41,4 \cdot 4 = 48876,48 \text{ мм}^2 = 4,88 \text{ дм}^2.$$

$$I_k = 20 \cdot 4,88 = 97,6 \text{ А},$$

$$I_a = 10 \cdot 4,88 = 48,8 \text{ А}.$$

Шліфувальна.

Розрахувати поздовжнє подавання шліфувального кола

$$S_{np} = 0,3B, \quad (2.11)$$

де $B = 32$ мм – параметри круга для шліфування.

$$S_{np} = 0,3 \cdot 32 = 9,6 \text{ мм/об.}$$

Розрахувати потужність різання

$$N_p = C_N \cdot V_\delta^r \cdot t^x \cdot S^y d^q, \quad (2.12)$$

де $C_N = 0,36$;

$$r = 0,35;$$

$$x = 0,4;$$

$$b = 0,4$$

$q = 0,3$ – поправочні коеф;

$$N_p = 0,36 \cdot 20^{0,35} \cdot 0,02^{0,4} \cdot 9,6^{0,4} \cdot 930^{0,3} = 1,97 \text{ кВт.}$$

Визначити обервальну силу на шпинделі верстата

$$N_{ui} = N_\delta \cdot \eta,$$

$$N_{ui} = 4,0 \cdot 0,8 = 3,2 \text{ кВт.}$$

Тому що $N_{ун} > N_p$, $3,2 \Rightarrow 1,97$ – процес різання можливий.

Хонинговання.

Для виконання хонинговання отвору з $d = 93,0$ мм на $d = 93,021$ мм застосовуємо верстат хонинговальний, інструмент для різання – хона з абразивним бруском; вимірювальний інструмент – нутромер, пристосування спеціальне.

Заглиблення при різанні $t = 0,01$ мм, подавання брусів $h = 0,0001$ мм/об.хід; швидкість різання: окружна $V_{окр} = 30$ м/хв, поступальна $V_{пост} = 10$ м/хв, число подвійних ходів головки $n_{де} = 250$ м/хв.

Свердлильна.

Визначити подачу при свердлінні, $S = 0,25$ мм/об.

Розрахувати заглиблення при різанні

$$T = 0,5 \cdot D, \quad (2.13)$$

де $D = 17,3$ мм – діаметр свердла;

$$t = 0,5 \cdot 17,3 = 8,7 \text{ мм.}$$

Визначити параметри проходження процесу

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad (2.14)$$

де $C_v = 9,8$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,50$ – поправочні коефіцієнти;

$T = 45 \text{ хв}$ – час за яке свердло, залишається стійким;

$K_v = K_{m_v} \cdot K_{u_v} \cdot K_{l_v}$ – загальний коректувальний коеф на проходження процесу при різанні,

де $K_{m_v} = 0,8$; $K_{u_v} = 1,0$; $K_{l_v} = 1,0$ – коректувальний коеф на проходження процесу при різанні при врахуванні матеріалу.

$$K_v = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8,$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 17,3^{0,40}}{45^{0,20} \cdot 0,25^{0,50}} \cdot 0,8 = 2,31 \text{ м/хв} = 0,04 \text{ м/с}.$$

Розрахувати кількості обертів інструмента

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.15)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 2,31}{3,14 \cdot 17,3} = 42,52 \text{ хв}^{-1}.$$

Коректуємо по паспорту $n_\delta = 50 \text{ хв}^{-1}$.

Розраховуємо параметри процесу

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\delta}{1000}, \quad (2.16)$$

$$V_\delta = \frac{3,14 \cdot 17,3 \cdot 50}{1000} = 2,71 \text{ м/хв} = 0,05 \text{ м/с}.$$

Розрахувати крутильний момент при свердлінні по формулі

$$M_{кр} = C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.17)$$

де $C_M = 0,345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$; $K_p = 0,9$ – поправочні коеф.

$$M_{кр} = 0,0345 \cdot 17,3^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,9 = 3,08 \text{ кг} \cdot \text{м} = 30,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначити потужність різання по формулі

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{975}, \quad (2.18)$$

$$N_p = \frac{3,08 \cdot 50}{975} = 0,16 \text{ кВт}.$$

Через незначну величину N_p перевірку Рза потужністю шпинделя верстата не виконуємо.

Різьбонарізна.

Установити значення періоду доки мітчик вистоїть $T = 90 \text{ хв}$; подача $S = 0,2 \text{ мм/об}$.

Визначити параметри при яких проходить процес різання

$$V = \frac{64,8 \cdot 20^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 0,2^{0,5}} \cdot 1,1 = 50,25 \text{ м/хв} = 0,78 \text{ м/с};$$

$C_v = 64,8$; $q = 1,2$; $m = 0,9$; $y = 0,50$ $K_v = 1,1$ – поправочні коеф.

Установити кількість обертів за час

$$n = \frac{1000 \cdot 50,25}{3,14 \cdot 20} = 833,6 \text{ хв}^{-1}.$$

Коректуємо за паспортним даними кількості повертань n і встановлюємо:

$$n_\delta = 800 \text{ хв}^{-1}.$$

Розрахувати дійсні параметри різання

$$V_\delta = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 800}{1000} = 50,24 \text{ м/хв} = 0,83 \text{ м/с}.$$

Визначити момент повертання

$$M_{кр} = C_M \cdot D^q \cdot p^y \cdot K_p, \quad (2.19)$$

де $C_M = 0,027$; $q = 1,4$; $y = 1,5$; $K_p = 0,9$ – поправочні коеф;

$p = 1,5 \text{ мм}$ – крок різьблення.

$$M_{кр} = 0,027 \cdot 20^{1,4} \cdot 1,5^{1,5} \cdot 0,9 = 2,94 \text{ кг} \cdot \text{м} = 29,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Розрахувати потужність при проходженні різання

$$N_p = \frac{2,94 \cdot 800}{975} = 2,41 \text{ кВт}.$$

Визначити потужність на шпинделі верстата:

$$N_{um} = N_{cm} \cdot \eta, \quad (2.20)$$

де $N_{cm} = 4 \text{ кВт}$ – потужність двигуна верстата;

$\eta = 0,85$ – ККД верстата.

$$N_{um} = 4 \cdot 0,85 = 3,4 \text{ кВт}.$$

Процес різання буде проходити, якщо $N_{um} \geq N_p$, з розрахунку $3,4 \Rightarrow 2,41$.

Пресування.

При деформації або зношуванні втулки шатуна необхідно втулку запресувати й установити нову. Пристосування спеціальне.

Розрахувати зусилля запресовування втулки в отвір верхньої частини шатуна.

Вихідні дані

- посадка з'єднання $56,25 \frac{+0,03}{+0,06} \text{ мм}$,
+0,04

- номінальний діаметр сполучення $56,25 \text{ мм}$;

- довжина контактної поверхні $l = 47,6 \text{ мм}$;

- матеріал шатуна – сталь (модуль пружності $E = 20,6 \cdot 10^{10} \text{ Па}$), втулка – бронза ($E = 8,5 \cdot 10^{10} \text{ Па}$).

Зусилля запресовування розраховується по формулі

$$P = f \cdot P' \cdot \pi \cdot d \cdot l, \quad (2.21)$$

де $f = 0.1$ – коефіцієнт тертя матеріалу;

P' - тиск при взаємодії;

$d = 56.25$ мм – номінальний діаметр сполучення;

$l = 47.6$ мм – довжина контактної поверхні сполучення.

Тиск що виникає при взаємодії

$$P' = \frac{N_p}{d(C_0/E_0 + C_B/E_B)}, \quad (2.22)$$

де N_p – найбільший розрахунковий натяг;

E_0, E_B – пружність матеріалу;

Z_0, C_B – коеф, які мають вплив на матеріалзаготовки, які з'днуються сполучаються, і відносини їх діаметрів.

Розрахунковий натяг визначається по табличному з урахуванням виправлення на шорсткість, тому що мікронерівності мнуть під дією тиску на відмінюваних поверхнях, і величина натягу зменшується.

$$N_p = N_t - 1,2(R_{z0} - R_{zB}), \quad (2.23)$$

N_t – табличний натяг;

R_{z0}, R_{zB} – висоти мікронерівностей, що сполучаються поверхонь.

$$N_t = 0 - 0,06 = -0,06 \text{ мм}.$$

Абсолютне значення натягу становить 60 мкм.

$$N_p = 60 - 1,2(1,25 + 1,25) = 57 \text{ мкм} = 57 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Знаходимо співвідношення діаметрів в, що сполучаються деталей:

$$\text{для вкльдиша: } \frac{d_e}{d_u} = \frac{50}{56,25} = 0,82;$$

$$\text{для шатуна: } \frac{d_u}{d_0} = \frac{56,25}{66} = 0,83.$$

Тоді $C_B = 4,25$; $Z_0 = 4,85$.

Розрахувати тиск на поверхні яка контактується

$$P' = \frac{57 \cdot 10^{-6}}{56,25 \cdot 10^{-3} \cdot (4,85/8,5 \cdot 10^{10} + 4,25/20,6 \cdot 10^{10})} = 13,1 \cdot 10^7 \text{ Па}.$$

Визначити силу з якою запресовують

$$P = 0,1 \cdot 13,1 \cdot 10^7 \cdot 3,14 \cdot 56,25 \cdot 10^{-3} \cdot 47,6 \cdot 10^{-3} = 11013,62 \text{ Н}.$$

Таким чином, для заміни зношеної втулки на нову необхідно створити зусилля запресовування.

Розгортання

Розрахунки параметри на які потрібно заглибити інструмент

$$t = \frac{50,02 - 49,90}{2} = 0,06 \text{ мм}.$$

Установлюємо подачу $S = 0,3 \text{ мм/об}$.

Визначаємо тривалості інструмента $T = 120 \text{ хв}$.

Розрахувати швидкість різання при розгортанні

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (2.24)$$

де $C_v = 10.5$; $q = 0.3$; $y = 0.2$; $y = 0.65$; $m = 0.4$; $K_v = 0.5$ – поправочні коеф;

$$V = \frac{10,5 \cdot 50^{0,3} \cdot 0,95}{120^{0,4} \cdot 0,06^{0,2} \cdot 0,3^{0,65}} = 7,14 \text{ м/хв} = 0,12 \text{ м/с}.$$

Розрахуємо оберти обладнання

$$n = \frac{1000 \cdot 7,14}{3,14 \cdot 50} = 45,48 \text{ хв}^{-1}.$$

По паспорту кількість оборотів буде становити $n_u = 50 \text{ хв}^{-1}$.

Розрахувати дійсні параметри різання

$$V_o = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 50}{1000} = 7,85 \text{ м/хв} = 0,13 \text{ м/с}.$$

Розрахувати величину обертового моменту під час розгортання

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100}, \quad (2.25)$$

де $C_p = 200$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – коефіцієнти впливу при обертанні;
 $z = 12$ – число зубів розгортання; $S_z = 0,02$ мм / зуб – подача.

$$M_{kp} = \frac{200 \cdot 0,06^{1,0} \cdot 0,02^{0,75} \cdot 12}{2 \cdot 100} = 0,04 \text{ кг} \cdot \text{м} = 0,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Розрахувати потужність різання при розгортанні по формулі

$$N_p = \frac{M_{kp} \cdot \eta_0}{9750}, \quad (2.26)$$

$$N_p = \frac{0,4 \cdot 50}{9750} = 0,02 \text{ кВт}.$$

Через незначну величину N_p перевірку $P_{за}$ потужністю на шпинделі верстата не виконуємо.

Контрольна

Для перевірки параметрів шатуна використовується спеціальне контрольне пристосування, оснащене багатооборотної вимірювальною головкою, за допомогою якого встановлюється паралельність осей головок шатуна (припустима погрішність шатуна становить 0,05 мм). При цьому головки шатуна повинні лежати в одю площини з відхиленням 0,080,10 мм на довжині 100 мм.

2.5 Технічне нормування операцій

Технічне нормування операцій відновлення шатуна – це процес встановлення технічно обґрунтованих норм часу, необхідних для виконання заданої технологічної операції з відновлення шатуна.

Норма часу – це регламентований час виконання певної роботи у конкретних виробничих умовах одним або декількома виконавцями відповідної кваліфікації.

Мета технічного нормування операцій відновлення шатуна полягає в тому, щоб забезпечити Ефективне використання робочого часу. Покращення якості ремонту. Зменшення собівартості ремонту.

Основні завдання технічного нормування операцій відновлення шатуна включають в себе.

Аналіз технологічних процесів відновлення шатуна з метою виявлення резервів підвищення продуктивності праці.

Розробку норм часу для різних видів робіт з відновлення шатуна.

Упровадження норм часу в виробничий процес.

Методи технічного нормування операцій відновлення шатуна можна розділити на дві групи.

Аналітичний метод передбачає визначення норм часу на основі аналізу технологічного процесу, умов праці та інших факторів.

Експериментальний метод передбачає визначення норм часу на основі проведення експериментів з використанням спеціального обладнання.

Аналітичний метод є найбільш поширеним методом технічного нормування операцій відновлення шатуна. Він дозволяє визначити норму часу на основі наступних факторів.

Кількість і склад виконуваних операцій. Характер і складність операцій.

Умови праці. Кваліфікація виконавця.

Норми часу встановлюються для різних видів робіт з відновлення шатуна, в тому числі для. Дефектації шатуна. Шліфування циліндрів шатуна. Запресовування втулок шатуна. Заміна вкладишів шатуна. Наплавлення шатуна.

Норми часу затверджуються керівником підприємства або організації. Впровадження норм часу в виробничий процес дозволяє. Планувати і контролювати трудові процеси. Виявити резерви підвищення продуктивності праці. Оцінювати ефективність роботи виконавців.

Технічне нормування операцій відновлення шатуна є важливим інструментом для підвищення ефективності ремонту автомобілів.

Приклади норм часу на операції з відновлення шатуна:

Дефектація шатуна – 0,25–0,5 год. Шліфування циліндрів шатуна – 0,5–1,0 год. Запресовування втулок шатуна – 0,25–0,5 год. Заміна вкладишів шатуна – 0,25–0,5 год. Наплавлення шатуна – 1,0–2,0 год.

Ці норми часу є приблизними і можуть змінюватися в залежності від конкретних умов праці.

Шліфувальна

$$T_0 = \frac{L \cdot i \cdot K}{n \cdot S}, \quad (2.27)$$

де $L = 140$ мм – параметри на якій проводять обробку;

$i = 1$ – число проходів;

$K = 0.75$ – на скільки вистоїть кола для шліфування;

$n_k = 2000$ xv^{-1} – швидкість з якою рухається круг;

$S = 9.6 \text{ мм/хв}$ – подавання інструмента напрямі повздовж.

$$T_0 = \frac{140 \cdot 1 \cdot 0,75}{2000 \cdot 9,6} = 0,01 \text{ хв}.$$

$$T_s = 6,6 \text{ хв};$$

$$T_{\text{обсл}} = (0,01 + 6,6) \cdot 0,04 = 0,26 \text{ хв};$$

$$T_{\text{відп}} = (0,01 + 6,6) \cdot 0,06 = 0,40 \text{ хв}.$$

$$T_{\text{ум}} = 0,01 + 6,6 + 0,26 + 0,40 = 7,27 \text{ хв}.$$

Фрезерна

$$T_0 = \frac{L}{S_z \cdot z}, \quad (2.28)$$

де $L = l + y + \Delta$;

$l = 41.4 \text{ мм}$ – розмір фрезеруємої поверхні;

$v = 8,2 \text{ мм}$ – розмір на який інструмент опускається;

$\Delta = 3,0 \text{ мм}$ – величина зміни перходу фрези;

$n = 50 \text{ хв}^{-1}$ – швидкість з якою рухається свердло;

$S_z = 0,025 \text{ мм/зуб}$ – подавання інструмента на зуб;

$z = 17$ – кількість на фрезі зубів.

$$T_0 = \frac{41,4 + 8,2 + 3,0}{0,05 \cdot 17} = 61,2 \text{ хв}.$$

$$T_B = t_{ycm} + t_{nep} + t_{\text{доо}};$$

де $t_{ycm} = 12,5$ хв – час для перевстановки;

$t_{nep} = 0,5$ хв – час для виконання переходів;

$t_{\text{доо}} = 0,7$ хв – час для виконання основних робіт.

$$T_B = 12,5 + 0,5 + 0,7 = 13,7 \text{ хв}.$$

Для визначення часу для обслуговування можна визначити виходячи із чотири відсоткового оперативного часу.

$$T_{on} = T_o + T_B.$$

$$T_{\text{обс}} = (61,2 + 13,7) \cdot 0,04 = 2,99 \text{ хв};$$

Визначити час $T_{\text{від}}$ для проведення відпочивально-особистих робіт що у свою чергу складає шість відсотків від основного.

$$T_{\text{від}} = (61,2 + 13,7) \cdot 0,06 = 4,49 \text{ хв};$$

$$T_{\text{ум}} = 61,2 + 13,7 + 2,99 + 4,49 = 82,38 \text{ хв}.$$

Притирочна

Для визначення часу для даної операції треба встановити наступні часи

$$T_o = 27 \text{ хв}, T_B = 2,0 \text{ хв}.$$

$$T_{обс} = (27 + 2,0) \cdot 0,04 = 1,16 \text{ хв};$$

$$T_{від} = (27 + 2,0) \cdot 0,06 = 1,74 \text{ хв};$$

$$T_{ум} = 27 + 2,0 + 1,16 + 1,74 = 31,9 \text{ хв}.$$

Токарська

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.29)$$

де $L = l_1 + l_2 + l_3$ – всі розміри оброблюваної поверхні;

$l_1 = 2 \text{ мм}$ – параметри різьбонарізування;

$l_2 = 41,4 \text{ мм}$ – розмір переміщення різця;

$l_3 = 2 \text{ мм}$ – розмір зміни положення різця;

$i = 1$ – кількість переходів.

$S = 0,4 \text{ мм/об}$ – подавання;

$n = 600 \text{ хв}^{-1}$ – швидкість побертання інструмента;

$$L = 2,0 + 41,4 + 2,0 = 45,4 \text{ мм},$$

$$T_0 = \frac{45,4}{0,4 \cdot 600} = 0,19 \text{ хв}.$$

$$T_B = 2,4 \text{ хв},$$

$$T_{обсл} = (0,19 + 2,4) \cdot 0,04 = 0,11 \text{ хв};$$

$$T_{\text{відп}} = (0,19 + 2,4) \cdot 0,06 = 0,16 \text{ хв} .$$

$$T_{\text{ум}} = 0,19 + 2,4 + 0,10 + 0,15 = 2,84 \text{ хв} .$$

Металізація

$$T_0 = \frac{1000 \cdot 60 \cdot h \cdot \gamma}{C \cdot D_{\kappa} \cdot \eta} , \quad (2.30)$$

де $h = 1,2 \text{ мм}$ – шар нанесеного покриття;

$\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ – щільність металу покриття;

$C = 1,043 \text{ г/А} \cdot \text{год}$;

$D_{\kappa} = 20 \text{ А/дм}^2$ – щільність струму на катоді;

$\eta = 95 \%$ – вихід металу по струму.

$$T_0 = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 1,2 \cdot 7,8}{1,043 \cdot 20 \cdot 95} = 2,83 \text{ хв} .$$

$$T_B = 2,4 \text{ хв} ;$$

$$T_{\text{обсл}} = (2,83 + 24) \cdot 0,04 = 1,07 \text{ хв} ;$$

$$T_{\text{відп}} = (2,83 + 24) \cdot 0,06 = 1,61 \text{ хв} .$$

$$T_{\text{ум}} = 2,83 + 24 + 1,07 + 1,61 = 29,51 \text{ хв} .$$

Шліфування.

$$T_0 = \frac{L \cdot i \cdot K}{n \cdot S} ,$$

де $L = 41,4$ мм – розмір поверхні, яка обробляється;

$i = 1$ – кількість переходів.

$K = 0,75$ – стійкість кола;

$n = 9000$ хв⁻¹ – швидкість побертання шліф інструмента;

$S = 9,6$ мм/об – подавання;

$$T_0 = \frac{41,4 \cdot 1 \cdot 0,75}{9000 \cdot 9,6} = 0,04 \text{ хв.}$$

$$T_B = 6,4 \text{ хв.},$$

$$T_{\text{обсл}} = (0,04 + 6,4) \cdot 0,04 = 0,26 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{відп}} = (0,04 + 6,4) \cdot 0,06 = 0,39 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ит}} = 0,04 + 6,4 + 0,26 + 0,39 = 7,09 \text{ хв.}$$

Хонінговання

$$T_0 = \frac{z}{t \cdot n_{\text{об.х}}}, \quad (2.31)$$

де $z = 0,021$ мм – припуск на хонінговання;

$t = 0,01$ мм – розмір заглиблення;

$n = 250$ об/хв – кількість двійних рухів інструментом

$$T_0 = \frac{0,021}{0,01 \cdot 250} = 0,01 \text{ хв}$$

$$T_B = 5,9 \text{ хв.};$$

$$T_{обсл} = (0,01 + 5,9) \cdot 0,04 = 0,24 \text{ хв};$$

$$T_{відп} = (0,01 + 5,9) \cdot 0,06 = 0,35 \text{ хв}.$$

$$T_{ум} = 0,01 + 5,9 + 0,24 + 0,35 = 6,50 \text{ хв}.$$

Свердлильна

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.32)$$

де $l_1 = 34 \text{ мм}$ – параметри процесу свердління;

$l_2 = 2 \text{ мм}$ – розмір переміщення мітчика;

$l_3 = 2 \text{ мм}$ – розмір переміщення мітчика;

$n = 50 \text{ хв}^{-1}$ – швидкість побертання інструмента;

$S = 0.25 \text{ мм/об}$ – подавання;

$i = 1$ – кількість переходів.

$$T_0 = \frac{(34 + 2 + 2) \cdot 1}{50 \cdot 0,25} = 3,04 \text{ хв}.$$

$$T_B = 8,2 \text{ хв};$$

$$T_{обсл} = (3,04 + 8,2) \cdot 0,04 = 0,45 \text{ хв};$$

$$T_{відп} = (3,04 + 8,2) \cdot 0,06 = 0,67 \text{ хв}.$$

$$T_{ум} = 3,04 + 8,2 + 0,35 + 0,67 = 12,36 \text{ хв}$$

Різьбонарізна

$$T_0 = \frac{L \cdot a}{n \cdot S}, \quad (2.33)$$

де $L = l_1 + l_2 + l_3$ – всі розміри оброблюваної поверхні;

$l_1 = 34$ мм – параметри різьбонарізування;

$l_2 = 2$ мм – розмір переміщення мітчика;

$l_3 = 2$ мм – розмір переміщення мітчика;

$a = 1,85$ – коеф. поправочний

$$T_0 = \frac{(34 + 2 + 2) \cdot 1,85}{800 \cdot 0,2} = 0,44 \text{ хв.}$$

$$T_B = 8,2 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{обсл}} = (0,44 + 8,2) \cdot 0,04 = 0,35 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{відп}} = (0,44 + 8,2) \cdot 0,06 = 0,52 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ум}} = 0,44 + 8,2 + 0,35 + 0,52 = 9,51 \text{ хв.}$$

Слюсарна

Згідно з рекомендаціями, установлюються час на виконання запресовувальної операції втулки $T_{\text{ум}} = 11,5$ хв.

Розгортання

Розрахунки T_0 для розгортання ведемо згідно формули (4.6)

$$T_0 = \frac{(2 + 47,6 + 2) \cdot 1}{0,3 \cdot 50} = 3,44 \text{ мм,}$$

де $l_1 = 2,0 \text{ мм}$ – розмір інструмента;

$l_2 = 47,6 \text{ мм}$ – розмір поверхні;

$l_3 = 2 \text{ мм}$ – переміщення інструмента;

$S = 0.3 \text{ мм/об}$ – подавання;

$n = 50 \text{ хв}^{-1}$ – швидкість побертання інструмента;

$T_B = 6.1 \text{ хв}$,

$$T_{\text{обсл}} = (3,44 + 6,1) \cdot 0,04 = 0,38 \text{ хв};$$

$$T_{\text{відп}} = (3,44 + 6,1) \cdot 0,06 = 0,57 \text{ хв}.$$

$$T_{\text{ум}} = 3,44 + 6,1 + 0,38 + 0,57 = 10,49 \text{ хв}.$$

Контрольна

Згідно з рекомендаціями, установлюємо величину штучного часу,

$$T_{\text{шт}} = 1,3 \text{ хв}$$

2.6 Створення ділянки для відновлення деталей двигуна

Проектування ділянки для відновлення деталей двигуна - це складний процес, який вимагає врахування багатьох факторів, включаючи:

Обсяг робіт. Обсяг робіт визначає необхідну площу ділянки, кількість обладнання та персоналу.

Види робіт. Види робіт визначають тип обладнання, яке необхідно використовувати на ділянці.

Технологічні процеси. Технологічні процеси визначають послідовність виконуваних операцій і необхідність використання додаткового обладнання.

Безпека праці. Безпека праці на ділянці повинна забезпечуватися шляхом дотримання вимог нормативно-правових актів.

Основні етапи проектування дільниці для відновлення деталей двигуна:

Збір інформації. На цьому етапі необхідно зібрати інформацію про обсяг робіт, види робіт, технологічні процеси та вимоги до безпеки праці.

Розробка проекту. На цьому етапі розробляється проект дільниці, який включає в себе планування дільниці, список обладнання та персоналу.

Виконання робіт. На цьому етапі виконується будівництво або реконструкція дільниці, закупівля обладнання та найм персоналу.

Основні принципи проектування дільниці для відновлення деталей двигуна:

Ефективність. Дільниця повинна бути спроектована таким чином, щоб забезпечити ефективне виконання робіт.

Безпека праці. Дільниця повинна бути спроектована таким чином, щоб забезпечити безпеку праці.

Економічність. Дільниця повинна бути спроектована таким чином, щоб забезпечити економічну ефективність.

При проектуванні дільниці для відновлення деталей двигуна необхідно враховувати наступні вимоги:

Дільниця повинна бути розташована в приміщенні, яке відповідає вимогам пожежної безпеки.

Дільниця повинна бути забезпечена достатнім освітленням.

Дільниця повинна бути забезпечена припливно-витяжною вентиляцією.

Дільниця повинна бути оснащена необхідним обладнанням та інструментами.

Дільниця повинна бути обладнана системами пожежогасіння та безпеки.

На дільниці для відновлення деталей двигуна необхідно використовувати наступне обладнання:

Верстати для обробки деталей. До верстатів для обробки деталей

відносяться токарно-гвинторізні, фрезерні, шліфувальні та інші верстати.

Устаткування для ремонту деталей. До обладнання для ремонту деталей відносяться преси, зварювальні апарати, наплавні апарати та інші пристрої.

Прилади для контролю якості. До приладів для контролю якості відносяться мікроскопи, штангенциркулі, нутроміри та інші прилади.

На дільниці для відновлення деталей двигуна повинен працювати персонал, який має відповідну кваліфікацію. Персонал дільниці повинен пройти навчання з техніки безпеки та охорони праці.

На дільниці для відновлення деталей двигуна повинен бути розроблений план робіт, який включає в себе наступні розділи:

Організація робіт. Цей розділ визначає порядок виконання робіт, відповідальність за виконання робіт та контроль за виконанням робіт.

Технологічні процеси. Цей розділ визначає послідовність виконання операцій, режими виконання операцій та вимоги до якості робіт.

Матеріали. Цей розділ визначає види матеріалів, які використовуються на дільниці.

Обладнання. Цей розділ визначає види обладнання, яке використовується на дільниці.

Безпека праці. Цей розділ визначає вимоги до безпеки праці на дільниці.

План робіт повинен бути затверджений керівником підприємства.

Затрачаємий час на виконання робіт

Режим роботи виробничої ділянки - це сукупність правил, що регламентують тривалість робочого часу, час відпочинку, перерви в роботі та інші умови праці на дільниці.

Фонди часу роботи виробничої ділянки - це сумарний час, який

відводиться на виробництво продукції або виконання робіт на ділянці протягом певного періоду.

Основні фонди часу роботи виробничої ділянки включають в себе:

Робочий час - це час, протягом якого робітники безпосередньо зайняті виконанням виробничих операцій.

Перерви в роботі - це час, протягом якого робітники не зайняті виконанням виробничих операцій, але знаходяться на робочому місці.

Відпустки - це періоди часу, протягом яких робітники не працюють за згодою сторін трудового договору.

Допоміжні фонди часу роботи виробничої ділянки включають в себе:

Відпустки без збереження заробітної плати - це періоди часу, протягом яких робітники не працюють за згодою сторін трудового договору без збереження заробітної плати.

Неявки на роботу - це періоди часу, протягом яких робітники не працюють у зв'язку з хворобою, відпусткою без збереження заробітної плати, відрядженням та іншими причинами.

Фонд робочого часу виробничої ділянки визначається як різниця між загальним фондом часу і допоміжними фондами часу.

Фонд робочого часу виробничої ділянки може бути використаний для визначення наступних показників: Рівень використання робочого часу. Виробнича потужність виробничої ділянки. Календарний план роботи виробничої ділянки.

Рівень використання робочого часу - це частка робочого часу від загального фонду часу, яка була фактично використана для виробництва продукції або виконання робіт.

Виробнича потужність виробничої ділянки - це максимальний обсяг продукції або робіт, який може бути виготовлений або виконаний на ділянці за

певний період часу при оптимальному використанні наявних ресурсів.

Календарний план роботи виробничої ділянки - це документ, що визначає обсяги продукції або робіт, які повинні бути виготовлені або виконані на ділянці в певний період часу.

Для визначення режиму роботи виробничої ділянки необхідно враховувати наступні фактори:

Характер виробництва.

Вид продукції або робіт, що виробляються або виконуються на ділянці.

Обсяги виробництва або робіт.

Наявність обладнання і персоналу.

Режим роботи виробничої ділянки може бути змінним, подвійним або безперервним.

Змінний режим роботи передбачає, що робітники працюють за змінами, які чергуються з перервами в роботі.

Подвійний режим роботи передбачає, що робітники працюють по два зміни на добу.

Безперервний режим роботи передбачає, що виробництво або робота на ділянці не припиняються протягом доби.

Вибір режиму роботи виробничої ділянки здійснюється з урахуванням економічної доцільності та забезпечення вимог охорони праці.

Таблиця 2.2 – Час праці робітників

Найменування професій	Тривалість робочої зміни, год	Тривалість відпустки, дн.	Коефіцієнт втрат робочого часу	Номінальний річний фонд часу, год	Дійсний річний фонд часу, год
Верстатники	8,2	18	0,97	2075	1909
Слюсарі	8,2	18	0,97	2075	1909
Мийники	8,2	24	0,97	2075	1853
Гальванщики	7,2	24	0,96	2075	1610

Таблиця 2.3 – Час праці обладнання

Найменування встаткування	Число змін у добу	Число годин роботи в зміну	Відсоток втрат від номінального фонду	Номінальний річний фонд часу, год	Дійсний річний фонд часу, год
Металорізальне	1	8,2	2	2070	2030
Слюсарне	1	8,2	2	2070	2030
Гальванічне	1	7,2	3	2070	1893

Характер примінення обладнання

Технологічне обладнання - це машини, механізми, прилади та пристрої, що застосовуються для виконання виробничих операцій. Технологічне обладнання є основним засобом виробництва і відіграє важливу роль у забезпеченні високої продуктивності праці, якості продукції та безпеки виробництва.

Характеристика застосовуваного технологічного обладнання включає в себе наступні основні параметри: Назва обладнання. Виробник обладнання. Модель обладнання. Рік випуску обладнання. Технічні характеристики обладнання. Стан обладнання.

Назва обладнання повинна відповідати його функціональному призначенню.

Виробник обладнання визначає його якість і надійність.

Модель обладнання дозволяє точно ідентифікувати його.

Рік випуску обладнання визначає його технічний стан і ресурс.

Технічні характеристики обладнання включають в себе всі параметри, що характеризують його технічні можливості.

Стан обладнання повинен відповідати вимогам безпеки праці.

Технологічне обладнання класифікується за різними ознаками:

За призначенням технологічне обладнання поділяється на різне, зварювальне, слюсарно-монтажне, випробувальне та ін.

За принципом дії технологічне обладнання поділяється на механічне, гідравлічне, пневматичне, електричне та ін.

За ступенем автоматизації технологічне обладнання поділяється на ручне, напівавтоматичне та автоматизоване.

Залежно від виду виробництва застосовується різне технологічне обладнання. Наприклад, у машинобудуванні застосовується широка номенклатура технологічного обладнання, включаючи верстати, преси, фрезерні машини, токарна обладнання, зварювальне обладнання та ін. У будівництві застосовується будівельна техніка, включаючи крани, бульдозери, екскаватори, асфальтоукладальники та ін. У сільському господарстві застосовується сільськогосподарська техніка, включаючи трактори, комбайни, сівалки, культиватори та ін.

Технологічне обладнання є важливим фактором підвищення продуктивності праці, якості продукції та безпеки виробництва. Правильний вибір і використання технологічного обладнання дозволяє забезпечити ефективність виробництва.

Таким чином, характеристика застосовуваного технологічного обладнання включає в себе наступні основні параметри: Назва обладнання. Виробник обладнання. Модель обладнання. Рік випуску обладнання. Технічні характеристики обладнання. Стан обладнання.

Ця характеристика дозволяє отримати уявлення про технічні можливості обладнання, його технічний стан і відповідність вимогам безпеки праці.

Розрахунки кількості основного технологічного встаткування

виконується за укрупненими показниками згідно формули:

$$n = \frac{T}{\Phi_{\text{д.о}}}, \quad (2.1)$$

де $T = 30000 \text{ год}$ – затрата часу праці обладнання протягом року на проєктованій ділянці;

$\Phi_{\text{д.о.}} = 2030 \text{ год}$ – час роботи встаткування при роботі в одну зміну

$$n = \frac{30000}{2030} = 14,8 \text{ шт.}$$

Прийнято рішення про придбання 15 одиниць технологічного обладнання.

У відомості встаткування (таблиця 2.3) наведена характеристика необхідного обладнання для відновлення шатунів двигуна КРАЗ-5233.

Загальна потужність устаткування на виробничій ділянці становить 67 кВт , а загальна вартість експлуатованого обладнання – 63000 грн .

Встановлення кількості працюючих

Кількість працюючих на ділянці по відновленні двигуна автомобіля залежить від декількох факторів, зокрема:

Обсягу робіт, що виконуються на ділянці. Якщо ділянка виконує невеликий обсяг робіт, то на ній може працювати невелика кількість працівників. Якщо ж ділянка виконує великий обсяг робіт, то на ній може працювати велика кількість працівників.

Складності робіт, що виконуються на ділянці. Якщо роботи, що виконуються на ділянці, є складними, то на ній може працювати більше

працівників, ніж якщо роботи є простими.

Технології, що використовуються на дільниці. Якщо на дільниці використовуються автоматизовані технології, то на ній може працювати менше працівників, ніж якщо використовуються ручні технології.

Зазвичай, на дільниці по відновленню двигуна автомобіля працюють такі працівники:

Механіки. Механіки виконують основні роботи по відновленню двигуна, такі як розбирання двигуна, дефектація деталей, ремонт деталей, складання двигуна.

Електрики. Електрики виконують роботи по ремонту електричних систем двигуна.

Слюсарі. Слюсарі виконують роботи по ремонту механічних систем двигуна.

Малярі виконують роботи по фарбуванню двигуна.

Кількість працівників кожної спеціальності визначається виходячи з обсягу робіт, що виконуються на дільниці, складності робіт та технологій, що використовуються.

Конкретну кількість працюючих на дільниці по відновленню двигуна автомобіля можна визначити, виходячи з конкретних умов роботи дільниці.

Таблиця 2.3 – Відомість обладнання

№ п/п	Найменування встаткування	Модель	Кількість	Потужність двигуна, кВт	Вартість устаткування, грн.	
					Одиниці	Усього
1	2	3	4	5	6	7
1.	Горизонтально-фрезерний верстат	6P83	1	15	3700	3700
2.	Притирочний верстат	H236	1	7	2000	2000
3.	Розточувальною-розточувальній-горизонтально-розточувальної верстат	P135	1	10	10500	10500
4.	Внутрішншліфувальний верстат	3 ДО227А	1	4	8800	8800
5.	Хонінгувальний верстат	3А83	1	4	8200	8200
6.	Вертикально-свердлильний верстат	2Н135	1	4	4500	4500
7.	Шліфувальний - шліфувальний-плоско-шліфувальний верстат	3Е711ВФ3	1	7,5	4960	4960
8.	Прес	П6324	1	5	8500	8500
9.	Випрямляч	ВАКГ-1216	1	10,5	1340	1340
10.	Ванна для знежирення	10581.04	1	-	500	500
11.	Ванна для гарячого промивання	10581.08	2	-	500	1000
12.	Ванна для холодного промивання	10581.80	1	-	500	500
13.	Ванна для анодного травлення	10581.03	1	-	500	500
14.	Ванна для залізнення	10581,7	1	-	500	500

Розрахунки площ для ділянки

Одним з методів розрахунків виробничої площі є розрахунки по питомій площі, що доводиться на один виробничого робітника першої зміни.

$$F = P \cdot f, \quad (2.2)$$

де P – число виробничих робітників;

$f = 15 - 25 \text{ м}^2$ – кількість площі, виділених на одного працівника.

$$F = 14 \cdot 25 = 350 \text{ м}^2.$$

Остаточно прийнята площа виробничої ділянки буде складати 360 м^2 , тому що стандартний проліт ухвалюємо рівним $l = 12 \text{ м}$, а крок колон $a = 6 \text{ м}$, висота виробничого приміщення – 9 м .

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Переваги примінення спецприспосіблень

Стенд для запресовування втулок шатуна є спеціальним обладнанням, яке призначене для запресовування і випресовування втулок шатуна в шатуни.

Користь застосування стенда для запресовування втулок шатуна полягає в наступному

Підвищена точність і якість запресування. Стенд дозволяє запресувати втулки з точною відповідністю до розмірів і зусилля запресування, що забезпечує високу якість ремонту.

Зниження ризику пошкодження деталей. Застосування стенду дозволяє уникнути пошкодження втулок, шатунів і інших деталей при запресуванні.

Збільшення продуктивності праці. Стенд дозволяє запресовувати втулки шатуна швидше і з меншими витратами праці.

Основні переваги використання стенду для запресовування втулок шатуна

Підвищена точність і якість запресування. Стенд дозволяє запресувати втулки з точною відповідністю до розмірів і зусилля запресування, що забезпечує високу якість ремонту. Це важливо, оскільки від точності запресування втулок шатуна залежить робота двигуна автомобіля.

Зниження ризику пошкодження деталей. Застосування стенду дозволяє уникнути пошкодження втулок, шатунів і інших деталей при запресуванні. Це важливо, оскільки заміна пошкоджених деталей може бути досить дорогою.

Збільшення продуктивності праці. Стенд дозволяє запресовувати

втулки шатуна швидше і з меншими витратами праці. Це важливо для авторемонтних підприємств, які мають великі обсяги роботи.

Даний стенд застосовується для запресовування втулки у верхній частині шатуна. Для цієї мети на робочий орган штока (пуансон) встановлюється нова втулка, яка під дією поршня (пневмосистема) запресовується у верхню головку шатуна.

Ремонтований шатун встановлюється на столі пристосування під робочим органом штока.

При цьому розрахунки діаметра пневмоциліндра виконується по наступній формулі:

$$D = \sqrt{4Q/(\pi P \eta)}, \quad (3.1)$$

де $Q = 11000 \text{ Н}$ – зусилля запресовування втулки;

$P = 0.6 \text{ Па}$ – тиск повітря в мережі;

$\eta = 0,85$ – ККД пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{4 \cdot 11000 / (3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,85)} = 167 \text{ мм.}$$

Згідно даним ДСТУ 3004-95 [1-4] приймаємо, що діаметр циліндра 180 мм.

3.2 Пристосування для розточування й хонинговання

Пристосування встановлюється на стіл горизонтально-розточувального верстата й кріпиться до нього чотирма болтами. Шатун розміщується та

кріпиться в пристосуванні так, щоб нижня частина шатуна отвору фіксувався розміром $d = 180 \text{ мм}$.

Попереднє центрування верхньої частини шатуна отвору виконується за допомогою центрального елемента, який монтується на верстаті. По завершенні даної операції шатун закріплюється повністю притисками. Потім може виконуватися для отвору нижньої частини шатуна розточення відповідно до режимів різання зображено на рисунку 4.1.

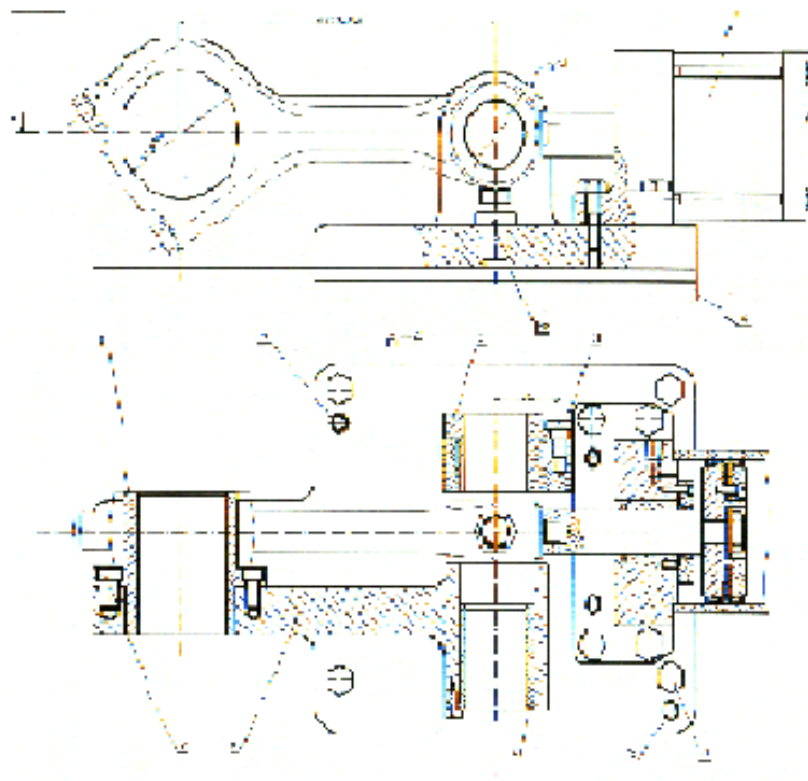


Рисунок 3.1 – Пристосування для виконання розточних і хонинговальних операцій

При розточуванні отвору найбільша сила яка діє на гвинт при затисканні складає $P = 1500 \text{ Н}$. Тому щоб забезпечити безвідмовну роботу пристрою треба розрахувати гвинт на міцність.

Визначення потрібного розміру для гвинта при всіх навантаженнях на нього визначаємо

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi[\sigma]_p}}, \quad (3.2)$$

де d – необхідний діаметр гвинта;

$P = 1500 \text{ Н}$ – діюча на гвинт сила;

$[\sigma]_p = 45 \text{ кг/мм}^2$ – напруження яке може витримати сталь 40.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1500}{3,1445}} = 23 \text{ мм.}$$

При цьому сила яка діє на гвинт направлена на його зріз. Розрахунки різьблення на міцність виконується по формулі

$$[\tau]_{cp} = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot l}, \quad (3.3)$$

де $l = 60 \text{ мм}$ – довжина різьблення гвинта.

$$[\tau]_{cp} = \frac{1500}{3,14 \cdot 23 \cdot 60} = 0,4 \text{ кг/мм}^2,$$

що припустиме.

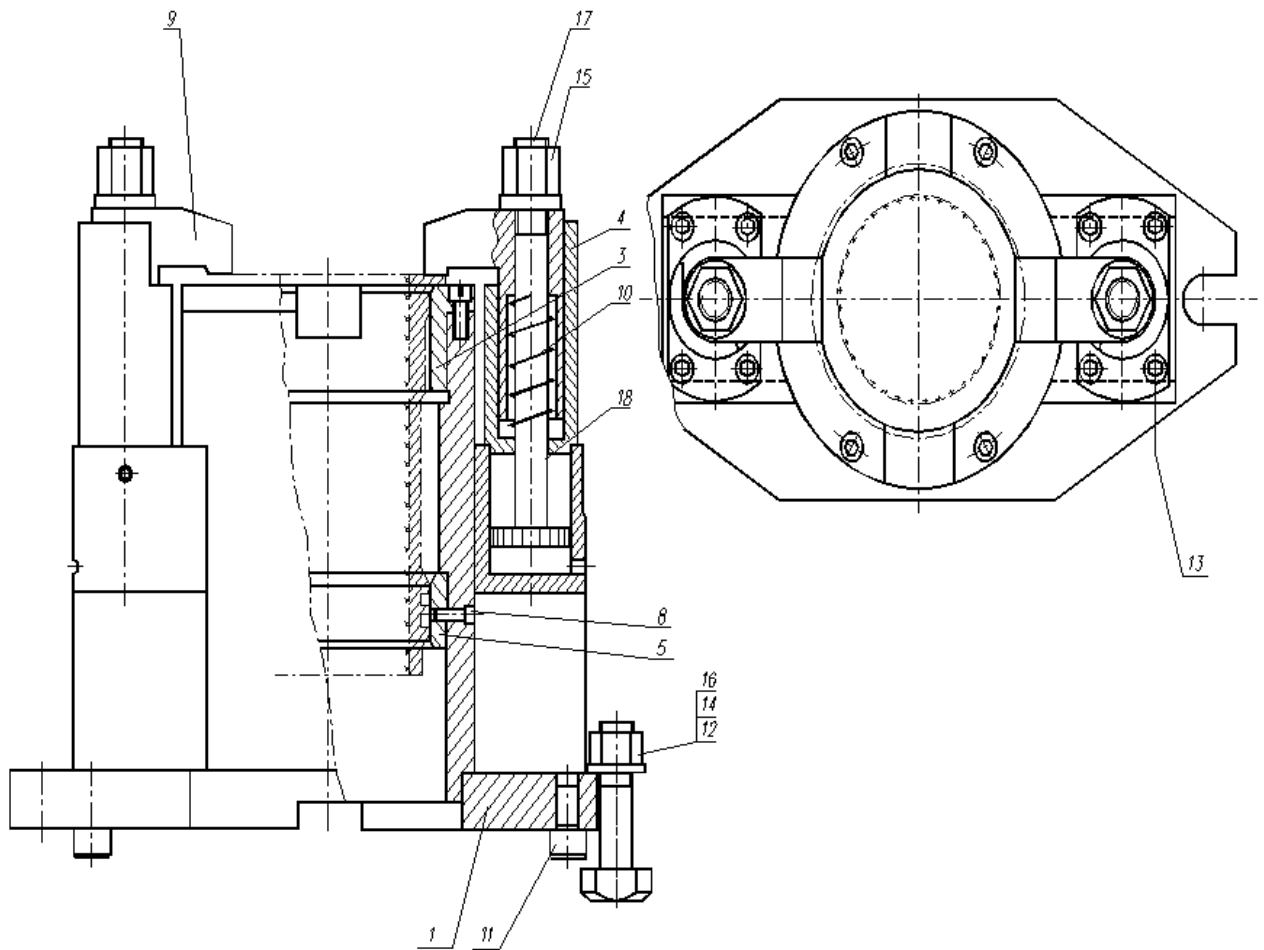


Рисунок 3.1 – Пристосування для закріплення гільзи циліндра

3.3 Пристосування для розгортання

Пристосування встановлюється на стіл вертикально-свердильного верстата. Кріплення шатуна виконується за допомогою штока пневмоциліндра й настановного оправлення, на яке насаджується нижній отвір шатуна. Пневматичний пристрій двосторонньої дії.

Розрахунки діаметра циліндра виконується по формулі

$$D = \sqrt{4Q/(\pi P\eta)}, \quad (3.4)$$

де $Q = 2500 \text{ Н}$ – зусилля кріплення;

$P = 0.4 \text{ Па}$ – тиск повітря в мережі;

$\eta = 0,8$ – ККД поршня.

$$D = \sqrt{4 \cdot 2500 / (3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,8)} = 103 \text{ мм.}$$

Згідно даним ДСТУ 3004-95 [1-4] приймаємо, що діаметр циліндра 100 мм.

3.4 Характеристика механізму

Основними характеристиками силового механізму пристосування для закріплення деталі є:

Сила затискання - це сила, яка утримує деталь у потрібному положенні. Сила затискання повинна бути достатньою для того, щоб забезпечити надійне закріплення деталі, але не повинна бути занадто великою, щоб не пошкодити деталь.

Чутливість - це здатність силового механізму точно регулювати силу затискання. Чутливість силового механізму повинна бути достатньою для того, щоб забезпечити точне закріплення деталі, навіть якщо деталь деформована або має нерівну поверхню.

Швидкість затискання - це час, необхідний для закріплення деталі. Швидкість затискання повинна бути достатньою для того, щоб забезпечити ефективну роботу пристосування, але не повинна бути занадто великою, щоб не пошкодити деталь.

Довговічність - це здатність силового механізму зберігати свої характеристики протягом тривалого часу. Довговічність силового механізму

повинна бути достатньою для того, щоб забезпечити надійну роботу пристосування протягом усього терміну служби.

Вибір силового механізму для пристосування для закріплення деталі здійснюється з урахуванням наступних факторів:

Вид деталі. Сила затискання, чутливість і швидкість затискання силового механізму повинні відповідати характеристикам деталі, яка буде закріплюватися.

Вид пристосування. Сила затискання, чутливість і швидкість затискання силового механізму повинні відповідати вимогам до пристосування, в якому він буде використовуватися.

Умови експлуатації. Сила затискання, чутливість і швидкість затискання силового механізму повинні відповідати умовам експлуатації пристосування.

Основні види силових механізмів, що використовуються в приладах для закріплення деталей, включають в себе:

Ручні механізми. Ручні механізми зазвичай застосовуються для закріплення деталей невеликої ваги і розміру. Ручні механізми прості в експлуатації і не вимагають додаткового обладнання.

Гідравлічні механізми. Гідравлічні механізми забезпечують високу силу затискання і можуть бути використані для закріплення деталей великої ваги і розміру. Гідравлічні механізми також характеризуються високою чутливістю і швидкістю затискання.

Пневматичні механізми. Пневматичні механізми забезпечують високу швидкість затискання і можуть бути використані для автоматичного закріплення деталей. Пневматичні механізми також характеризуються відносно низькою вартістю.

Електричні механізми. Електричні механізми забезпечують високу точність затискання і можуть бути використані для автоматичного закріплення деталей. Електричні механізми також характеризуються відносно низькою вартістю.

Вибір конкретного виду силового механізму здійснюється з урахуванням всіх факторів, що впливають на його роботу.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Огляд досліджень даної тематики

Існує кілька способів визначення ефективної потужності автотракторних двигунів. Найпоширенішим є гальмівний метод. Він полягає в тому, що до колінчастого валу двигуна прикладається зовнішній момент опору, який створюється гальмівним пристроєм. Двигун при цьому навантажується до номінального режиму роботи.

Метод гальмування володіє численними перевагами, включаючи високу точність, стабільність та тривалість режимів роботи двигуна. Крім того, цей метод дозволяє безпосередньо вимірювати та визначати показники ефективності та економічності.

Визначення ефективної потужності двигуна (N_e) здійснюється через вимірювання крутного моменту ($M_{кр}$), який виникає від руху двигуна при заданій частоті обертання (n).

$$N_e = M_{кр} \cdot \omega = M_{кр} \cdot (\pi \cdot n / 30) , \quad (4.1)$$

де ω – представляє кутову швидкість обертання вала двигуна у радіанах за секунду.

Гальмівний та вимірювальний пристрій утворюють спільну конфігурацію - гальмівний динамометр. В якості гальма може використовуватися сама машина-споживач, а не лише спеціальні гальмівні пристрої.

Перевага таких випробувних систем полягає у їхній здатності вимірювати як середні, так і миттєві значення крутного моменту. Для тестування автомобільних та тракторних двигунів зазвичай використовують гідравлічні та

електричні гальмівні системи, хоча у минулому також використовувались прості механічні гальмівні пристрої. Незважаючи на різноманіття конструкцій гальм, основу їх будови становлять ротор, що обертається разом із валом двигуна, та статор, який виконує кутові переміщення біля осі ротора, маючи балансовану підвіску.

Основними характеристиками гальм є гальмівна потужність N_g (в кіловатах), гальмівний момент M (в Ньютонах на метр) і допустима частота обертання ротора n (в обертах за хвилину).

Безгальмівні методи ґрунтуються на використанні механічних втрат у самому двигуні як навантаження, що поєднується з вимкненням частини циліндрів та використанням навантажувальних пристроїв.

Простий метод безгальмівної перевірки потужності базується на використанні механічних втрат у вимкнених циліндрах як навантаження для активних циліндрів. Потужність активних циліндрів при перевантаженні визначається частотою обертання колінчастого валу. Зараз цей метод застосовується для вимірювання потужності чотирициліндрових двигунів.

Встановлено, що за певних умов, таких як прогрівання двигуна до нормальної робочої температури та робота нового або відремонтованого двигуна, похибка даного методу не перевищує 5-6%.

Безгальмівний метод дозволяє оцінити потужність кожного циліндра окремо, що дає можливість діагностувати технічний стан двигуна. Цей метод простий у виконанні, не вимагає багато часу та обладнання, і може бути проведений швидко.

Для проведення безгальмівного методу необхідно знати номінальну потужність двигуна, яка вказується в керівництві з експлуатації, а також номінальну частоту обертання колінчастого валу при роботі на одному циліндрі. Для кожної марки двигуна експериментально встановлюється коефіцієнт

пропорційності, який використовується для розрахунку потужності кожного циліндра.

Недоліки безгальмівного методу випробування двигунів включають відносну неточність і обмежену область застосування. Метод можна використовувати тільки для чотирициліндрових дизельних двигунів. Для двигунів з більшою кількістю циліндрів метод не підходить. Шестициліндровий двигун не може працювати на одному циліндрі, а чотирициліндровий і шестициліндровий дизельні двигуни, що працюють на двох циліндрах, не можуть бути повністю навантажені.

Для дослідження потужності двигуна автомобіля та інших систем, що впливають на керуваність автомобіля, необхідно вимірювати параметри автомобіля під час руху. Дослідження методів вимірювання таких параметрів дозволяє розробляти більш ефективні системи управління автомобілем та розширювати їх можливості.

Безпека використання є важливою системною властивістю транспортних засобів. Безпека дорожнього руху залежить від технічного стану автомобіля. У звичайних умовах водій може не помічати зміни в стані автомобіля, але в екстремальних умовах, наприклад при обгоні, наявної потужності двигуна може бути недостатньо для безпечного виконання маневру. Підвищення автоматизації та комп'ютеризації експлуатації автомобілів, зокрема визначення ефективної потужності двигуна та маси автомобіля, дозволяє підвищити ефективність та безпеку руху для всіх учасників дорожнього руху.

Отже, удосконалення методів оцінки експлуатаційних характеристик автомобілів під час його руху є актуальним завданням.

Дослідженням методів визначення параметрів експлуатаційних характеристик автомобілів, зокрема потужності двигунів автомобілів, займалися багато вчених, зокрема В.А. Алилюєв, О.В. Бажинов, М.Я.

Говорущенко, Г.В. Веденняпін, Н.С. Жданівський, І.Я. Райков, В.П. Сахно, В.Н. Степанов, А.М. Туренко та ін.

Багато параметрів автомобіля, які використовуються в бортових системах безпеки, на сьогоднішній день можна визначити лише в стаціонарних умовах СТО. Однак значення таких параметрів, як ефективна потужність двигуна, маса автомобіля та миттєва витрата палива, можуть значно змінюватися під час руху. Для ефективної роботи бортових систем необхідно визначати ці параметри в реальному часі в дорожніх умовах.

Показано, що значна кількість параметрів автомобіля, які використовуються в роботі бортових систем, що допомагають водієві здійснювати безпечне керування автомобілем в різних умовах експлуатації, на даний час може визначатися в стаціонарних умовах СТО, де є відповідне стаціонарне обладнання. Значення таких параметрів, як ефективна потужність двигуна автомобіля, маса автомобіля, миттєва витрата палива варіюється під час експлуатації в широких межах. Для більш ефективної роботи бортових систем автомобіля значення вище зазначених параметрів необхідно визначати у конкретний момент часу у дорожніх умовах.

Стабільність експлуатаційних характеристик автомобілів залежить від того, як довго він працює.

Для оцінки напрацювання автомобіля використовують такі показники, як час роботи, пробіг, витрата палива, витрата запчастин та питомі експлуатаційні витрати. Однак найбільш точним і ефективним показником напрацювання є механічна робота, виконана двигуном з початку експлуатації або з моменту ремонту.

Серед бортових систем автомобілів є системи, які підвищують безпеку їх керування у змінних дорожніх умовах. Однією з таких систем є система запобігання зіткнення автомобілів при обгоні.

Огляд та аналіз робіт, присвячених цьому питанню, показали, що існуючі системи запобігання зіткнення автомобілів при обгоні не враховують деякі важливі фактори, такі як наявний запас потужності двигуна, поточне завантаження автомобіля та якість палива. Це знижує точність роботи таких систем.

Крім того, виявлено, що рівень інформування водія про безпеку обгону є недостатнім.

4.2 Розрахунок потужності двигуна

Метод визначення потужності двигуна автомобіля з попереднім проведенням вибігу більш точний, оскільки він враховує зміну технічного стану автомобіля під час його експлуатації. Однак цей метод вимагає періодичного проведення вибігу на горизонтальній ділянці дороги, що може бути не завжди можливим. У разі відсутності такої можливості можна використовувати метод визначення потужності без попереднього проведення вибігу, який є менш точним, але більш зручним.

Припустимо, що за малий проміжок часу Δt потужність двигуна залишається практично незмінною, тобто $N_e \approx \text{const}$. У цьому випадку вираз для визначення потужності двигуна можна записати у вигляді суми потужностей, що розвиваються двигуном на кожному кроці зміни часу Δt .

$$N_e = m_a \dot{V}_a V_a \left(1 + \frac{l_{np}}{m_a \cdot r_\partial^2} \right) + V_a \left[\frac{M_{TPCT}^C}{m_a \cdot r_\partial} + m_a g (f_0 \pm i) \right] + \frac{K_1}{r_\partial} V_a^2 + (kF + m_a g A f_0) \cdot V_a^3 \quad (4.2)$$

Із пврахуванням

$$N_e = C_1 \dot{V}_a V_a + C_2 V_a + C_3 V_a^2 + C_4 V_a^3 = \text{const}. \quad (4.3)$$

У алгоритм розрахунку, використовуючи відомі після вимірювання величини V_a , вводимо малі проміжки часу Δt . Для розрахунку однієї точки необхідно використовувати інтервал часу від t_0 до $t_0 + 4\Delta t$. У результаті отримуємо систему п'яти рівнянь, які не є симетричними.

$$\begin{cases} N_e = C_1 \dot{V}_{a1} V_{a1} + C_2 V_{a1} + C_3 V_{a1}^2 + C_4 V_{a1}^3 = \text{const} \\ N_e = C_1 \dot{V}_{a2} V_{a2} + C_2 V_{a2} + C_3 V_{a2}^2 + C_4 V_{a2}^3 = \text{const} \\ N_e = C_1 \dot{V}_{a3} V_{a3} + C_2 V_{a3} + C_3 V_{a3}^2 + C_4 V_{a3}^3 = \text{const} . \\ N_e = C_1 \dot{V}_{a4} V_{a4} + C_2 V_{a4} + C_3 V_{a4}^2 + C_4 V_{a4}^3 = \text{const} \\ N_e = C_1 \dot{V}_{a5} V_{a5} + C_2 V_{a5} + C_3 V_{a5}^2 + C_4 V_{a5}^3 = \text{const} \end{cases} \quad (4.4)$$

Розв'язавши систему лінійних алгебраїчних рівнянь (4.4), отримаємо шукані значення потужності двигуна $N_e = \text{const}$, а також коефіцієнтів C_1 , C_2 , C_3 , C_4 . Ці коефіцієнти характеризують такі характеристики автомобіля:

$$C_1 = m_a \left(1 + \frac{l_{np}}{m_a \cdot r_\partial^2} \right); \quad (4.5)$$

– при врахуванні сили опору

$$C_2 = \frac{M_{TPCT}^c}{r_\partial} + m_a g (f_0 \pm i); \quad (4.6)$$

– Показник в'язкого тертя в трансмісії - це параметр, який характеризує величину тертя між поверхнями деталей трансмісії, які рухаються відносно

один одного. Він залежить від багатьох факторів, таких як матеріали деталей, їхня форма, температура і швидкість руху.

$$C_3 = \frac{K_1}{r_\partial}; \quad (4.7)$$

– фактори аеродинамічного динамічного опорів

$$C_4 = kF + m_a g A f_0. \quad (4.8)$$

Розмір кроку Δt і часовий інтервал ΔT між відстанями вибираються таким чином, щоб розрахунки були достатньо точними.

$$\begin{cases} C'_1 \dot{V}_{a1} V_{a1} + C'_{a2} V_{a1} + C'_{a3} V_{a1}^2 + C'_{a4} V_{a1}^3 - 1 = 0 \\ C'_1 \dot{V}_{a2} V_{a2} + C'_{a2} V_{a2} + C'_{a3} V_{a2}^2 + C'_{a4} V_{a2}^3 - 1 = 0 \\ C'_1 \dot{V}_{a3} V_{a3} + C'_{a2} V_{a3} + C'_{a3} V_{a3}^2 + C'_{a4} V_{a3}^3 - 1 = 0 \\ C'_1 \dot{V}_{a4} V_{a4} + C'_{a2} V_{a4} + C'_{a3} V_{a4}^2 + C'_{a4} V_{a4}^3 - 1 = 0 \end{cases}, \quad (4.9)$$

то для вирішення поставленого завдання буде досить 4х рівнянь.

У рівняннях (4.8)

$$C'_1 = C_1 / N_e; \quad (4.10)$$

$$C'_2 = C_2 / N_e; \quad (4.11)$$

$$C'_3 = C_3 / N_e; \quad (4.12)$$

$$C'_4 = C_4 / N_e . \quad (4.13)$$

Для отримання результату необхідно визначити хоча б один із коефіцієнтів, що характеризують характеристики автомобіля. Найзручніше це зробити для коефіцієнта опору повітря, оскільки він не змінюється в процесі експлуатації.

4.3 Отримані результати

Мета випробувань – перевірити, чи відповідають теоретичні розрахунки потужності двигуна автомобіля реальним значенням потужності, яка визначається в процесі руху автомобіля.

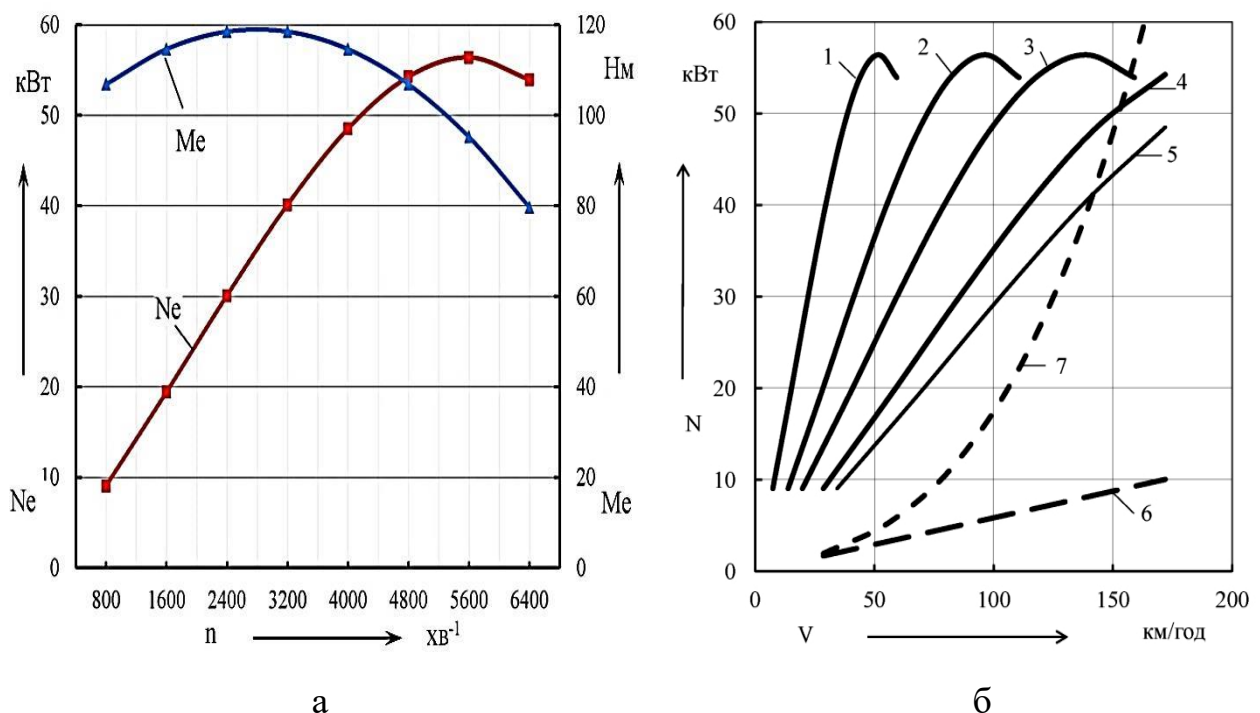


Рисунок 4.1 – Зображення силових характеристик автомобілів КрАЗ

N_e – ефективна потужність двигуна автомобіля; M_e – крутний момент двигуна;
 n – частота обертання колінчастого валу двигуна автомобіля, $1-5$ – ефективна
 потужність двигуна автомобіля при русі відповідно на 1-5 передачах, $N_{e1} - N_{e5}$;
 b – потужність що витрачається на подолання сумарного дорожнього опору,
 N_ψ ; 7 – потужність що витрачається на подолання сумарного
 дорожнього опору та опору повітря, $N_\psi + N_w$;
 a – зовнішня швидкісна характеристика; b – баланс потужності

Хід випробувань. У дорожніх експериментальних дослідженнях параметри руху автомобіля вимірювалися інерційними чутливими елементами (датчиками) в реальних умовах руху. На схемі показана установка трикоординатних давачів прискорень на кузові автомобіля.

Точність вимірювань поздовжнього прискорення автомобіля можна підвищити, якщо знімати дані з двох давачів і потім усереднювати отримані значення. Це пов'язано з тим, що випадкові помилки, пов'язані з кожним датчиком, в середньому компенсують одна одну.

У ході експерименту автомобіль розганявся до граничної швидкості 130 км/год, після чого зупинявся. Дані про розгін записувалися на змінний носій. Для компенсації впливу ухилу дороги заїзд повторювався в зворотному напрямку.

Другим етапом випробувань був інтенсивний розгін автомобіля на першій передачі з максимальною частотою обертання колінчастого валу двигуна 5600 хв-1. Після цього автомобіль зупинявся, і заїзд повторювався в зворотному напрямку для компенсації похибки від кутів ухилу дороги. Наступні два етапи випробувань повторювали перший, але розгін відбувався на другій і третій передачах відповідно. Початкова швидкість при розгоні на першій передачі становила 8 км/год, на другій – 14 км/год, на третій – 20 км/год. Під час випробувань в салоні автомобіля перебували водій і два

пасажирів загальною масою 240 кг. Час одного заїзду при вибігу становив 150-160 с, а при розгоні на 1-й - 3-й передачах – 25-30 с.

У процесі руху автомобіля реєструвалися такі показники:

Час руху t , у секундах.

Швидкість руху V , у метрах на секунду.

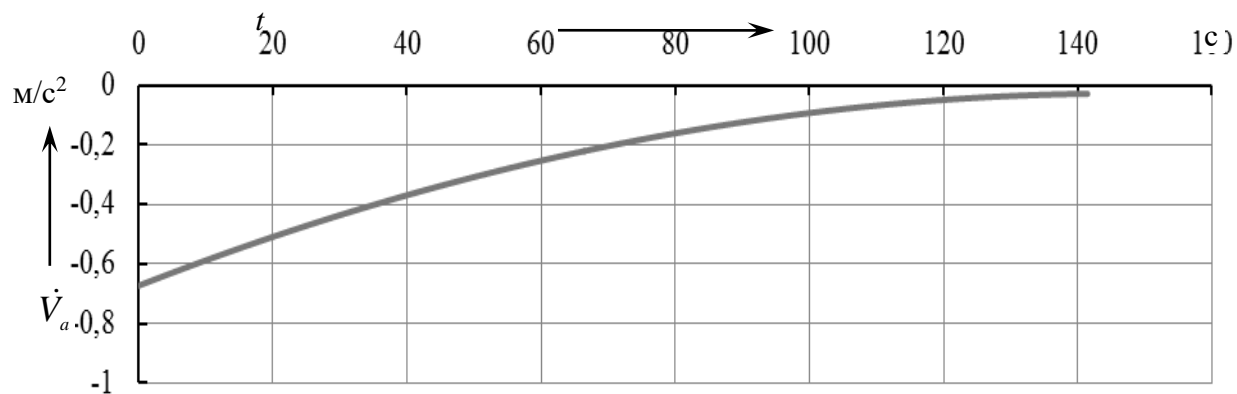
Код АЦП по осі ОХ з двох давачів, який потім конвертувався в поздовжні прискорення.

Результати випробувань реєструвалися безперервно за допомогою спеціальної програми. Ця програма одночасно записувала дані на жорсткий диск комп'ютера і візуалізувала процес випробувань.

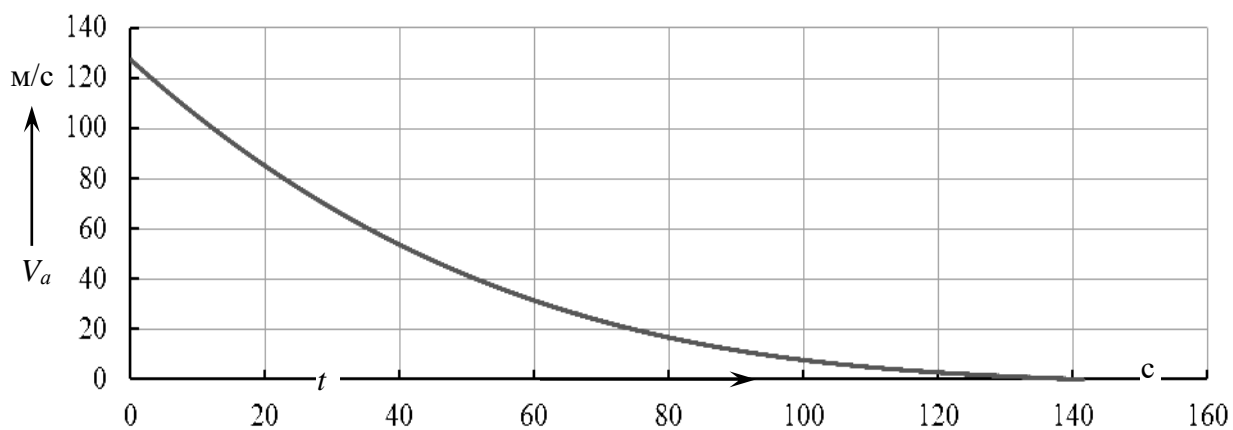
Опрацювання даних

У ході випробувань були отримані графіки, які показують, як змінюються поздовжнє прискорення і швидкість автомобіля в часі при вибігу (рис 4.2).

Під час випробувань були отримані графіки, які показують, як змінюється поздовжнє прискорення автомобіля в часі при розгоні на 1-й, 2-й і 3-й передачах (рис. 4.3). Для того, щоб зменшити коливання прискорення, було використано фільтр Баттерворта. Для визначення поточної швидкості автомобіля було проведено інтегрування значень поздовжнього прискорення за часом. На основі отриманих даних були побудовані графіки, які показують залежність поздовжнього прискорення автомобіля від швидкості при розгоні на 1-й, 2-й і 3-й передачах (рис. 4.4). Розгін здійснювався при максимальному натисканні на педаль акселератора.



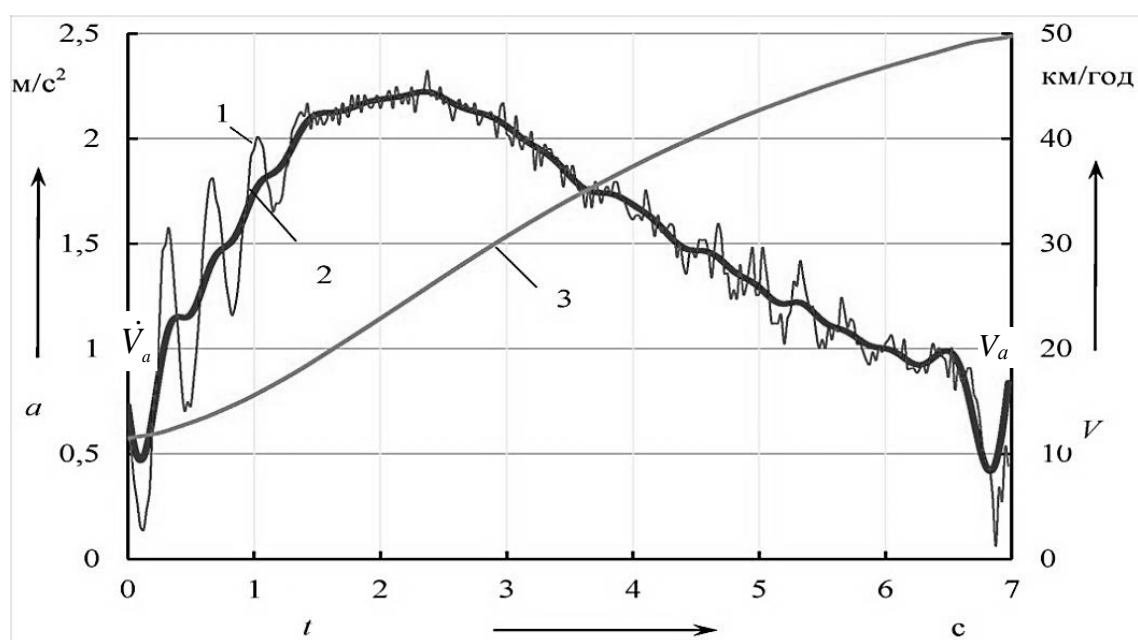
а)



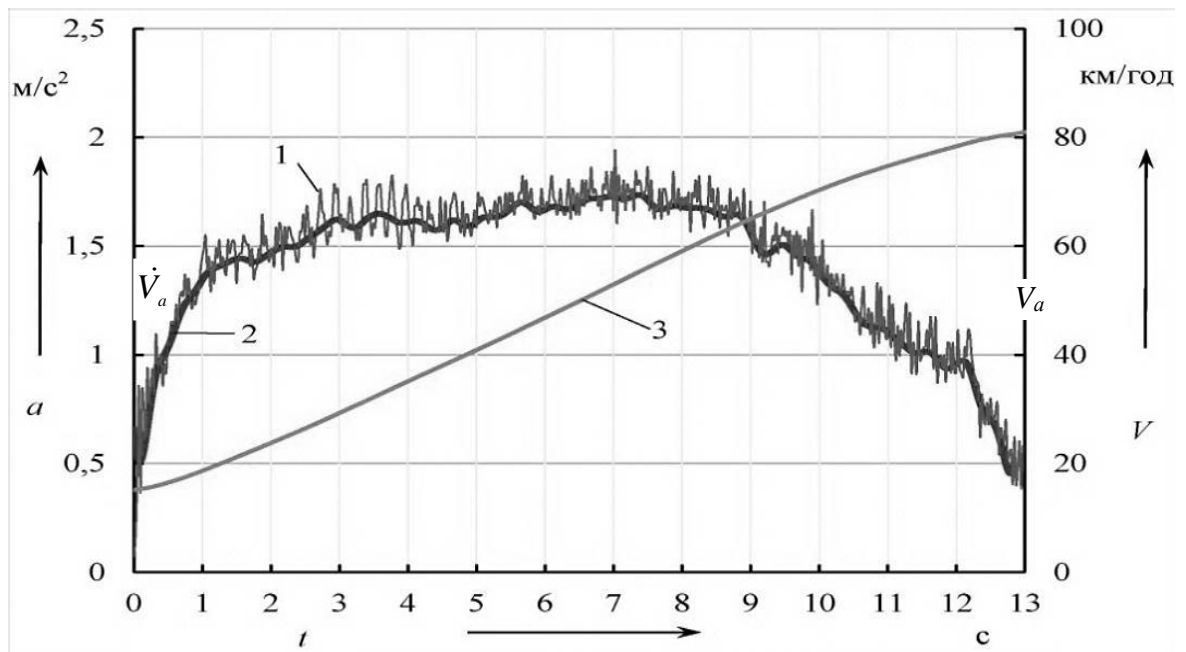
б)

а – взаємодія прискорення і часу; б – взаємодія швидкості і часу

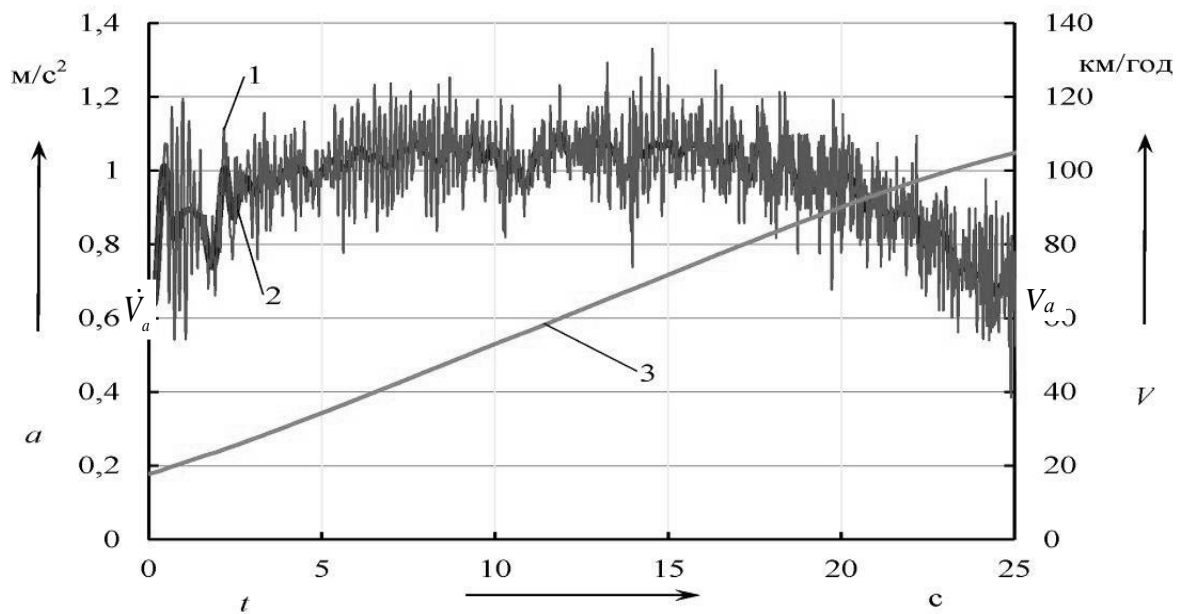
Рисунок 4.2 – Результати взаємодій швидкостей та прискорень авто КрАЗ



а)



б)

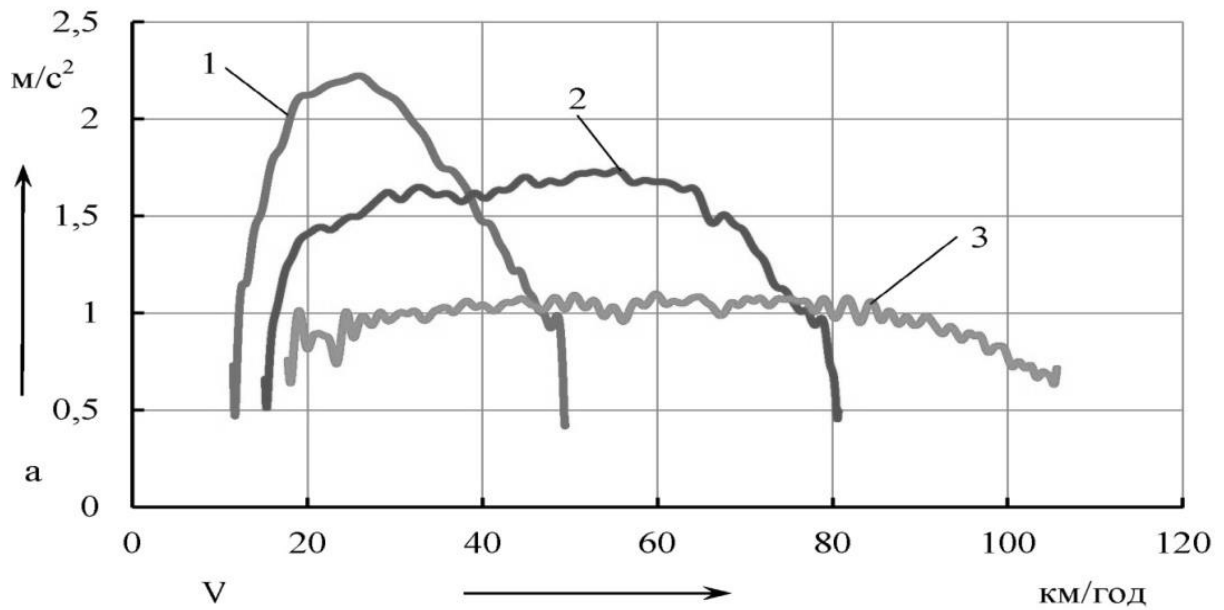


1 – результати показань датчиків; 2 – профільтовані результати;

3 – рух автомобіля лінійний

а, б та в – здійснення розгону на першій, другій і третій передачах

Рисунок 4.3 – Зміна прискорення авто від передачі та швидкості від час стадії розгону

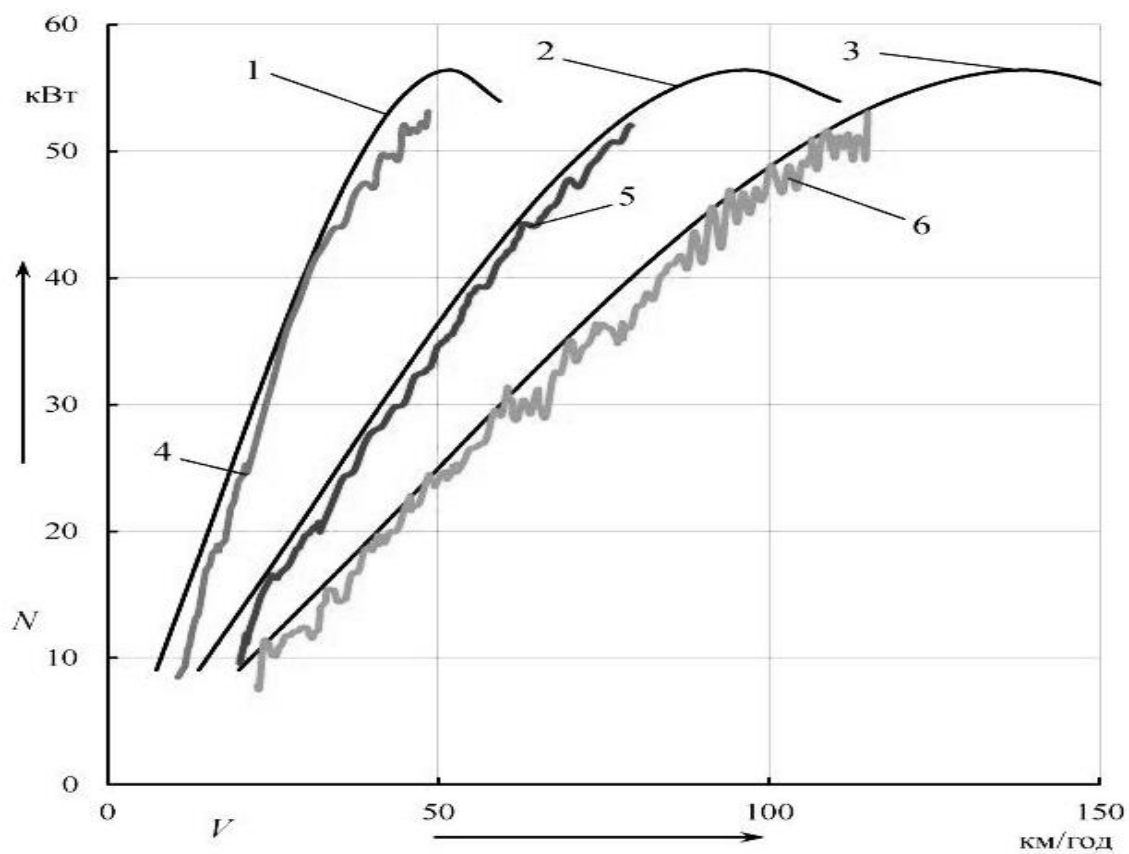


1 – прискорювання авто на 1-й; 2 – прискорювання авто на 2-й;

3 – прискорювання авто на 3-й передачах

Рисунок 4.4 – Результати взаємодії прискорення та швидкості

Відповідно до блок-схеми (рис. 2.1), були визначені коефіцієнти a_1 , a_2 , a_3 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 . За допомогою цих коефіцієнтів і рівняння (2.22) були отримані значення ефективної потужності двигуна при розгоні автомобіля на 1-й, 2-й і 3-й передачах. На основі отриманих результатів були побудовані експериментальні графіки залежності потужності двигуна від лінійної швидкості при розгоні на 1-й – 3-й передачах (рис. 4.5)



1-3 – дані отримані теоретичним способом на 1-3 передачах

4-6 – дані отримані експериментальним способом на 1-3 передачах

Рисунок 4.5 – Порівняння результатів теоретико-експериментальних даних силових характеристик швидкості

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Основні положення про охорону праці

У країнах миру, залежно від економічного розвитку й політичного положення, існують закони й нормативні документи, які повністю або частково захищають людину від небезпечних і шкідливих умов праці, забезпечують охорону його здоров'я. Соціально й законодавчо захищений людина зацікавлена у своїй праці, цінує свою роботу, яка дає йому можливість гідно існувати, підтримувати родину, годувати й виховувати своїх дітей.

Основним законодавчим документом у галузі охорони праці є Закон України “Про охорону праці”, дія якого поширюється на всі підприємства, установи, організації незалежно від форм власності й видів їх діяльності, на всіх громадян, які працюють, а також притягнуті до праці на цих підприємствах. Цей закон регулює участь відповідних державних органів у відносинах між власником підприємства, установи й організації або уповноваженим їм органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці й виробничого середовища й установлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

У даному законі передбачена нова система фінансування охорони праці, формування системи страхування від нещасних випадків і профзахворювань

5.2 Техніка безпеки

Забезпечення безпечної роботи на токарських верстатах. Затискні пристрої верстатів забезпечують надійне кріплення оброблюваних деталей.

Багатошпindelні, одношпindelні, токарно-револьверні й інші верстати, на яких для виготовлення деталей використовуються металеві прутки мають трубчасте огороження, у якому розміщують ці прутки.

Механізм кріплення патронів забезпечує надійний затискач і точне центрування інструмента. Для свердлення отворів у грузлих матеріалах використовуються спіральні свердли зі стружковідвідною канавкою. Оброблювані деталі встановлюють і закріплюють у лещатах, кондукторах і інших пристосуваннях, які обов'язково надійно укріплені на столі або плиті свердлильного верстата.

Забезпечення безпечної роботи на фрезерних верстатах. Верстати обладнані швидкодіючими гальмовими пристроями. Частина фрези, яка не стикається з поверхнею оброблюваної деталі, обгороджений зручним в експлуатації огороженням.

Крани в цілому і їх окремі елементи зазнали статистичним випробуванням, при навантаженні на 25% перевищуючу номінальну вантажопідйомність механізму.

Знімні вантажопідйомні засоби (стропи, кліщі, ланцюги й траверси) випробували навантаженням на 25% перевищуючої їхню номінальну вантажопідйомність.

Лебідка, що самотормозящиеся тал обладнана черв'ячною передачею, що домкрати випробувані навантаженням на 10% перевищуючої номінальну вантажопідйомність.

Забезпечення безпечної експлуатації посудин працюючих під тиском.

Усі балони пройшли спочатку гідравлічне випробування пробним тиском, а потім пневматичне випробування робочим тиском із зануренням балона у воду для виявлення можливого витіку.

Запобіжні клапани по кількості, розмірі й пропускної здатності підбрані так, щоб тиск у посудині зміг перевищити робоче на 15% для посудин з тиском від 0,9 до 6 МПа.

5.3 Охорона навколишнього середовища

Фактори, що шкідливо впливають на навколишнє середовище можливі на проєктованому підприємстві:

– викиди в атмосферу шкідливих і отруйних речовин (свинець, марганець, озон, хлор, пар соляної кислоти, аміак, фосген газів, що відробили, ацетон, пар бензину й ін.);

– влучення в ґрунт і ґрунтові води шкідливих і отруйних речовин (неочищених стічних вод, нафтопродуктів, кислот, лугів і ін.).

Таблиця 5.1 – Шкідливі, небезпечні, пожежонебезпечні фактори, що несприятливо впливають на людину й навколишнє середовище заходу щодо забезпечення захисту від них на проєктованому підприємстві

№	Фактори	Заходи
1	2	3
1	Металевий пил	Удосконалювання технологічних процесів (пилеутворюючі речовини роблять вологими). Автоматизація техпроцесу. Застосування місцевої вентиляції. Індивідуальні засоби захисту.
2	Вібрація	Дистанційне керування. Віброізоляція (фундамент верстатів зведений на пружних прокладках, віброізолюючі опори).

3	Шум	Засобу індивідуального захисту. Дистанційне керування будівельно- акустичні заходи.
4	Електричний струм	Заземлення. Ізоляція. Гумові килимки. Огородження й блокування.
5	Механізми, що рухаються машини й	Світлофори, розмітка шляхів. Сигнальні пристрої. Різні огороження.
6	Шкідливі речовини	Застосування ефективної системи вентиляції, системи фільтрів, кондиціонерів, індивідуальних засобів захисту.
7	Недостатнє висвітлення	Використання сполученого висвітлення (природнього й штучного). Дотримання всіх норм по освітленості.
8	Пожежа	Використання ефективної системи пожежогашіння й попередження пожеж.
9	Іонізуюче випромінювання	Використання стаціонарних і пересувних захисних екранів. Дотримання заходів безпеки.
10	Поразка блискавкою	Використання систем громозахисту
11	Поразка від розриву знімних вантажопідйомних засобів	Дотримання техніки безпеки. Періодичні випробування ПТМ
12	Поразка від витоку з посудин працюючих під тиском	Проведення своєчасного огляду й випробувань. Дотримання техніки безпеки.

Заходу, початі на проєктованому підприємстві, для зниження небезпечних факторів:

- застосування технологічних процесів і встаткування, що знижують утвір шкідливих речовин;
- заміна токсичних речовин на нетоксичні;

- застосована надійна герметизація встаткування, у якому перебувають шкідливі речовини;
- оснащення підприємства ефективною системою вентиляції;
- застосування запалі й туманоутворювачі;
- зберігання шкідливих і отруйних речовин у спеціалізованих, захищених приміщеннях;
- застосування механічних, хімічних і біологічних систем очищення стічних вод;
- застосування відстійників, нафтопасток, гідроциклонів, флотационних установок.

5.4 Розрахунки контуру заземлення

Захисне заземлення повинне забезпечувати усунення небезпеки поразки електричним струмом у випадку дотику людей до неструмоведучих металевих частин устаткування, коли вони через несправності електроустановок виявляться під напругою.

Розрахунки захисного заземлення проводиться в наступному порядку:

Визначаємо нормовану величину опору заземлюючого пристрою R_n .

Ухвалюємо $R_n = 4$ Ом.

Питомий опір ґрунту, у якому встановлюються заземлювачі, визначається по формулі:

$$\rho_{расч} = \psi \cdot \rho, \quad (5.1)$$

де ψ – коефіцієнт, що враховує кліматичні умови, $\psi = 1,4 \div 2,0$.

Ухвалюємо $\psi = 1,4$;

ρ – обмірюваний питомий опір ґрунту, ухвалюємо ґрунт – глину, для глини $\rho = 0,5 \cdot 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

$$\rho_{\text{расч}} = 1,6 \cdot 0,5 \cdot 10^2 = 0,8 \cdot 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Для контуру заземлення вибираємо штучний заземлювач – трубу $\varnothing 50 \text{ мм}$, довжиною $l=3 \text{ м}$, товщина стінки 5 мм . Поглиблення труби в ґрунт на $t=2 \text{ м}$.

Смуга зв'язку – сталева, ширина смуги $b=40 \text{ мм}$.

Розраховуємо опір одиночного заземлювача R_0 по формулі:

$$R_0 = \frac{\rho_{\text{расч}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{r_0} + \frac{l}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot l + 7 \cdot t}{l + 7 \cdot t} \right), \quad (5.2)$$

$$R_0 = \frac{0,8 \cdot 10^2}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,025} + \frac{3}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 3 + 7 \cdot 2}{3 + 7 \cdot 2} \right) = 26 \text{ Ом}.$$

Орієнтовне число одиночних заземлювачів визначається по формулі

$$n = \frac{R_0}{R_n \cdot \eta_0}, \quad (5.3)$$

$$n = \frac{26}{4 \cdot 2} = 3,25.$$

Слід побрати 4 труби, щоб виконати умова $R_0 < R_n$.

Труби розташовуємо в ряд з інтервалом 3 м, тоді відношення відстані між заземлювачами до їхньої довжини $a = a/l = 3/3 = 1$. При цьому коефіцієнт використання заземлювачів $\eta_i = 0,85$.

Опір вертикальних заземлювачів, які становлять контур, визначається по формулі

$$R_g = \frac{R_n}{n \cdot \eta_0} \quad (5.4)$$

$$R_g = \frac{26}{4 \cdot 0.85} = 7.6 \text{ Ом}.$$

Коефіцієнт використання сполучної смуги при $n = 4$, $a/l = 1$ становить 0,77. Довжина смуги зв'язки для 4 труб, розташованих з інтервалом 3м становить $L=9$ м

Опір смуги визначається по формулі

$$R_n = \frac{\rho_{расч}}{\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{1.5 \cdot L}{\sqrt{b \cdot t}}, \quad (5.5)$$

$$R_n = \frac{0.8 \cdot 10^2}{3.14 \cdot 9} \cdot \ln \frac{1.5 \cdot 9}{\sqrt{0.04 \cdot 2}} = 9.9 \text{ Ом}.$$

Опір сполучних смуг з урахуванням коефіцієнта використання, визначається по формулі

$$R_{nu} = \frac{R_n}{\eta_n}, \quad (5.6)$$

$$R_{nu} = \frac{9.9}{0.77} = 12.86 \text{ Ом.}$$

Загальний опір контуру визначається зі співвідношення:

$$R_o = \frac{R_e \cdot R_n}{R_e + R_n}, \quad (5.7)$$

$$R_o = \frac{7.6 \cdot 9.9}{7.6 + 9.9} = 4.3 \text{ Ом.}$$

Опір заземлюючого пристрою для установок менш 1000 У и потужність менш 100 кВа не повинне перевищувати 10 Ом, а для електроустановок напругою більш 100 кВа – 4 Ом. У цьому випадку потужність споживача менш 100 кВа, отже, розрахований загальний опір контуру відповідає вимогам СН 102-76.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано способи відновлення деталей двигуна автомобіля КрАЗ-5233.
2. Примінено удосконалений технологічний процес для відновлення деталей двигуна.
3. Спроектовано технологічне обладнання для примінення у процесі відновлення основа для фіксації і центрування.
4. Проведено визначення силових характеристик двигуна після відновлення деталей і отримано порівняльні параметри.
5. Примінено основні засади по охороні праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Конспект лекцій з дисципліни «Автомобілі. аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для студентів всіх форм навчання за напрямком підготовки «Автомобільний транспорт» / М.Г. Левкович, Ю.І. Пиндус, В.О. Тесля, П.В. Босюк Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2016. – 242 с.
2. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
3. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт».- Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.
4. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. / С. І. Маркович, О. В. Бевз ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 334 с.
5. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. - Київ: Знання-Прес, 2007. - 527с.

6. Оптимізація руху автомобіля при врахуванні дорожніх умов та технічного стану автомобіля / В.О. Тесля, М.Д. Сіправська // Матеріали XVI-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023. – ВНТУ Вінниця. – 2023. – С. 347-348
7. Конспект лекцій з дисципліни “Діагностика автомобілів” для студентів спеціальності 274 “Автомобільний транспорт” усіх форм навчання / Тесля В.О., Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 296 с
8. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з курсу «Основи технології діагностики автомобілів», Частина 1 “Діагностування систем двигуна” для студентів - спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» всіх форм навчання. / М.Д. Радик, В.О. Тесля, П.В. Босюк, М.Г. Левкович. – м. Тернопіль. – ТНТУ – 2018. – 44 с.
9. Масштабний фактор при діагностуванні трибологічної надійності транспортних засобів / В.В. Аулін, О.Л. Ляшук, А.Б. Гупка, В.О. Тесля // «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»: XVI Міжнародна науково-практична конференція, 23-25 жовтня 2023, м. Вінниця : - Вінниця : ВНТУ, 2018. - С. 49-52.
10. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Наплавлення та напилення» / Ч.В. Пулька, В.Д. Кузнецов, Д.В. Степанов, В.С. Сенчишин. – Тернопіль.: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. –59 с.

11. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С. Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. – 156 с.
12. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.
13. ДСТУ 3004-95 Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Наказ № 31 від 25.01.1995 року.