

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Удосконалення технологічного процесу ремонту  
кривошипно-шатунного механізму двигунів внутрішнього  
згорання»**

Виконав: студент IV курсу групи Ат-23 СП  
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Павло САЧКОВСЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2023

УДК 656.075

Сачковський Павло Ігорович. Удосконалення технологічного процесу ремонту кривошино-шатунного механізму двигунів внутрішнього згоряння. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2023. 63 с.

Табл. 5; рис. 14; бібліогр. джерел 20.

Проведено літературний огляд й визначено основні типи двигунів, будову, основні конструктивні елементи, їх переваги та недоліки. Визначено основні показники функціонування дільниці ремонту двигунів необхідно, зокрема обґрунтовано основні види та фронт робіт, визначено кількість штатних та виробничих працівників, сформовано перелік обладнання, розраховано площі виробничих приміщень.

Проведено аналіз технологій ремонту двигунів та обладнання, яке для цього використовується. Встановлено, що технологічно ефективними є пристрій для ремонту шатунів з змінними оправками. Обґрунтовано й запропоновано додаткову оснастку для ремонту шатунів, а саме ручний запресовувач .

Наведено розрахунки основних техніко-економічних показників дільниці ремонту двигунів після її розширення.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. РОЗДІЛ 1	
СТАН ПИТАТАННЯ ТА АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	9
1.1. Принцип роботи двигуна внутрішнього згорання .....	9
1.2. Аналіз конструктивних особливостей ДВЗ .....	12
1.3. Будова та принцип роботи КШМ .....	15
Висновки за розділом.....	24
2. РОЗДІЛ 2.	
РОЗРОХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ СТО .....	25
2.1. Виробнича програма ТО і ремонту на СТО .....	25
2.2. Визначення кількісних показників виробничої програми СТО .....	27
2.3. Визначення чисельності робітників на дільниці ТО і ремонту двигунів .....	30
2.4. Визначення кількості постів з ТО і ПР на дільниці ТО і ремонту двигунів .....	31
2.5. Вибір технологічного обладнання для на дільниці ТО і ремонту двигунів .....	31
2.6. Розрахунок площі дільниці ТО і ремонту двигунів.....	34
Висновки за розділом.....	35
3. РОЗДІЛ 3.	
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	36
3.1. Розробка технологічного процесу ремонту шатуна .....	36
3.2. Маршрутна технологічна карта ремонту шатуна .....	38
3.3. Операційна карта ремонту шатуна .....	40
3.4. Обґрунтування розробки .....	40
3.5. Пристрій для ремонту шатунів .....	43
3.6. Розрахунок міцності елементів болтових з'єднань пристрою.....	46
Висновки за розділом.....	46
4. РОЗДІЛ 4.	
Безпека життєдіяльності .....	48
4.1. Виробнича санітарія та гігієна праці на СТО.....	48
4.2. Вентиляція приміщення дільниці ТО і ремонту двигунів.....	50
4.3. Освітлення приміщення дільниці ТО і ремонту двигунів.....	52
4.4. Техніка безпеки і електробезпека на дільниці ТО і ремонту двигунів.....	53
Висновки за розділом.....	54
5. РОЗДІЛ 5.	

	5
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	55
5.1. Визначення розміру капіталовкладень для впровадження технології ремонту .....	55
5.2. Визначення собівартості ремонту шатуна .....	55
5.3. Розрахунок показників економічної ефективності проекту.....	57
Висновки за розділом.....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	59
Список використаних джерел.....	61

## ВСТУП

З часу винаходу колеса та конструкції колісного транспортного засобу використовувалися різні джерела керувати цим транспортним засобом. Спочатку використовувалася сила м'язів людини і тварин і сила природи. У 17 і 18 століттях шукали механічне джерело руху транспортних засобів, з часом названий двигун. Сприяв розробці двигуна внутрішнього згорання судовий учений Король Людовик XIV - Крістіан Гюйгенс, геніальний фізик і математик з Нідерландів. Він створив основи теорії, яку багато років потому розвинув Ніколас Отто двигун внутрішнього згорання. У 1673 році Гюйгенс створив машину для закачування води в королівські сади. Він підпалив порох в її циліндрі, і в результаті внаслідок вибуху газу штовхнули вгору розміщений у ньому поршень. Система просто запрацювала один раз, тому що після цього в циліндрі більше не було порошку. Але цей перший рух поршня, який згідно Принцип конструкції двигуна слід назвати силовим тактом, це був значний крок до створення двигуна внутрішнього згорання. У 1782 році Джеймс Уатт успішно використав пару для приводу поршня у паровій машині, започаткувавши епоху промислової революції. Наявність парових машин двигуни зовнішнього згорання, що характеризуються низьким ККД і великою вагою, і, крім того, вони вимагали носіння великих парових котлів і необхідного запасу палива (вугілля або дрова) і вода. Тому інтерес конструкторів швидко повернувся до концепції теплового двигуна внутрішнього згорання, тобто двигуна внутрішнього згорання перетворення тепла, що виділяється при згорянні паливно-повітряної суміші всередині циліндра праці до механічної роботи. Друга половина 19 століття принесла багато спроб побудувати двигуни внутрішнього згорання призначений для руху автомобіля. Після багатьох років праці в 1877 році німецький конструктор Ніколас Август Отто разом з Ойгеном Лангеном отримали патент на перший чотиритактний газовий двигун. У своїй конструкції Отто реалізував тепловий цикл із згоранням при постійному обсязі. Двигун Отто

приводився в дію світловим газом і є першою моделлю сьогоденного чотиритактного двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням (SI). У 1879 році

У 1882 році з'явилися перші бензинові двигуни, а потім Готліб Даймлер і Вільгельм у 1882 році [1], [2], [4].

Мауbach створює невелику компанію з виготовлення бензинових двигунів. Через рік Мауbach отримав патент на високошвидкісний двигун з небувалою частотою обертання. 900 об/хв. Він використовував запалювання з калильною трубкою та газорозподільний механізм. У 1885 році Майбах винайшов поплавковий карбюратор. У той же самий Карл Бенц отримав патент на перший у світі «автомобіль» і почав водити з цим триколісним транспортним засобом, оснащеним двигуном об'єму циліндрів 900 куб і потужністю 0,65 кВт при 400 об/хв. Мала потужність одноциліндрових двигунів стала причиною поступового будівництва багатциліндрових двигунів. Він створив перший чотирициліндровий карбюраторний автомобільний двигун у 1888 році Фердинандовий ліс. В останні роки 19 століття значний прогрес у будівництві двигуни з іскровим запалюванням. Альберт де Діон створив установку, яка використовує іскру висока напруга, створена індукційною котушкою та вимикачем низького рівня Напруга. Ця установка стала прообразом сучасного акумуляторного запалювання. У 1892 році Рудольф Дизель запатентував принцип роботи двигуна внутрішнього згорання із запалюванням від стиснення (CI), що використовує високий тиск стиснення. Дизель реалізував свою ідею в 1897 році, коли побудував і запустив двигун, в якому чисте повітря, що наповнює циліндр, стискалося до такого тиску, що в кінці ходу, температура викликала самозаймання впорскованого палива. У першому двигуні паливом самозаймання був вугільний пил, який використовувався для розпилення механічний компресор, що створює тиск приблизно 6 МПа. У наступних версіях двигуна дизельне паливо було сировою нафтою, а потім дизелем. Проривом у виробництві дизельних двигунів стало використання двигуна, розробленого

Робертом Бошем у 1922 році. поршневий ТНВД. З перших же моделей двигунів конструктори прагнули до збільшення їхню силу. Він подав перший патент на надув двигуна внутрішнього згоряння в 1897 році Француз Поль Даніель, але перші двигуни з надувом почали використовувати лише понад 20 років тому років потому[1], [2], [4].

## РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1 Принцип роботи двигуна внутрішнього згорання

Принципові схеми роботи чотиритактних двигунів з іскровим запалюванням розроблені Рудольфом Дізелем і Ніколасом Отто не змінилися, дивлячись на те, що з моменту патентування минуло більше 100 років. Не зважаючи на конструкцію її ще вдосконалюють окремі системи двигуна та використання кращих конструкційних і експлуатаційних матеріалів, параметри, що моніторять результати їх роботи, зростають більш сприятливо.

В більшості основним джерелом механічного приводу для автомобілів є поршневий тип двигуна. У двигуні відбувається обмін хімічною енергією, що присутній в паливі для механічної енергії. Робочим тілом двигуна є газ, які створюються в результаті згорання палива в циліндрі двигуна. Одержана таким чином тепла енергія в результаті впливу вихлопних газів на рухомий поршень вона перетворюється в механічну енергію. Перетворення тепла в механічну енергію відбувається у середині циліндра де згоріло паливо, звідки пішла назва - двигун внутрішнього згорання.

Поршневий двигун внутрішнього згорання не є ідеальним джерелом руху, але в порівнянні з іншими двигунами (паровими, електричними) немає недоліків, що перешкоджають його використанню в транспортних засобах, і його переваги значні.

До основних переваг поршневого двигуна внутрішнього згорання можна віднести:

- відносно високий загальний ККД порівняно з паровими двигунами,
- легкий запуск двигуна і короткий час досягнення стану готовності до роботи,
- короткий час поповнення енергії (палива),
- подача палива з високим вмістом енергії на одиницю маси.



Основним недоліком поршневого двигуна внутрішнього згорання є непостійність його характеристик з вимогами автомобіля до тяги.

Несприятливі характеристики крутного моменту крутний момент, занадто високі значення швидкості обертання і занадто низькі значення крутного моменту змушують використовувати додаткові пристрої в системі приводу автомобіля - наприклад, коробку передач. Необхідно завести поршневий двигун підведення механічної енергії ззовні для отримання мінімальної частоти обертання пуску (необхідне використання стартера). Поршневі двигуни внутрішнього згорання стабільно працюють лише при певній швидкості обертання, отже, у нерухомому стані. Під час роботи двигуна необхідно використовувати зчеплення, щоб забезпечити плавне включення двигуна з системою приводу автомобіля та її відключенням. Проблемою масового використання двигунів внутрішнього згорання є також негативний вплив вихлопних газів на природне середовище. Однак, незважаючи на численні недоліки, поршневі двигуни внутрішнього згорання існують вже понад 100 років основне джерело тяги автомобіля Основними критерієм їх поділу є спосіб здійснення циклу енергетичних перетворень. Цикл - робота в циліндрі поршневого двигуна може бути проведена за один або два рази обертання колінчастого вала. Оскільки за один оберт колінчастого вала поршень робить два зрушення (такти) між крайніми положеннями, поршневі двигуни можуть бути розділити на:

- двотактний - здійснення робочого циклу за один оберт колінчастого вала,
- чотиритактний - здійснення робочого циклу протягом двох обертів колінчастого вала.

В даний час для руху транспортних засобів використовуються майже виключно чотиритактні двигуни, тому подальший поділ включає тільки цю групу двигунів.

За способом запалювання поршневі двигуни внутрішнього згорання поділяються на:

- двигуни з іскровим запалюванням (ІЗ) – займання стисненої паливно-повітряної суміші, в камері згоряння відбувається від зовнішнього джерела енергії, тобто від електричної іскри, що утворюється між електродами свічки;

- двигуни із запалюванням від стиснення (ДЗЗ) - автоматичне займання (самозаймання) суміші горіння відбувається в результаті впорскування палива в сильно стиснене повітря з високим тиском і температури; через високий тиск стиснення ці двигуни ще називають - дизельні двигуни;

Двигуни з іскровим запалюванням (ЗІС) – в якому основним способом запалювання суміші є іскрове запалювання, але за певних умов умови праці, та з частково самозаймання. Отже, це двигун іскрово-компресійного запалювання.

За способом подачі робочого тіла двигуни ЗІ, ЗС і ЗІС можуть бути:

- без наддуву, якщо заряд надходить у циліндри за рахунок різниці тиску в циліндрі (вакуум) і навколишнє середовище (атмосферний тиск);

- наддувний, якщо повітря перед надходженням у циліндр попередньо стискається - це збільшує різницю тиску між тиском у циліндрі (вакуум) і тиском заряду поза циліндром (надлишковий тиск) і краще наповнює циліндри свіжим повітрям.

За типом використовуваного палива розрізняють такі види дизельних двигунів:

- рідина,
- газ.

Основним рідким паливом, що використовується в двигуні СІ, є бензин. Все частіше він також частіше використовує суміш пропан-бутан (LPG). Є дизельні двигуни працює переважно на рідкому паливі, яким є дизель. За способом створення горючої суміші двигуни СІ, що працюють на рідкому паливі, поділяються на:

- карбюратор;
- інжектор.

У карбюраторному двигуні горюча суміш утворюється в пристрої, який називається карбюратором, за допомогою вакууму у впускній системі двигуна. Повітря, що протікає через горловину карбюратора, всмоктує паливо з його поплавкової камери, створюючи горючу суміш. Цей спосіб створення суміші не використовується з половини у 1990-х роках у серійних автомобілях, але може виникнути у старих моделях автомобілів, які все ще використовуються.

У інжекторному двигуні SI паливо впорскується у всмоктуване повітря для створення горючої суміші. Впорскування палива може бути спрямоване у впускний колектор (непряме вприскування) або в циліндри двигуна (безпосереднє вприскування).

У газових двигунах SI горючу суміш можна отримувати в змішувачі (аналогічно карбюратору) або впорскуванням газу у всмоктуване повітря. Важливою критерієм поділу дизельних двигунів є тип використовуваної камери згоряння.

Двигуни CI розрізняють:

- з непрямым уприскуванням (інші відомі як двигуни з розділеними камерами згоряння),
- безпосереднє вприскування (інакше відомі як двигуни з нерозділеними камерами згоряння).

## **1.2 Аналіз конструктивних особливостей ДВЗ**

Будова системи поршневого двигуна.

Поршневий двигун внутрішнього згоряння складається з систем і механізмів, які, працюють разом і визначають наслідки роботи двигуна.

Вузлами і системи поршневого двигуна такі:

- кривошипно-шатунний механізм,
- газо-розподільний механізм,
- головка блока циліндрів,

- блок,
- система змащення,
- система запалювання,
- система живлення,
- охолоджувальна система,
- впускна система,
- випускна система,
- електричне обладнання.

Кривошипно-шатунний механізм слугує для перетворення зворотно-поступального руху поршня в обертовий рух колінчастий вала. Поршні які зв'язані через шатун з колінчастим валом, що працюють в циліндрах, перетворюють енергію, що міститься в газах від процесу згорання паливної суміші. Через шатун поршень передає крутний момент на колінчастий вал, а через маховик передається до інших вузлів трансмісії.

Газо-розподільний механізм відповідає за обмін палива в циліндрі, заповненням циліндрів свіжим паливом і випуску від вихлопних газів. У чотиритактних двигунах в газо-роздільному механізмі, у якому виконавчими елементами є впускні і випускні клапани [2], [10], [19].

У сучасних двигунах використовується верхнє розташування газо-роздільного механізму, у якій розташування клапанів знаходиться в головці двигуна. Клапана приводяться в дію розподільним валом або рокерами, з приводом від колінчастого вала зубчастим ременем або ланцюгом.

Головка блока циліндрів закриває циліндри двигуна зверху і містить елементи інших системи (ГРМ, живлення, змащення, охолодження).

У блоці розташовані рухомі елементи кривошипно-шатунного та газорозподільного механізму з каналами та отворами для моторного масла та охолоджуючої рідини.

З зовнішні корпус використовуються для кріплення вузлів і агрегатів двигуна, а окремі ділянки корпусу використовуються для кріплення двигуна в автомобілі.

Система змащування подає оливу до третювих поверхонь двигуна, щоб зменшити тертя, знос і охолодити двигун. У чотиритактних двигунах використовується циркуляційна система змащування, масло циркулює в системі під тиском що подається масляним насосом до третювих поверхонь.

Система запалювання слугує в бензинових двигунах для займання пальної суміші в циліндрах двигуна також містить джерело електричної енергії для свічки запалювання, іскра запалює паливну суміш у циліндрі в потрібний момент.

Система живлення подає паливо в потрібній кількості для створення горючої суміші. Тип і конструкція системи залежить від типу двигуна і палива, для якого він використовується (бензиновий, дизельний). У сучасних дизельних і бензинових (SI) двигунах є впорскування палива під тиском у повітря. У двигуні SI впорскування палива має забезпечити створення паливної суміші, яка буде займатися енергією від іскри свічки, а у дизельному двигуні впорскування палива ZS дає можливість отримати самозаймисту суміш.

Система охолодження підтримує оптимального температурного режиму компонентів двигуна. В залежності від використання теплоносія розрізняють такі системи охолодження:

- рідина,
- повітря.

У двигунах автомобілів використовується рідинна циркуляція охолодження, рух охолоджуючої рідини забезпечується рідинним насосом. В повітряній системі охолодження циркулюється повітря нагнітачем повітря.

Впускна система забезпечує наповнення циліндрів свіжим повітрям або паливною сумішшю. У впускній системі є повітряний фільтр, а у двигунах з надувом також пристрої для стиснення повітря (турбіна або компресор).

Випускна система, випускає вихлопні гази з двигуна з найменш можливим опором потоку. Випускна система включає: каталізатори, сажові

фільтра, резонатори, глушники і редукційні пристрої вмісту токсичних компонентів у вихлопних газах [10], [11], [12].

Конструкція поршневого двигуна доповнюється електричним обладнанням, відповідальним за його запуск, запалювання в двигуні SI та управління різними функціями двигуна.

### 1.3 Будова та принцип роботи КШМ

Призначення кривошипно-шатунного механізму полягає в тому, щоб через поршні і шатун передати силу, що виникає при згорянні паливно-повітряної суміші, на колінчастий вал: рух поршня вгору і вниз перетворюється на обертовий рух колінчастого вала і крутний момент.

Кривошипно-шатунний механізм включає наступні елементи:

Блок циліндрів, колінчастий вал з противагами і підшипниками, шатун і шатунні підшипники, поршні з масло знімними і компресійними кільцями і поршковими пальцями, маховик [2], [10], [11].

Блок циліндрів - базова деталь двигуна, яка охоплює інші компоненти, щоб захистити їх або відокремити від навколишнього середовища, куди кріпляться деталі механізмів двигуна, виготовляють методом відливу як одне ціле з картером.

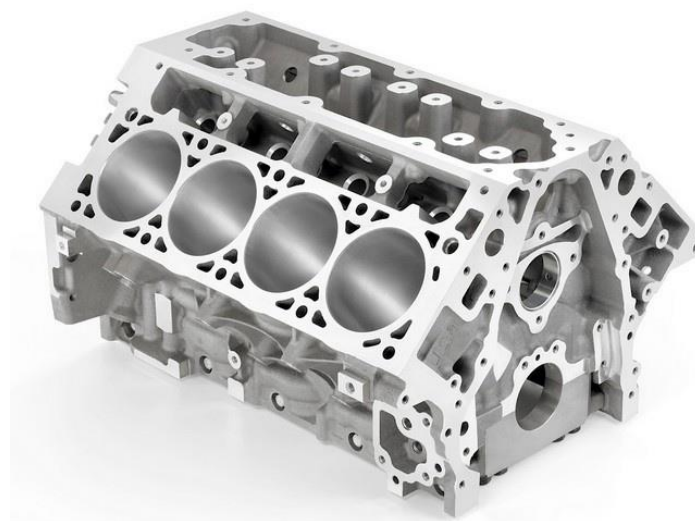


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд блоку циліндрів двигуна

У зібраному вигляді вони містять усі внутрішні, рухомі та нерухомі компоненти. У той же час вони обмежують свободу руху рухомих компонентів і забезпечують точки кріплення для більшості компонентів.

Блок циліндрів з картером двигуна відливають з чавуну або відливають з алюмінію який гільзують. Сорочкою охолодження називається порожнина між циліндрами і зовнішніми стінками блока.

Внутрішня поверхня гільзи циліндра відшліфована і хонінгована, яка спрямовує рух поршня, називається дзеркалом. Для збільшення строку служби гільзи, у верхню частини запресовують тонкостінні вставки з кислотривкого чавуну.

Гільзи вставляють у гнізда блока і знизу ущільнюються гумовими або мідними прокладками, а зверху - прокладкою головки циліндрів.

Конструкція і характеристики двох бензинових двигунів можуть мати істотні відмінності. Розташування циліндрів є особливо важливим.

Велика кількість циліндрів може бути організована та розташована різними способами в двигуні. Залежно від кількості циліндрів кожне розташування може мати різні переваги та недоліки.

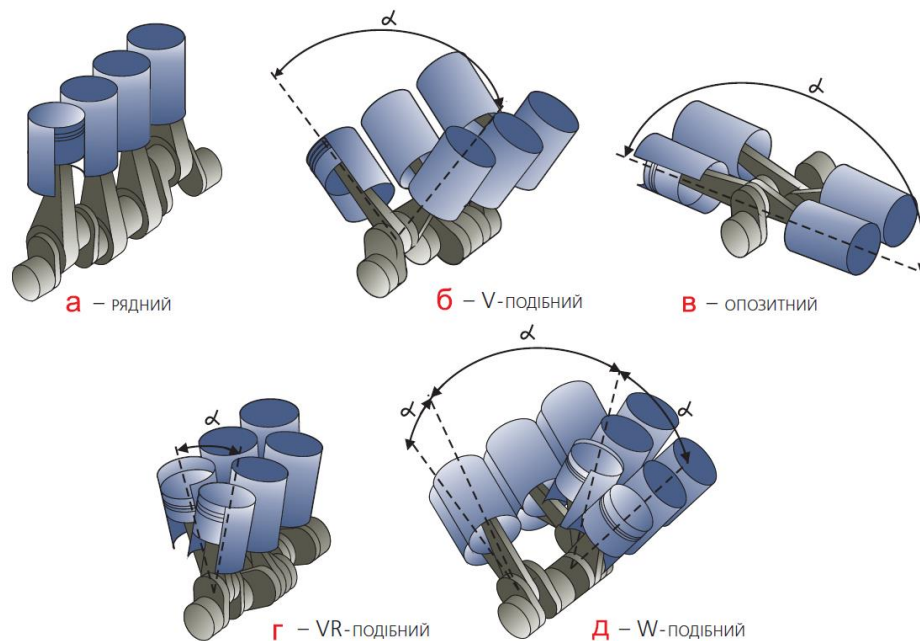


Рисунок 1.2 – Схеми розташування циліндрів у ДВЗ

Найпоширенішим розташуванням циліндрів є рядні, опозитні, V-подібні та W-подібний двигун.

У рядних двигунах усі циліндри розташовані один за одним в ряд. Ця конструкція є простою і недорогою у виготовленні та лише вимагає невеликого простору для установки з точки зору ширини.

Також з іншого боку, з точки зору довжини, зростають вимоги до простору для установки, чим більше двигун має циліндрів, тим більше ускладнює поздовжню установку з більш ніж чотирма циліндрами.

Опозитний двигун. Завдяки протилежному обертанню циліндрів таке розташування знижує центр ваги, забезпечує тихий, плавний хід, оскільки сили інерції значною мірою врівноважують одна одну.

В порівнянні з рядним двигуном це також зменшує механічне навантаження та обертові маси (завдяки коротшому колінчастому валу).

Для отримання позитивної роботи цієї конструкції має бути парна кількість циліндрів. Також вимога до простору, зазвичай виключають поперечне встановлення.

У V-подібних двигунах циліндри розділені на два ряди циліндрів, розташованих один до одного під певним кутом, що забезпечує малу довжину двигуна. Цей кут називається кутом крену.

Така конструкція забезпечує коротку довжину двигуна, оскільки в такому розташуванні циліндрів шатунні підшипники двох циліндрів з боку колінчастого вала можуть розташовуватися в одній точці (на одній шийці колінчастого вала).

Однак V-подібне розташування вимагає більш складного картера в порівнянні з рядним двигуном. Також такі компоненти, як головка блоку циліндрів, розподільні вали повинні бути встановлені в двох примірниках.

#### VR двигун

Двигуни VR є модифікацією рядного двигуна. Циліндри розташовані один за одним, однак шатун кожного поршня встановлений окремо на шатун колінчастого вала. Однак циліндри розташовуються під дуже малим кутом



нахилу приблизно 15 градусів один до одного, але також приносить нові недоліки.

Цю конструкцію можна розглядати як компроміс між V-образним і рядним двигуном. У випадку з рядним двигуном, для однієї головки блоку циліндрів потрібно менше місця для установки по ширині, але може бути реалізовано менший простір для установки по довжині, як у випадку з V-подібним двигуном.

Щоб уникнути перекриття циліндрів на нижньому кінці, яке було б необхідним через малий кут нахилу, ця конструкція має поворот. Ряди циліндрів зміщені назовні паралельно.

Однак компроміс між рядним двигуном і V-подібним двигуном призводить до неоднаково довгих шляхів впускного та вихлопного колекторів і призводить до додаткових проблем у виробництві.

Колінчастий вал перетворює лінійний рух поршнів в обертовий рух вала і передає його на маховик.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд колінчастого вала

Функція колінчастого вала: перетворює енергію, що утворюється в результаті згоряння в двигуні, в обертовий рух. Лінійний рух поршнів вгору і вниз перетворюється в крутний момент через шатун і передається на

маховик. Олива від корінних до шатунних підшипників поступає через канали в щоках вала.

Колінчастий вал складається з:

Корінних шийок – опора вала, що розміщена в картері двигуна.

Шатунних шийок - опора на якій зв'язуються шатуни з валом.

Щоки — для зв'язування шатунних і корінних шийок.

Передня вихідна частина вала – частина вала на якій кріпиться шків і зубчасте колесо для проводу газорозподільного механізму і інших вузлів, систем та агрегатів.

Хвостовик – частина на якій кріпиться маховик.

Противаги – для розвантаження корінних шийок від відцентрових сил незрівноважених мас кривошипа і шатуна, для плавності кривошипно шатунного механізму[2], [10], [11] [12], [19].

Щоб витримувати великі навантаження, колінчасті вали мають загартовану поверхню та міцний сердечник. Тому колінчасті вали часто кують зі сталі. Високий опір крученню досягається завдяки безперервному потоку волокон. Точки опори колінчастого вала загартовані, що робить їх більш зносостійкими.

Поршні Завданням поршня є перетворення теплової енергії, яка виділяється при згорянні паливної суміші, в механічну роботу. Такий процес відбувається вибухово. Поршень рухається по циліндру вгору і вниз. Раптове згоряння після запалювання штовхає поршень вниз.



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд поршня

Поршень складається з 3 частин: днище, ущільнююча частина, напрямна частина. Поршні виготовляють із сплавів сталі і алюмінієвих сплавів.

Поршні, виготовлені зі сталі, їх перевага:

- дешевший матеріал;
- малий температурний коефіцієнт розширення компенсується зменшенням зазору спідниці.

Чавунні поршні, мають антифрикційні властивості, міцніші, зносостійкі та жаростійкі.

Недоліки:

- велика вага. Тому застосовують у тихохідних двигунах;
- низька теплопровідність.

Алюмінієвий сплав, його переваги:

Переваги силумінових поршнів:

- мала маса;
- висока теплопровідність.

Недоліки

- більше лінійне розширення;
- мала твердість та зносостійкість канавок;
- зменшення міцності при нагріванні.

Неприпустимі зазори для нормальної роботи двигуна між циліндром та поршнем.

Поршневі кільця поділяються на компресійні і маслоснімні. Матеріал чавуну та сталі. Кільця мають розрізи («замок»). Кільця є пружні, в вільному стані більше діаметром від циліндра, при встановленні поршня в циліндр стискають і вони щільно прилягають до стінок циліндра. Компресійні кільця зменшують просочування газів в картер через зазор між поршнем і циліндром. Для підвищення стійкості верхнього компресійного кільця від спрацювання, покривають невеликим шаром хрому, інші кільця покривають шаром олова для кращого припрацювання.

Масло знімне кільце знімає залишки оливи із стінок циліндра. На поршнях встановлюють одне масло знімне кільце. У канавці є сквозні отвори для стікання оливи. Масло знімне кільце чавунне, з сквозним прорізами для виведення оливи.

Масло знімне кільце у двигунах складається з 4 сталевих деталей: два плоских кільця, осьового і радіального розширювачів, у двигуні воно має коробчастий переріз. Зовнішня (робоча поверхня кільця) покрита хромом, молибденом. Кільця на поршень встановлюють розрізами в різні боки на  $120^\circ$  одне від одного.



Рисунок 1.5 – Поршеві кільця

Шатун з'єднує поршень і колінчастий вал і відповідає за перетворення лінійного руху поршня в круговий рух колінчастого вала.

Шатун рухомо встановлений як на поршні, так і на колінчастому валу. Щоб забезпечити трансформацію рухів, з'єднання з колінчастим валом виконано ексцентрично по відношенню до його осі обертання.

Шатуни є таких форм:

Двотаврові І-подібні і Н-подібні;

круглі;

трубчасті;

ромбічні.

Підшипники шатуна:

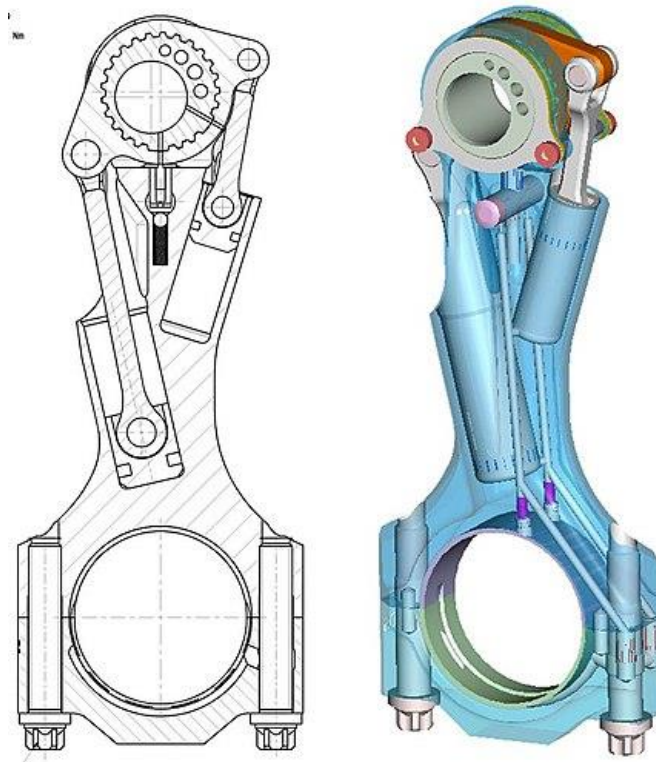


Рисунок 1.6 – Конструкція шатуна

Підшипники ковзання

Підшипники кочення (роликові, шарикові, голчасті)

З нерухомим пальцем

В нижню головку шатуна встановлюють підшипник ковзання, змінний вкладиш з антифрикційним сплавом

Поршневий палець деталь кривошипно-шатунного механізму поршневого двигуна для забезпечення шарнірного з'єднання поршня з шатуном. Виготовлений зі сталі, трубчастої форми, поверхня загартована. Вільно прокручується у верхній головці шатуна і в бобишках поршня, встановлені стопорні кільця в канавках бобишок щоб не було осьового переміщення, пальці такого виду називаються плаваючими.

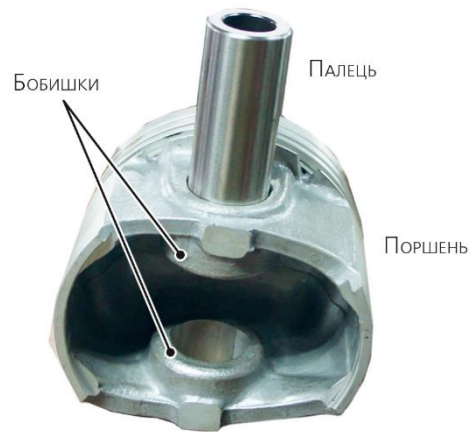


Рисунок 1.7 – Поршневий палець

Маховик забезпечує рівномірність обертового руху і зменшує небажані вібрації, полегшує пуск двигуна і рушання з місця. Оскільки поршень не приводить в рух колінчастий вал безперервно, а періодично прискорює і гальмує, виникають нерівномірності обертання, які компенсуються маховиком (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Загальний вигляд маховика

Також маховик з інерцією маси забезпечує подолання холостих ходів, тобто ходів поршня без запалювання. Маховик зазвичай служить опорою зчеплення, тобто частиною самого зчеплення, тому він оснащений монтажним фланцем. Маховик виготовляють з чавуну на ободі запресований зубчастий вінець для запускання двигуна стартером[10], [11], [12].

### **Висновки до розділу**

1. У розділі проаналізовано принципи роботи двигунів внутрішнього згорання, наведено конструктивні особливості та будову кривошипно-шатунних механізмів.

2. Встановлено, що основними складовими частинами кривошипно-шатунних механізмів є: колінчастий вал, шатуни, поршні, які передають зусилля через елементи зв'язку пальці, підшипники ковзання та втулки.

## РОЗДІЛ 2 РОЗРОХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ СТО

### 2.1 Виробнича програма ТО і ремонту на СТО

На початковому етапі визначаємо скориговані значення нормативів ТО і ремонту визначаємо за формулами:

Періодичність ТО-1:

$$L_{TO-1}^K = L_{TO-1}^H * K_1 * K_3; \quad (2.1)$$

$$L_{TO-1}^K = 4000 * 0,9 * 1,0 = 3600 \text{ (км)}$$

Періодичність ТО-2:

$$L_{TO-2}^K = L_{TO-2}^H * K_1 * K_3; \quad (2.2)$$

$$L_{TO-2}^K = 16000 * 0,9 * 1,0 = 14400 \text{ (км)}$$

Ресурс ДТЗ:

$$L_{СП}^K = L_{СП}^H * K_1 * K_2 * K_3; \quad L_{КР}^K = L_{КР}^H * K_1 * K_2 * K_3; \quad (2.3)$$

$$L_{СП}^K = 450000 * 0,9 * 0,85 * 1,1 = 378675 \text{ (км)}$$

Тривалість простою:

$$D_{ТО \text{ і } ПР} = D_{ТО \text{ і } ПР}^H * K_2; \quad (2.4)$$

$$D_{ТО \text{ і } ПР} = 0,38 * 1,1 = 0,42 \text{ (днів)}$$

Трудомісткість ЩО:

$$t_{ЩО} = t_{ЩО}^H * K_2 * K_M; \quad (2.5)$$

$$t_{ЩО} = 0,3 * 1,15 * 1,4 = 0,48 \text{ (люд.-год)}$$

Трудомісткість ТО -1:

$$t_{ТО-1} = t_{ТО-1}^H * K_2 * K_4; \quad (2.6)$$

$$t_{ТО-1} = 3,6 * 1,15 * 1,35 = 5,59 \text{ (люд.-год)}$$

Трудомісткість ТО-2:

$$t_{ТО-2} = t_{ТО-2}^H * K_2 * K_4; \quad (2.7)$$

$$t_{ТО-2} = 14,46 * 1,15 * 1,35 = 22,45 \text{ (люд.-год)}$$

Трудомісткість ПР:

$$t_{ПР} = D_{ПР}^H * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5; \quad (2.8)$$



$$t_{\text{ПР}}=3,4*1,1*1,15*0,9*1,35*1,0=5,23 \text{ (люд.-год)}$$

Коригування періодичності ТО-1 , ТО-2 і ресурсу Д Т З за кратністю між собою та кратністю середньодобового пробігу виконується згідно з формулами[7], [10], [13]:

Для періодичності ТО-1:

$$L_{\text{ТО-1}} = n'_{\text{д}} * l_{\text{сд}} \quad (2.9)$$

Для періодичності ТО-2:

$$L_{\text{ТО-2}} = n'_{\text{ТО-1}} * l_{\text{ТО-1}}, \quad (2.10)$$

Для ресурсу ДТЗ (пробігу до КР):

$$L_{\text{СП}} = n'_{\text{ТО-2}} * l_{\text{ТО-2}}; \quad L_{\text{КР}} = n'_{\text{ТО-2}} * l_{\text{ТО-2}}. \quad (2.11)$$

Для періодичності ТО -1:

$$n_{\text{д}} = \frac{3600}{180} = 20 \text{ (дн.);}$$

$$n'_{\text{д}}=20 \text{ (дн.); } L_{\text{ТО-1}}=20*180=3600 \text{ (км)}$$

Для періодичності ТО-2:

$$n_{\text{ТО-1}} = \frac{14440}{3600} = 4,0;$$

$$n'_{\text{ТО-1}}=4; \quad L_{\text{ТО-2}}=4*3600=14440 \text{ (км)}$$

Для ресурсу ДТЗ:

$$n_{\text{ТО-2}} = \frac{378675}{14440} = 26,3;$$

$$n'_{\text{ТО-2}}=26; \quad L_{\text{СП}}=26*14440=374400 \text{ (км)}$$

Коефіцієнти технічної готовності і випуску визначаються за формулами

$$a_{\text{r}} = \frac{1}{1+l_{\text{сд}}} * \frac{D_{\text{ТО і ПР}}}{1000} \quad (2.12)$$

$$a_{\text{r}} = \frac{1}{1+180*\frac{0,42}{1000}} = 0,930;$$

i

$$\alpha_{\text{в}} = \frac{D_{\text{п}}}{D_{\text{к}}} * \alpha_{\text{r}}, \quad (2.13)$$

$$\alpha_{\text{в}} = \frac{251}{365} * 0,930 = 0,640;$$

Річний пробіг

$$L_p = A_{об} * l_{сд} * D_k * \alpha_{в'} \quad (2.14)$$

$$L_p = 42 * 180 * 365 * 0,640 = 1764778,1 \text{ (км)}$$

Річна програма:

- Кількість списань або КР:

$$N_{сп}^p = \frac{L_p}{L_{сп}}; \quad N_{КР}^p = \frac{L_p}{L_{КР}}; \quad (2.15)$$

- Кількість ТО-2:

$$N_{ТО-2}^p = \frac{L_p}{L_{ТО-2}} - N_{сп}^p; \quad (\text{при списанні ДТЗ}) \quad (2.16)$$

$$N_{ТО-2}^p = \frac{L_p}{L_{ТО-2}} - N_{КР}^p \quad (\text{при КР ДТЗ}) \quad (2.17)$$

- Кількість ТО-1:

$$N_{ТО-1}^p = \frac{L_p}{L_{ТО-1}} - N_{сп}^p - N_{ТО-2}^p; \quad (\text{при списанні ДТЗ}) \quad (2.18)$$

$$N_{ТО-1}^p = \frac{L_p}{L_{ТО-1}} - N_{КР}^p - N_{ТО-2}^p; \quad (\text{при КР ДТЗ}) \quad (2.19)$$

- Кількість ЩО:

$$N_{ЩО}^p = \frac{L_p}{l_{сд}}; \quad (2.20)$$

- Кількість СО:

$$N_{СО}^p = 2 * A_{об} \quad (2.21)$$

- Кількість Д-1

$$N_{СО}^p = 1,1 * N_{ТО-1}^p + N_{ТО-2}^p \quad (2.22)$$

- Кількість Д-2:

$$N_{Д-2}^p = 1,2 * N_{ТО-2}^p \quad (2.23)$$

Річна трудомісткість робіт на АТП визначається за формулою:

$$T_{\Sigma} = 4922,93 + 2424,74 + 3498,74 + 8376,18 = 19222,58 \text{ (люд.-год.)}$$

## 2.2 Визначення кількісних показників виробничої програми СТО

Скориговані значення нормативів ТО і ремонту визначаємо за формулами:

$$L_{TO-1}^K = L_{TO-1}^K * K_1 * K_3; \quad (2.24)$$

$$L_{TO-2}^K = L_{TO-2}^K * K_1 * K_3; \quad (2.25)$$

$$L_{СП}^K = L_{СП}^H * K_1 * K_2 * K_3; \quad (2.26)$$

$$L_{КР}^K = L_{КР}^H * K_1 * K_2 * K_3; \quad (2.27)$$

$$D_{ТО і ПР} = D_{ТО і ПР}^H * K_2; \quad (2.28)$$

$$t_{ЩО} = t_{ЩО}^H * K_2 * K_M; \quad (2.29)$$

$$t_{ТО-1} = t_{ТО-1}^H * K_2 * K_4; \quad (2.30)$$

$$t_{ТО-2} = t_{ТО-2}^H * K_2 * K_4; \quad (2.31)$$

$$t_{ПР} = D_{ПР}^H * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5; \quad (2.32)$$

Періодичність ТО-1:

$$L_{TO-1}^K = 4000 * 0,9 * 1,0 = 3600 \text{ (км)}$$

Періодичність

$$\text{ТО-2: } L_{TO-2}^K = 16000 * 0,9 * 1,0 = 14400 \text{ (км)}$$

Ресурс ДТЗ

$$L_{СП}^K = 450000 * 0,9 * 0,85 * 1,1 = 378675 \text{ (км)}$$

Тривалість простою:

$$D_{ТО і ПР} = 0,38 * 1,1 = 0,42 \text{ (днів)}$$

Трудомісткість

$$\text{ЩО: } t_{ЩО} = 0,3 * 1,15 * 1,4 = 0,48 \text{ (люд.-год)}$$

Трудомісткість

$$\text{ТО -1: } t_{ТО-1} = 3,6 * 1,15 * 1,35 = 5,59 \text{ (люд.-год)}$$

Трудомісткість

$$\text{ТО-2: } t_{ТО-2} = 14,46 * 1,15 * 1,35 = 22,45 \text{ (люд.-год)}$$

Трудомісткість ПР:

$$t_{ПР} = 3,4 * 1,1 * 1,15 * 0,9 * 1,35 * 1,0 = 5,23 \text{ (люд.-год)}$$

Коригування періодичності ТО-1, ТО-2 і ресурсу ДТЗ за кратністю між собою та кратністю середньодобового пробігу виконується згідно з формулами:

Для періодичності ТО-1:

$$L_{\text{ТО-1}} = n'_d * l_{\text{сд}} \quad (2.33)$$

Для періодичності ТО-2:

$$L_{\text{ТО-2}} = n'_{\text{ТО-1}} * l_{\text{ТО-1}} \quad (2.34)$$

Для ресурсу ДТЗ (пробігу до КР):

$$L_{\text{сп}} = n'_{\text{ТО-2}} * l_{\text{ТО-2}}; \quad L_{\text{КР}} = n'_{\text{ТО-2}} * l_{\text{ТО-2}}. \quad (2.35)$$

Для періодичності ТО -1:

$$n_d = \frac{3600}{180} = 20 \text{ (дн.); } n'_d = 20 \text{ (дн.); } L_{\text{ТО-1}} = 20 * 180 = 3600 \text{ (км)}$$

Для періодичності ТО-2:

$$n_{\text{ТО-1}} = \frac{14440}{3600} = 4,0; \quad n'_{\text{ТО-1}} = 4; \quad L_{\text{ТО-2}} = 4 * 3600 = 14440 \text{ (км)}$$

Для ресурсу ДТЗ:

$$n_{\text{ТО-2}} = \frac{378675}{14440} = 26,3; \quad n'_{\text{ТО-2}} = 26; \quad L_{\text{сп}} = 26 * 14440 = 374400 \text{ (км)}$$

Коефіцієнти технічної готовності і випуску визначаються за формулами  $a_r = \frac{1}{1+l_{\text{сд}}} * \frac{D_{\text{ТОіПР}}}{1000}$  і  $\alpha_v = \frac{D_p}{D_k} * \alpha_\tau$ , річний пробіг - за формулою  $L_p = A_{\text{об}} * l_{\text{сд}} * D_k * \alpha_v$ :

$$a_r = \frac{1}{1+180 * \frac{0,42}{1000}} = 0,930; \quad \alpha_v = \frac{251}{365} * 0,930 = 0,640;$$

$$L_p = 42 * 180 * 365 * 0,640 = 1764778,1 \text{ (км)}$$

Річна програма:

Кількість списань або КР:

$$N_{\text{сп}}^p = \frac{L_p}{L_{\text{сп}}}; \quad N_{\text{КР}}^p = \frac{L_p}{L_{\text{КР}}}; \quad (2.36)$$

- Кількість ТО-2:

$$N_{\text{ТО-2}}^p = \frac{L_p}{L_{\text{ТО-2}}} - N_{\text{сп}}^p; \quad (\text{при списанні ДТЗ}) \quad (2.37)$$

$$N_{\text{ТО-2}}^p = \frac{L_p}{L_{\text{ТО-2}}} - N_{\text{КР}}^p \quad (\text{при КР ДТЗ}) \quad (2.38)$$

- Кількість ТО-1:  $N_{\text{ТО-1}}^{\text{P}} = \frac{L_{\text{P}}}{L_{\text{ТО-1}}} - N_{\text{сп}}^{\text{P}} - N_{\text{ТО-2}}^{\text{P}}$ ; (при списанні ДТЗ),  $N_{\text{ТО-1}}^{\text{P}} = \frac{L_{\text{P}}}{L_{\text{ТО-1}}} - N_{\text{КР}}^{\text{P}} - N_{\text{ТО-2}}^{\text{P}}$ ; (при КР ДТЗ).
- Кількість ЩО:  $N_{\text{ЩО}}^{\text{P}} = \frac{L_{\text{P}}}{l_{\text{сд}}}$ ;
- кількість СО:  $N_{\text{СО}}^{\text{P}} = 2 * A_{\text{об}}$
- Кількість Д-1:  $N_{\text{Д-1}}^{\text{P}} = 1,1 * N_{\text{ТО-1}}^{\text{P}} + N_{\text{ТО-2}}^{\text{P}}$
- Кількість Д-2:  $N_{\text{Д-2}}^{\text{P}} = 1,2 * N_{\text{ТО-2}}^{\text{P}}$

Річна трудомісткість робіт на АТП визначається за формулою:

$$T_{\Sigma} = 4922,93 + 2424,74 + 3498,74 + 8376,18 = 19222,58 \text{ (люд.-год)}$$

### 2.3 Визначення чисельності робітників на дільниці ТО і ремонту двигунів

Розрахунок чисельності виробничих робітників. Явочна і штатна чисельність виробничих робітників залежать від обсягу робіт на даній дільниці (зоні, посту) і фонду робочого часу;

$$P_{\text{я}} = \frac{T_{\text{i}}}{\Phi_{\text{р.м}}}; \quad P_{\text{ш}} = \frac{T_{\text{i}}}{\Phi_{\text{в.р}}} \quad (2.39)$$

$$P_{\text{я}} = \frac{2931,66}{1998} = 1,46 \text{ (чол)} \quad P_{\text{ш}} = \frac{2931,66}{1774} = 1,65 \text{ (чол)}$$

Фонд часу робочого місця  $\Phi_{\text{р.м}}$  залежить від кількості вихідних і святкових днів у році і визначається за формулами:

- при п'ятиденному робочому тижні

$$\Phi_{\text{р.м}} = D_{\text{р.з}} * \tau_{\text{зм}} D_{\text{пс}} \quad (2.40)$$

$$\Phi_{\text{р.м}} = 1998 - (18 + 5 + 5) * 8 = 1774 \text{ (год)}$$

- при шестиденному робочому тижні;

$$\Phi_{\text{р.м}} = D_{\text{р.з}} * \tau_{\text{зм}} - D_{\text{пс}} - 2 * D_{\text{пв}} \quad (2.41)$$

$$\Phi_{\text{р.м}} = 251 * 8 - 10 * 1 = 1998 \text{ (год)}$$

Річний ефективний фонд часу робітника  $\Phi_{в.р}$   $r$  залежить від кількості днів основної та додаткової відпусток і кількості пропусків, спричинених хворобою, виконанням державних обов'язків та з інших поважних причин. [10], [9], [17].

$\Phi_{в.р}$  може бути розрахований за формулою:

$$\Phi_{в.р} = \Phi_{р.м} - (D_{від}^{осн} + D_{від}^{доп} + D_{пов}) * \tau_{зм} \quad (2.42)$$

Розрахунок чисельності допоміжних робітників виконується на основі розрахунку чисельності виробничих робітників за формулою:

$$P_{доп} = P_{ш} * \frac{C_{доп}}{100} \quad (2.43)$$

$$P_{доп} = 35,69 * \frac{27}{100} = 9,63 \approx 10(\text{чол})$$

## 2.4 Визначення кількості постів з ТО і ПР на дільниці ТО і ремонту двигунів

Кількість робочих місць повинна бути не менше кількості робітників, які працюють у більшу зміну підраховуються по рівнянню:

$$\Pi = \frac{T_p * K_p}{D_{рр} * C * t * P * K_{вик}} \quad (2.44)$$

де  $T_p$ - річний об'єм робіт люд-год.

$K_p$ - коефіцієнт резервування постів

$D_{рр}$  число робочих днів

$C$  – число робочих змін на добу

$t$  – тривалість змін, год.

$P$  – чисельність одночасного працювання на одному посту, чол.

$K_{вик}$  – Коефіцієнт використання робочого часу поста.

$$\Pi = \frac{6301 * 1,1}{305 * 2 * 8 * 2 * 0,97} = 3(\text{поста})$$

## 2.5 Вибір технологічного обладнання для на дільниці ТО і ремонту двигунів

На дільницях ремонту двигунів автомобілів переважно використовують наступні види технологічного обладнання:

Прес для видалення і встановлення шатунів: використовується для видалення пальців із шатунів з колінчастого вала та їхнього установаження під час збирання двигуна- використовується для видалення старих втулок шатунів з блоку циліндрів та їхнього установаження нових [20].

Стенд для розбирання і збирання кривошипно-шатунного механізму- використовується для точного розбирання і збирання шатунів, поршнів, кілець і підшипників, а також для проведення необхідних вимірювань. Стенд для вимірювання шатунів і колінчастого вала - використовується для вимірювання розмірів шатунів і колінчастого вала, перевірки їхньої геометрії і наявності зносу (табл 2.1).

Таблиця 2.1 – Відомість технологічного обладнання

Найменування обладнання	Модель або тип	Коротка технічна характеристика	Габаритні і розміри, мм	Вартість, ГРН
1	2	3	4	5
Тестер втрат тиску	EFAW 210	Переносний універсальний, для поршневих двигунів. Для виміру втрат тиску в камері згорання	300 X 130	1500
Стенд для розбирання двигунів	СТУ-300 ГАРО	Стаціонарний, поворотний, двостояковий. Вантажопідйомність 2000 кг	1450 X 1000	3000
Пристрій для шліфування 1 клапанних гнізд	P-176M	Настільний, універсальний. Потужність привода 0,6 кВт	-	1200
Пристрій для притирання клапанів	P-177	Переносний, з електроприводом. Потужність 0,6 кВт	400 X 250	1400
Комплект вимірювального інструменту	ГАРО-4	Комплект універсальний, включає лінійки,	-	6000

		штангенциркулі, індикатори годинникового типу, зубоміри		
Комплект знімачів	BALDUR	Комплект складається з дво-, тризахватних, внутрішніх і зовнішніх знімачів	-	1600

продовження таблиці 2.1

Гайковерт	AT770 Snap-on	Переносний, пневматичний. Максимальне зусилля 1200 Нм. Кількість обертів 4800 об./хв	-	5000
Ключ динамометричний	USAG- 810-200	Переносний, стрілочний. Максимальне зусилля 200 Нм	-	2300
Токарно- гвинторізний верстат	1B62Г	Параметри виробу, що обробляється: найбільший діаметр 220 мм, найбільша довжина 1500 мм. Потужність електродвигуна 7,5 кВт	3400 X 1190	60000
Консольнофрезер ний верстат	Ф32Ш-10 ОРША	Широкоуніверсальний. Стаціонарний. Розмір стола 320 X 1400 мм. Потужність електродвигуна 7.5 кВт	2454 X 1890	72000
Призматичний калібратор		Для вимірювання скручень, вигинів.	-	10000
Лещата слюсарні	TCC-200	Настільні, сталеві, поворотні. Ширина губок 200 мм	-	15050
Кран балка		До 2,5 т		12000



Тумба інструментальна	ТС2-14Н Нісdoor	Металева з 10 полицями. Стільниця металева 2 мм	900 x 500	18000
шафа для зберігання деталей ШПГ і ГРМ	08.3004 Нісdoor	Металева, з 4 оцинкованими полицями.	950 X 500	8000

продовження таблиці 2.1

Молоток	НАВЕРО	Вага ударної частини 1 кг	-	300
Зубило	НАВЕРО	Довжина 22 мм	-	600
Розточний станок блоків	FT7	Станок для розточки блоків, широкий діапазон роботи	1600x900	12000 0

## 2.6 Розрахунок площі дільниці ТО і ремонту двигунів

Для розрахунку площі виробничих приміщень може бути використаний один з методів:

- аналітичний (приблизний) - за питомою площею, що припадає на один автомобіль, одиницю обладнання або одного робітника;
- графічний (більш точний) - за планувальною схемою, на якій у прийнятому масштабі кресляться пости (потокові лінії) і вибране технологічне обладнання з урахуванням категорії ДТЗ та з дотриманням усіх нормативних відстаней між автомобілями, обладнанням і елементами будівель;
- графо-аналітичний (комбінований метод) - шляхом графічного планування й аналітичних обчислень.

У кінцевому результаті площа приміщень виробничих зон і дільниць уточнюється графічним методом при виконанні планування. Розрахункова площа виробничого приміщення може бути дещо змінена при виконанні

планування: до 20% - для приміщень з площею до 100 м<sup>2</sup>; до 10% - для приміщень з площею понад 100 м<sup>2</sup>.

Площі зон ТО, ПР і діагностування при одиничному методі обслуговування. Орієнтовна площа зон ТО, ПР і діагностування ДТЗ визначається за формулою:

$$F_3 = (F_a * X_{\text{п}} + \Sigma F_{\text{об}}) * K_{\text{щп}}, \quad (2.45)$$

$$F_3 = (9,5 * 3 + 9,78) * 4 = 153,12 \text{ (м}^2\text{)}$$

де  $F_a$  – площа одного автомобіля, найбільшого за габаритами, м<sup>2</sup>;

$X_{\text{п}}$  – розрахункове число постів у відповідній зоні;

$\Sigma F_{\text{об}}$  – сумарна площа виробничого обладнання, розташованого поза площею, зайнятою автомобілями, м<sup>2</sup>;

$K_{\text{щп}}$  – коефіцієнт щільності розташування постів.

За наявності настільного, переносного обладнання і приладів, а також настінного підвісного обладнання в сумарну площу повинні входити площі столів, верстаків і стелажів, на яких встановлюється це обладнання і прилади, а не площі самого обладнання. Якщо обладнання займає меншу площу в плані, ніж площа автомобіля, що встановлюється над ним, то в сумарну площу воно не включається. Прикладом можуть слугувати підіймачі з габаритними розмірами підіймальної платформи меншими, ніж габаритні розміри автомобіля, обладнання, яке розташовується в оглядових канавах та ін.

Після визначення площі приміщення аналітичним методом вона уточнюється графічним методом при виконанні планування відповідної зони. При цьому враховуються розміри ДТЗ, які будуть встановлюватись на пости.

### Висновки до розділу

1. У розділі розрахована виробнича програма СТО, визначено основні показники трудомісткості технологічних операцій, встановлено необхідну кількість працівників, а саме: за розрахунками: явочна і штатна чисельність робітників залежать від обсягу робіт на даній дільниці (посту) і

фонду робочого часу  $P_{\text{я}} = 1,46$  чол. і  $P_{\text{ш}} = 1,65$  чол. Фонд робочого місця  
 $\Phi_{\text{р.м}} = 1774$  (год). Чисельність допоміжних робітників  
 $P_{\text{доп}} = 9.63 \approx 10$ (чол)

2. При розрахунку кількості робочих місць, кількість постів повинна бути не менше кількості робітників  $\Pi = 3$  (поста)

3. Орієнтовна площа для зон ТО, ПР і діагностування дорівнює  $153,12$ (м<sup>2</sup>)

## РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Розробка технологічного процесу ремонту шатуна

Погнутість і скрученість шатуна (без втулки верхньої головки і вкладишів нижньої головки) визначають на пристрої – призматичному калібрі з двома індикаторними головками і на вертикальній перевірній плиті з установочним пальцем (рис. 3.1)

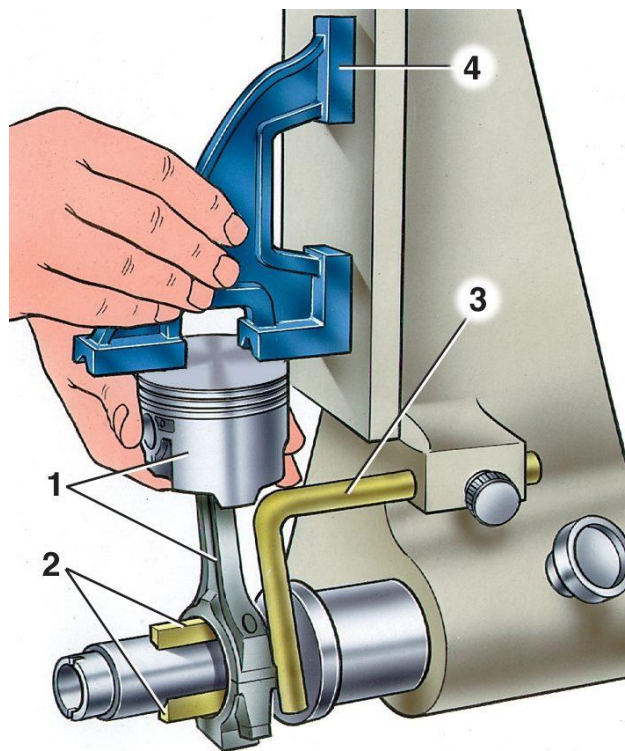


Рисунок 3.1- Встановлення шатуна в зборі на призматичному калібрі

Для цього в отвір верхньої головки шатуна встановлюють оправку з розтискною втулкою, на яку ставлять призму з індикаторами. Нуль шкали індикатора підводять до великої стрілки, а потім, пересуваючи призму до плити упором, визначають за показниками індикатора величину згину, і, переустановивши призму іншим боком, – величину скручування. Допускається згин і скручування шатуна відповідно не більше 0,03 і 0,05 мм на 100 мм довжини. Несиметричність розташування головок шатунів відносно одна одного не повинна перевищувати 0,5 мм. Несиметричність

визначається як різниця між двома вимірами  $a$  - відстанями від плити до торця верхньої головки при почерговій установці шатуна одним та іншим боком [9], [14], [15].

Якщо деформації стрижня і головок шатуна більші, шатуни випрямляють за допомогою пристроїв. Щоб зняти після випрямлення залишкові напруження, шатун доцільно піддати термічній обробці (стабілізації): нагріти до температури 400...450 0 С і витримати при цій температурі близько 1,5 год.

Спрацьовану й деформовану поверхню отвору верхньої головки шатуна розточують або розвертають під збільшений ремонтний розмір втулки. Для цього використовують горизонтально-розточувальні верстати УРБ-ВП токарні верстати з установочним пристроєм або спеціальні двошпиндельні (для верхньої і нижньої головок) розточувальні верстати.

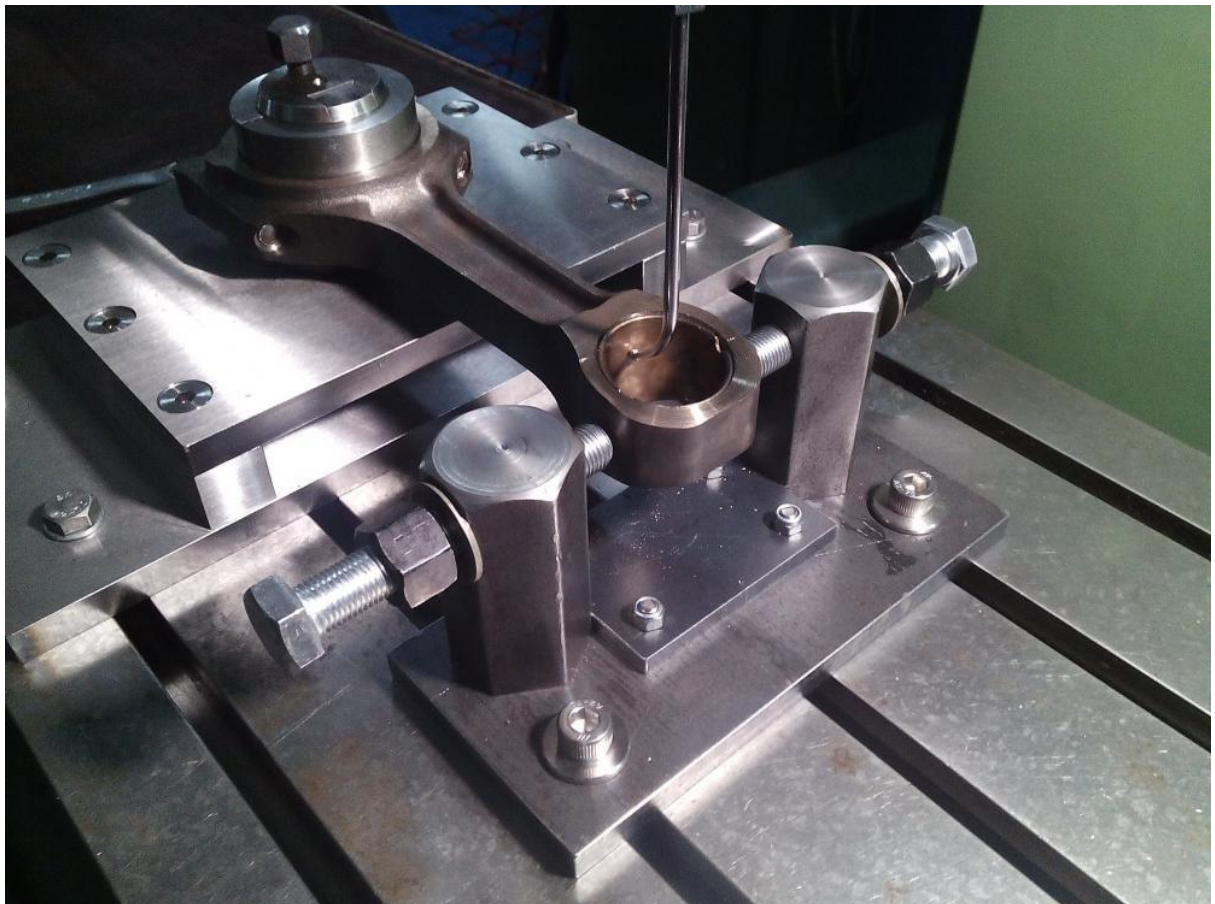


Рисунок 3.2- Визначення ступеня радіального спрацювання верхньої втулки шатуна

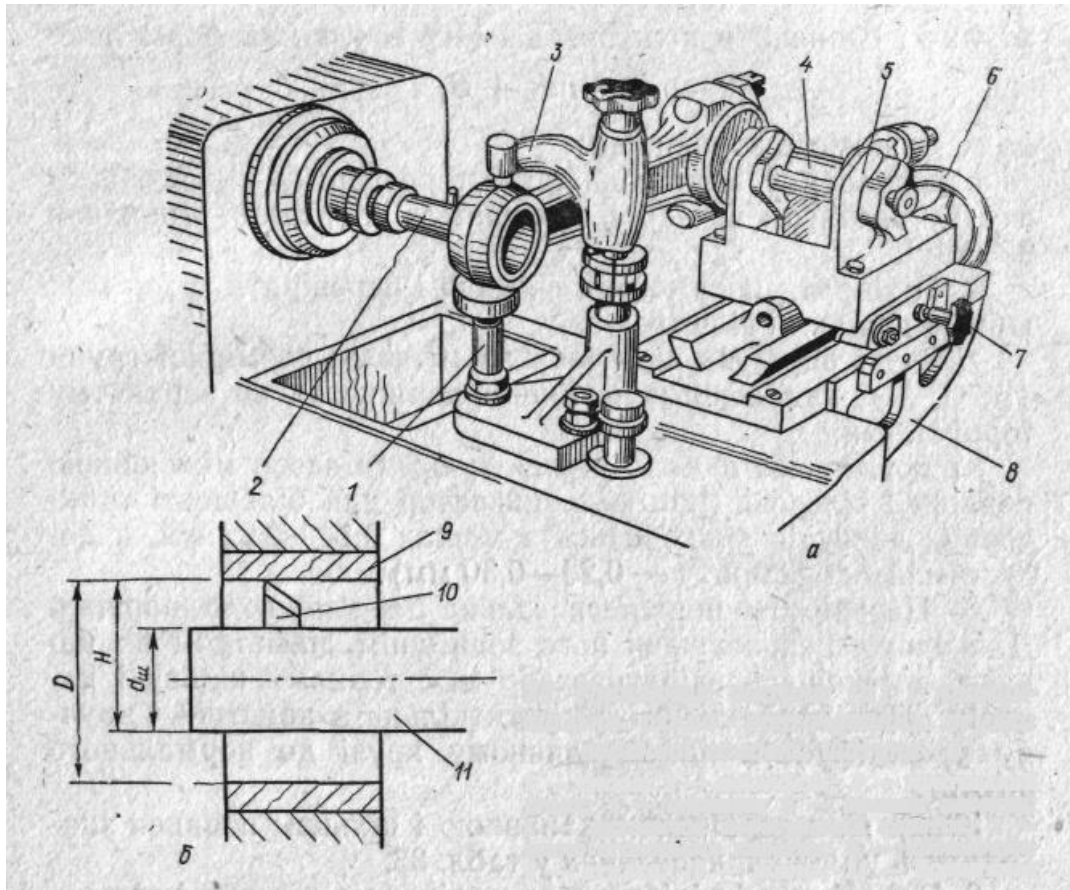
### 3.2 Маршрутна технологічна карта ремонту шатуна

Ремонт елементів КШМ передбачає ряд технологічних операцій (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Маршрутна технологічна карта ремонту шатуна

Номер і назва операції	Номер робочого місця	Технологічне обладнання	Організаційна оснастка	Пристрої та інструменти
1	2	3	4	5
Дефектування шатуна	1		Стіл	Призматичний калібр
Випресування	5	Прес		Наставка
Правка	5	Прес		Призматичний калібр
Запресування	5	Прес		Наставка
Розвертання	4		Токарний, свердлильний станок	Розвертка

Щоб відновити спрацьовані торцеві поверхні рознімання і поверхні отвору нижньої головки шатуна, з торців кришки знімають шар металу товщиною 0,2...0,4 мм, для чого кришку шатуна закріплюють у спеціальному установочному пристрої. Після цього шатун складають з кришкою, нормально затягують гайки болтів, і на внутрішньо-шліфувальному або вертикально-хонінгувальному верстаті обробляють поверхню нижньої головки до номінального розміру. При цьому зменшення відстані між осями отворів верхньої і нижньої головок шатуна порівняно з нормальною не повинно перевищувати 0,3 мм.



1 – оправка; 2 – призма каретки; 3 – маховик пересувної каретки; 4 – стопорний гвинт; 5 – кронштейн

Рисунок 3.3 - Встановлення шатуна на верстаті УРБ-ВП для розточування верхньої головки та її втулки

Якщо спрацьовані поверхні отворів верхньої і нижньої головок шатуна (або втулки верхньої і поверхні нижньої головок), їх розточують з однієї установки (краще на двошпindelному верстаті), забезпечуючи при цьому нормальну відстань між осями отворів шатуна. Нормальний натяг між втулкою і верхньою головкою шатуна становить 0,05...0,18 мм (залежно від марки двигуна). Для перевірки висоти вкладишів і визначення їх натягу у нижній головці шатуна застосовують спеціальний пристрій. Вкладиш 3 вставляють у гніздо пристрою 1, діаметр якого з високою точністю відповідає діаметру гнізда в шатуні або у блоці циліндрів. Одну площину рознімання пересувають до упора, а до другої прикладають навантаження, що відповідає [15], [17], [20].

### 3.3 Операційна карта ремонту шатуна

Таблиця 3.2 - Операційна карта ремонту шатуна

Номер і назва переходу	Технологічне обладнання, оснастка	Пристрої та інструменти	Технічні умови та вказівки
1	2	3	4
Дефектування шатуна	Призматичний калібр		Подивитися чи шатун немає дефектів на скручування і зігнутість
Випресовування	Прес	Наставка	Шатун поставити на оправку на площадці преса зверху наставку і випресовувати
Правка	Прес, призматичний калібр		Погнутість і скучування правити на пресі і перевіряти призматичним калібром
Запресування	Прес	Наставка	В верхню головку шатуна ставимо втулку і наставку і запресуємо на пресі
Розвертання	Токарний, свердлильний станок	Розвертка	На свердлильному станку за допомогою розвертки розвертаю втулку

Для ремонту шатуна використовується оправка для випресовування втулки верхньої головки шатуна. Зазвичай палець випресовується при моменті 2,8-4,5 кгсм. що відповідає осьовій силі 870-1398 кгс.

### 3.4 Обґрунтування розробки

Стопорні кільця це кріпильні деталі, які необхідні для ефективної фіксації компонентів, що обертаються в певному механізмі або приладі. Формою нагадують різьблені кільця, а володіючи характеристиками пружин, використовуються для фіксації в канавках або отворах валу за допомогою сил пружності. Величезним плюсом є зручність та простота при монтажі, маленькі розміри, а найголовніше вражаючу ефективність.



Значною популярністю користуються стопорні кільця, вироблені із застосуванням нержавіючої, вуглецевої або легованої сталі, що дозволяє їм збільшити термін служби, знижуючи при цьому вартість виробництва. Щоправда, роботи в ідеальних умовах не буває, а тому для виготовлення кілець, що функціонуватимуть в агресивному середовищі, використовується спеціальний сплав та матеріал.

Ці вироби мають свою класифікацію за такими параметрами:

1. місце установки - можливо вал або отвір;
2. системі розмірів - дюйми чи метри;
3. форма поєднання з пазом – поділяються на: концентричні, спіральні чи ексцентричні;
4. тип встановлення - осьовий чи радіальний;
5. форма перерізу - круглі або плоскі.

Завдяки появі стопорних кілець відпала необхідність виготовляти вали або осі з бортиками, немає більше необхідності накручувати різьблення для гайок або робити сходи. Більш того, виконані стопорні кільця можуть витримувати величезні осьові навантаження.

Ці деталі стали широко використовуватися в автомобілебудівній та машинобудівній галузях. Також необхідні при обслуговуванні редукторів або двигунів різноманітних конструкцій. Не слід забувати, що стопорні кільця дозволяють обмежувати неприйнятну рухливість підшипників на осях обертання. Загалом, ці вироби використовуються практично всюди, текстильна та харчова промисловість, деревообробна та металообробна, на конвеєрах тощо.

Для підбору стопорного кільця необхідно знати наступне:

Який переріз має кільце: кругле або прямокутне, виготовлене з дроту або стрічки.

Куди кільце монтується: на вал чи отвір. Кільця бувають зовнішніми та внутрішніми, їх відмінності у розмірах та виконанні монтажних отворів,

укосів, «вушок». На вал використовують DIN 471. В отвір використовують DIN 472.

Який потрібен – знаємо, що кільце монтується в отвір, але не знаємо який із стандартів вибрати, для початку потрібно візуально визначити кільце з «вушками» або без. виготовляються без «вушок», а (DIN 471) та 13943 (DIN 472) з «вушками».

Розмір маркуються кільця в стандартах за умовним діаметром, який, як правило, відповідає діаметру валу або отвору, куди монтується кільце. Зовнішні стопорні кільця вимірюють за внутрішнім діаметром, а внутрішні за зовнішнім. Реальний діаметр кільця трохи більший або менший, цей розмір враховує монтажну проточку (канавку) [17], [15], [20].

Найпоширеніша марка високо вуглецевої сталі для виготовлення таких виробів 65Г. Можна замовити також із сталі 60С2А або із нержавіючої сталі 40Х13.

Для покриття стопорних кілець використовується хімічне оксидування. При необхідності можна замовити покриті кадмієм або цинком.

Основним матеріалом для виготовлення стопорних кілець є низьколегована ресора-пружинна сталь 65Г. Завдяки високому вмісту вуглецю така марка сталі має підвищені пружні властивості. Легування марганцем у кількості близько 1% знижує ймовірність утворення тріщин у процесі виробництва та експлуатації виробів. Стопорні кільця допускається виробляти з інших марок сталі, наприклад, 70, 70Г, 55С2, 60С2, 60С2А за умови забезпечення належних пружинних і властивостей міцності. Зокрема, після триразового стиснення або розведення кільця діаметр виробу повинен бути в межах допуску. Зарубіжними аналогами стали 65Г є марки 66Mn4 (Німеччина), 1066 та 1566 (США), 65Mn (Китай). Також для виготовлення окремих типів подібної продукції (наприклад, настановних кілець DIN 703 і DIN 705) можуть бути використані нержавіючі марки сталі, наприклад, марка 1.4031 (аналог - сталь 40Х13), легована хромом в кількості близько 13%. Така

продукція відрізняється підвищеною корозійною стійкістю та може застосовуватись в умовах впливу агресивних середовищ..

Для захисту стопорних кілець із вуглецевих сталей від корозії можуть використовуватись операції цинкування, кадмування або фосфатування, а також промаслювання. Цинкове покриття захищає сталевий виріб механічно та електрохімічно. Операція фосфатування додатково збільшує корозійну стійкість деталей. Стопорні кільця з кадмієвим покриттям можна використовувати при контакті з атмосферою, прісною та морською водою.

- 47-52 HRC для виробів діаметром до 38 мм;
- 44-49 HRC для виробів діаметром от 38 до 200 мм;
- 41-46 HRC для виробів діаметром більше 200 мм.

Залежно від точності виготовлення виділяють кільця стопорні класу А, В, С, які відрізняються за точністю виготовлення. Робочі кромки виробів для щільнішого прилягання до поверхні канавки виконуються гострими, інші – притупленими.

Якість стопорних кілець визначається за такими параметрами:

- точність геометричних розмірів;
- площинність;
- радіальний зазор з контрольної оправки;
- твердість;
- пружні властивості (для зовнішніх стопорних кілець малого діаметра необхідний рівень властивостей забезпечується при діаметрі, близькому до допустимого мінімального значення, а для внутрішніх – до максимального);
- шорсткість поверхні;
- стан робочих крайок стопорних кілець;
- якість захисного покриття.

### **3.5 Пристрій для ремонту шатунів**

Пропонований прилад можна використовувати для випресування чи запресування втулок, пальців, також за допомогою пристрою можна

перевіряти залишкові деформації пружності стопорних кілець. Ручний інструмент характеризується високою якістю, простотою конструкції та мінімальними зусиллями в роботу (рис. 3.4).

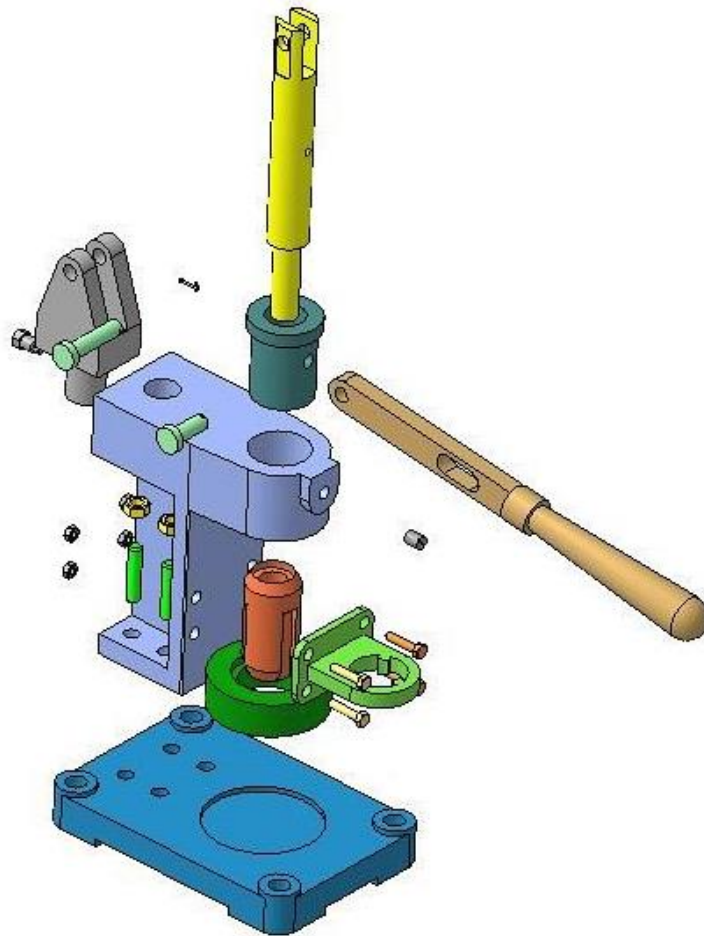


Рисунок 3.4 – Пристрій для ремонту шатуна

Пристрій складається з ножа важеля, штока, корпусу, кронштейна, стійки, втулки, диска, вісі, шайби, плити та пружин.

Пристосування уніфіковане й може використовуватись для різних технологічних операцій, залежно від встановленої оправки або пристосування.

Наприклад, для випресування верхньої втулки шатуна за допомогою розробленого пристрою необхідно використовувати оправку відповідного розміру. Їх як правило виготовляють з кругляка під певний діаметр втулки, далі діаметр збільшують для зручності роботи та можливості установки у розроблений пристрій. Після цього оправку гартують та відпускають. На

розроблений пристрій встановлюють шатун на втулку ставиться оправка і на оправку тиснуть за допомогою важеля розробленого пристрою[15].

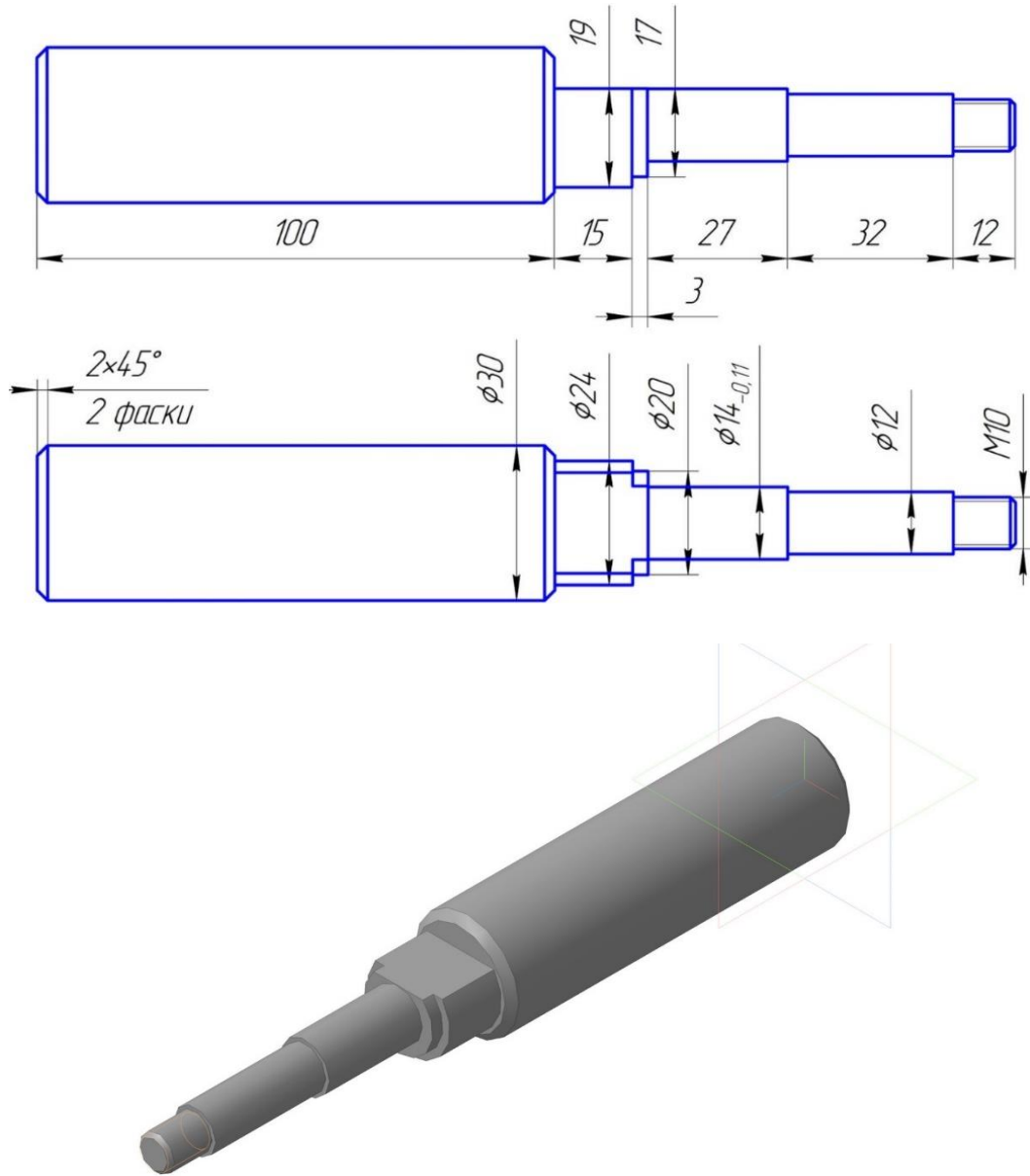


Рисунок 3.5 – Оправка пристрою для ремонту шатунів

### 3.6 Розрахунок міцності елементів болтових з'єднань пристрою

Розрахуємо на зріз болтове з'єднання кріплення – верхня рама (рис. 3.6).

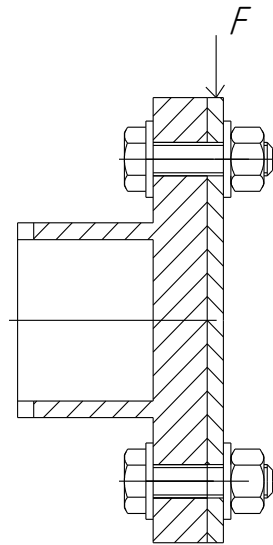


Рисунок 3.6 – Схема болтового з'єднання пристрою

Умова міцності болтів на зріз наступна:

$$\tau = Q/A \leq [\tau_{\text{сп}}], \quad (3.1)$$

Де  $Q$  – сила, діюча на болт;  $Q = 150/8 = 18,75 \text{ Н}$ ;

$A$  – площа поперечного січення болта [6].

Площа поперечного січення болта знаходимо за формулою:

$$A = \pi \cdot d^2 / 4, \quad (3.2)$$

Де  $d$  – діаметр болта.

$$A = 3,14 \cdot 0,006^2 / 4 = 0,000028 \text{ м}^2$$

$$\tau = 18,75 / 0,000028 = 0,67 \cdot 10^6 \text{ Па} = 0,67 \text{ МПа}$$

$$0,67 \cdot 10^6 \leq [\tau_{\text{сп}}] = 90 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Усі умови міцності виконуються.

### Висновки за розділом

1. В розділі розглянуто технологію ремонту кривошипно-шатунного механізму, процес і послідовність ремонту шатуна, складена

маршрутна технологічна карта ремонту шатуна в якій описано ряд технологічних операцій.

2. Розроблено прилад який можна використовувати для випресування чи запресування втулок, пальців, також за допомогою пристрою можна перевіряти залишкові деформації пружності стопорних кілець. Ручний інструмент характеризується високою якістю простотою конструкції та мінімальними зусиллями в роботу. Дане пристосування можна використовувати з різними оправками для ремонту.

3. Розраховано міцність елементів болтових з'єднань, де сила навантаження становить  $Q = 18,75 \text{ Н}$ , після проведених розрахунків умова міцності виконується.

## **РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

### **4.1 Виробнича санітарія та гігієна праці на СТО**

Гігієна праці – це наука, що вивчає вплив виробничого процесу та навколишнього середовища на організм працівників з метою розробки санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на створення найбільш сприятливих умов праці, забезпечення здоров'я та високого рівня працездатності людини.

Виробнича санітарія – це система організаційних та технічних заходів які спрямовані на усунення потенційно небезпечних факторів і запобігання професійним захворюванням та отруєнням.

До організаційних заходів належить:

Проведення попередніх та періодичних медичних оглядів осіб, які працюють у шкідливих умовах;

Системи підтримання чистоти у приміщеннях і на робочих місцях;

Забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до повітря виробничого середовища;

Забезпечення захисту працівників від шуму, ультра- та інфразвуку, вібрації, різних видів випромінювання;

Розробку та конструювання обладнання, що вилучає виділення пилу, газу та пари, інших шкідливих речовин у виробничих приміщеннях.

Таким чином, запобігання професійним захворюванням і отруєнь здійснюється через здійснення комплексу організаційних і технічних заходів, які спрямовані на оздоровлення повітряного середовища виконання вимог гігієни та особистої безпеки працівників. Заходи щодо захисту робітників від небезпечних і шкідливих факторів. На людину в процесі його трудової діяльності можуть впливати небезпечні (що викликають травми) і шкідливі (викликають захворювання) виробничі фактори. Небезпечні та шкідливі



виробничі фактори поділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні [3], [8], [16].

Таблиця 4.1-Небезпечні та шкідливі фактори на СТО

Робоче місце	Небезпечні і шкідливі фактори	Характеристика небезпечних та шкідливих факторів
Абразивно – шліфувальна установка	Шум	Шум як фізіологічне явище являє собою несприятливий фактор зовнішнього середовища і визначається як звуковий процес, несприятливий для сприйняття і заважає роботі та відпочинку. За фізичну природу шум, створювати устаткування, обумовлений процесами механічної дії деталей.
	Освітлення	Світло є природним умовою життєдіяльності людини і грає велику роль у збереженні здоров'я і високої працездатності. Недостатня освітленість вимагає не тільки постійної напруги очей, що призводить до перевтоми і зниження працездатності, але також може призвести до того, що будуть незамічена деякі похибки у виготовленні.
	Небезпека травмування обертовими частинами.	При роботі верстата обертається його частиною є шліфувальний круг і оброблювана деталь, тому існує небезпека травмування обертовими частинами при роботі.
	Пожежонебезпека	На робочому місці шліфувальника є мастильні матеріали, які можуть бути розлиті і при недбалому ставленні до заходів пожежної безпеки може виникнути пожежа.
	Небезпека ураження електричним	У своєму пристрої шліфувальний верстат має електрообладнання, необхідне для його функціонування, тому наявність електрообладнання та струмоведучих частин при неправильній експлуатації та недотримання правил техніки безпеки електроустановок може призвести до ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом.

До небезпечних фізичних чинників відносяться: рухомі машини і механізми; різні підйомно-транспортні пристрої та переміщувані вантажі; незахищені рухливі елементи виробничого устаткування (приводні та передавальні механізми, ріжучі інструменти, що обертаються і переміщуються пристосування тощо); рикошетом частинки оброблюваного матеріалу та інструменту, електричний струм, підвищена температура поверхонь устаткування і оброблюваних матеріалів і т.д.

Шкідливими для здоров'я фізичними факторами є: підвищена або знижена температура повітря робочої зони; високі вологість і швидкість руху повітря; підвищені рівні шуму, вібрації, ультразвуку та різних випромінювань теплових, іонізуючих, електромагнітних, інфрачервоних і ін

До шкідливих фізичних чинників відносяться також запиленість і загазованість повітря робочої зони; недостатня освітленість робочих місць, проходів та проїздів; підвищена яскравість світла й пульсація світлового потоку. Тим шкідливими і небезпечними виробничими чинниками спостерігається певний взаємозв'язок. У багатьох випадках наявність шкідливих факторів сприяє прояву травмонебезпечних факторів. Наприклад, надмірна вологість у виробничому приміщенні та наявність струмопровідного пилу (шкідливі фактори) підвищують небезпеку ураження людини електричним струмом (небезпечний чинник) [16].

#### **4.2 Вентиляція приміщення дільниці ТО і ремонту двигунів**

Для видалення шкідливих речовин з робочої зони використовується вентиляційна система

У пожежо - та вибухонебезпечних приміщеннях всі металеві елементи вентиляційних установок повинні бути заземлені. Кожне з таких приміщень обладнується окремої вентиляційною системою.

Вентиляція виробничих і допоміжних приміщень призначена для зменшення запиленості, задимленості і очищення повітря від шкідливих

викидів виробництва. Вона сприяє оздоровленню умов праці, підвищенню продуктивності праці і попередженню професійних захворювань.

Вентиляція може бути:

- природною,
- механічною (витяжною, проточною, місцевою, проточно-витяжною),
- змішаною.

Природна вентиляція здійснюється за рахунок кватирок, фрамуг, вікон. По нормам промислового будівництва всі приміщення повинні мати наскрізне провітрювання. Площа фрамуг чи кватирок приймається в розмірі не менш 2-4% від площі підлоги (більші значення приймається для приміщення з виділенням пилу, газу, парів).

Вентиляційні камери повинні бути закриті на замок, вхід до них стороннім особам заборонений, зберігати у вентиляційних камерах обладнання або матеріали забороняється[3], [16].

У цеху використовуються припливна і витяжна вентиляція.

Припливна вентиляція с вентилятором ВКР - 5, потужністю 0,75 кВт, частотою обертання 920 об / хв і продуктивністю 720 м<sup>3</sup> / год.

Витяжна вентиляція застосовується у вигляді витяжки з вентилятором По-Ц14-46-3, 15, потужністю 1,1 кВт, частотою обертання 1500 об / хв і продуктивністю 900 м<sup>3</sup> / год.

Продуктивність вентиляції:

$$W_B = K \cdot V_n, \text{ м}^3 / \text{ год} \quad (4.1)$$

$K$  - кратність об'єму повітря на годину (приймати 4)

$V_n$  - об'єм приміщення, м<sup>3</sup>

$$W_B = 4 \cdot 432 = 1728, \text{ м}^3 / \text{ год} \quad (4.2)$$

Для розрахунку витрат на вентиляцію використовую потужність застосованих електричних двигунів та їх продуктивності

Підраховую загальну потужність двигунів вентиляції, кВт

$$N = 0.75 + 1.1 = 1.85, \text{ кВт}$$

### 4.3 Освітлення приміщення ділянки ТО і ремонту двигунів

Для робочих місць виробничих підрозділів АТП застосовуються природне і штучне освітлення.

Природне і штучне освітлення визначається розрядами і підрозрядами зорових робіт, що виконуються на робочих місцях (зовнішній вигляд виробів, точність обробки, розмір і контраст об'єкта розрізнення, використаний інструмент і прилади, характеристика фону)

Для освітлення виробничих приміщень штучним світлом, як правило, використовують газорозрядні лампи. Лампи розжарювання рекомендуються для використання при неможливості використання газорозрядних ламп.

Розрахунок загального освітлення

Загальне освітлення розраховуємо за методом коефіцієнта світлового потоку:

$$F = \frac{E \cdot F_n \cdot k \cdot Z}{\eta \cdot n \cdot 10} \quad (4.3)$$

де:  $E$  – норма освітлення як;

$F_n$  – площа приміщення,  $m^2$ ;  $k$  – коефіцієнт запасу,  $k=1,3...1,5$

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення;  $Z=1,1...1,5$   $\eta$  – коефіцієнт використання освітлювальної установки;  $n$  – кількість ламп.

Для визначення коефіцієнта  $\eta$  розраховуємо індекс приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{H_c \cdot (a + b)} \quad (4.4)$$

де:  $a$  та  $b$  – довжина та ширина приміщення, м;

$H_c$  – висота розташування світильника над освітлювальною поверхнею,

м

$$i = \frac{9 \cdot 6}{3 \cdot (9 + 6)} = 1,2 \quad (4.5)$$

$$n = \frac{200 \cdot 54 \cdot 1,5 \cdot 1,5}{3000 \cdot 0,37 \cdot 10} = 2,2$$

Приймаємо  $n = 2$  лампи



#### 4.4 Техніка безпеки і електробезпека на ділянці ТО і ремонту двигунів

Перед початком роботи:

- одягнути і привести в порядок спец. одяг;
- підготувати робоче місце;
- перевірити справність інструменту обладнання;
- при виявленні несправності інструментів, обладнання, електропостачання - повідомити майстра рем. зони.

Під час роботи:

- зняття транспортування і встановлення вузлів і агрегатів на стенди проводити тільки з допомогою піднімально-транспортних засобів;
- розбирання і збирання агрегатів виконувати тільки на столі або на стендах при допомозі знімачів і відповідних пристроїв;
- при збиранні і випробовуванні, агрегат надійно закріпити на стенді;
- зняття і установку пружин проводити з допомогою спеціальних пристроїв;
- зняті деталі складувати на стелажах;
- забороняється застосовувати етилований бензин для миття деталей і вузлів;
- не допускати попадання мастильних матеріалів на підлогу;
- при отриманні травми на виробництві, негайно звертатися за допомогою і повідомити про даний випадок майстру рем. зони.

Після закінчення роботи:

- вимкнути обладнання і привести робоче місце в порядок;
- прибрати інструменти, пристрої в відведене для цього місце;
- повідомити майстру про всі недоліки, виявлені під час роботи;
- заборонено мити руки в маслі, бензині, керосині і витирати їх ганчір'ям, забрудненим тирсою і стружкою. [3], [8], [16].

Електробезпека:

По степені надійності електропостачання, всі споживачі електроенергії на агрегатній ділянці відносяться до другої категорії (з підвищеною небезпекою). Електропостачання здійснюється від місцевих електромереж напругою 380/220 В.

Силові розподільчі пункти рекомендуються серії СПА-63 з захистом відходячих ліній автоматичними вимикачами серії А3100.

В якості пускової апаратури рекомендуються магнітні пускачі серії ПА; ПМЕ. Розподільчі пункти, пускові прилади необхідно розміщувати в спеціально відведеному приміщенні.

Корпуси електродвигунів, розподільних пунктів, пускових приладів, світильників - повинні бути заземлені.

З цією метою в приміщенні ділянці повинен бути проведений спеціальний контур із стрічкової сталі 4x40 мм, який під'єднується до кожного двигуна і до контура заземлення ділянці.

Опір заземлюючого контура повинен бути не більше 4 Ом.

### **Висновки за розділом**

1. В розділі присутня виробнича санітарія та гігієна праці в які описано про організаційні заходи що належить: проведення попередніх та періодичних медичних оглядів осіб, системи підтримання чистоти у приміщеннях і на робочих місцях, забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до повітря виробничого середовища, шуму, ультра- та інфразвуку, вібрації, різних видів випромінювання, під час яких на людину в процесі трудової діяльності можуть впливати небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

2. Розраховано вентиляцію і освітлення приміщення на ділянці ремонту двигунів.

## РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Визначення розміру капіталовкладень для впровадження технології ремонту

Капіталовкладення в основні засоби для даного напрямку проектування будуть складатися лише з витрат, пов'язаних з придбанням і введенням в дію обладнання:

$$KB_{\text{обл}} = 48528 + (48528 \cdot 0,05) + (48528 \cdot 0,1) = 55796,4 \text{ (грн.);} \quad (5.1)$$

$$KB_{\text{осн.з}} = 55796,4 \text{ (грн.)}$$

Початкові капітальні вкладення на технічне переозброєння об'єкта проектування визначаємо за формулою:

$$KB_{\text{ит}} = 55796,4 + (55796,4 \cdot 0,13) = 62948,80 \text{ (грн.)}$$

### 5.2. Визначення собівартості ремонту шатуна

Відповідно до законодавства України розмір нарахувань на соціальні заходи - це єдиний податок у розмірі 22% від загального фонду заробітної плати за місяць

Загальна сума ФОП «Грубий М.З.» становить 49360 грн. Таким чином загальний відсоток відрахувань на соціальні заходи становить

$$V_{\text{сз}} = (22\%/100) \cdot 49360 = 10859,2 \text{ грн}$$

Таким чином відрахування на соціальні заходи становить 10859,2 грн

Визначення матеріальних витрат. Цей розрахунок виконується для всіх технологічно сумісних груп автомобіля по формулі:

$$V_{\text{м}} = \frac{N_{\text{м}} \cdot L_{\text{р}} \cdot K_{\text{л}} \cdot K_{\text{р.ф}}}{1000}, \text{ грн} \quad (5.2)$$

Де  $N_{\text{м}}$  – норми витрат на ремонтні матеріали на 1000км пробігу,  $N_{\text{м}}=31$

$L_{\text{р}}$  – річний пробіг автомобіля, км;

$K_{\text{л}}$  – коефіцієнт, враховуючий умови експлуатації  $K_{\text{л}}=0,9$

$K_{\text{р. ф}}$ - коефіцієнт ремонтного фонду  $K_{\text{р. ф}}=1,1$



$$B_m = \frac{31 * 120480 * 0,9 * 1,1}{1000} = 3697 \text{ грн}$$

Вартість матеріалів визначається на основі діючих норм на ТО, ТР рухомого складу. Розрахунок ведеться по кожному виду технічного впливу на 1000 кілометрів пробігу з урахуванням поправочних коефіцієнтів на умова експлуатації [7], [5], [6].

Норма витрат на матеріали на 1000 км пробігу для певного виду впливу, SM-грн.

$$C_m = (S_m * L_r) / 1000 \quad (5.3)$$

$L_r$  - річний пробіг автомобілів (з таблиці вихідних даних).

$$C_m = (31 * 1204800) / 1000$$

$$C_m = 37348,8 \text{ грн.}$$

При проектуванні роботи окремих виробничих підрозділів, крім перерахованих витрат, званих прямими, необхідно враховувати непрямі (накладні) витрати.

Річний фонд заробітної плати допоміжних робітників, керівників, фахівців і службовців визначається за формулою

$$C_{всп} = 12 * K_p * K_{гщ} * (3M_1 * N) \quad (5.4)$$

де,  $K_p$  - коефіцієнт, нарахований на заробітну плату  $K_p = 1,3$ ;

$3M_1$  - середньомісячна заробітна плата певної категорії працівників;

$N$  - кількість працівників відповідної категорії, чел.;

$N$  - число категорій, по яких ведеться розрахунок.

$$C_{всп} = 12 * 1,3 * 0,7 * 1300$$

$$C_{всп} = 14196 \text{ грн.}$$

Собівартість одного технічного впливу для моторної дільниці

$$S_{пр} = \frac{472457}{950451} * 1000 = 497 \text{ грн}$$

Таблиця 5.1 - Кошторис витрат на виробництво

Статті витрат	Сума, грн.	Далі статті,%
Зарплата виробничих робітників	49360	15,65
Нарахування на соціальне страхування	10859,2	4,08
Матеріали	373480,8	39,93
Запасні частини	24561	31,94
Накладні витрати	14196	8,40
Разом	472457	100

### 5.3 Розрахунок показників економічної ефективності проекту

Розрахунок фінансові показники роботи на дільниці ТО і ремонту;

Визначаємо планову ціну одного технічного впливу на електротехнічній дільниці, якщо коефіцієнт рентабельності відповідно до запланованого рівні прибутковості  $K_{\text{рент}} = 1,2$  [7], [5].

$$C_{\text{пр}} = 497 * 1,2 = 596,4 \text{ грн}$$

Визначаємо суму доходу дільниці

$$D_{\text{пр}} = \frac{497 * 1604424,7}{1000} = 797399,1 \text{ грн}$$

Балансовий прибуток:

$$P_6 = 797399,1 - 472457 = 324942,1 \text{ грн}$$

Визначаємо планову ціну одного технічного впливу для постових робіт ПР на дільниці, якщо коефіцієнт рентабельності відповідно до запланованого рівні прибутковості  $K_{\text{рент}} = 1,25$

$$C_{\text{пр}} = 123,15 * 1,25 = 153,94 \text{ (грн)}$$

Визначаємо планову ціну одного технічного впливу робіт ТО-1, якщо коефіцієнт рентабельності відповідно до запланованого рівні прибутковості  $K_{\text{рент}}=1,15$ , [6],[17].

$$C_{\text{ТО-1}} = 89,83 * 1,15 = 103,3 \text{ (грн)}$$

Визначаємо планову ціну одного технічного впливу робіт ТО-2, якщо коефіцієнт рентабельності відповідно до запланованого рівні прибутковості  $K_{\text{рент}}=1,15$

$$C_{\text{ТО-2}} = 441,3 * 1,15 = 507,5 \text{ (грн)}$$

Визначаємо суму доходу від постових робіт ПР:

$$D_{\text{пр}} = \frac{153,94 * 2512451,95}{1000} = 386766,9 \text{ (грн)}$$

Визначаємо суму доходу від робіт ТО-1 та ТО-2:

$$D_{\text{ТО}} = 103,3 * 506,81 = 52353,47 \text{ (грн.)};$$

### **Висновки за розділом**

1. У розділі розраховується капіталовкладення для обладнання дільниці ремонту двигунів який складає  $KB_{\text{осн.з}} = 55796,4$  (грн),  $KB_{\text{пт}} = 62948,80$  (грн.), також розраховується собівартість ремонту шатуна, річний фонд заробітної плати, кошторис витрат на виробництво, показники економічної ефективності проекту.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Проаналізовано принципи роботи двигунів внутрішнього згорання, наведено конструктивні особливості та будову кривошипно-шатунних механізмів. Встановлено, що основними складовими частинами кривошипно-шатунних механізмів є: колінчастий вал, шатуни, поршні, які передають зусилля через елементи зв'язку пальці, підшипники ковзання та втулки.

2. Розрахована виробнича програма СТО, визначено основні показники трудомісткості технологічних операцій, встановлено необхідну кількість працівників, а саме: за розрахунками явочна і штатна чисельність робітників залежать від обсягу робіт на даній дільниці (посту) і фонду робочого часу  $P_{\text{я}} = 1,46$  чол. і  $P_{\text{шт}} = 1,65$  чол. Фонд робочого місяця  $\Phi_{\text{р.м}} = 1774$  (год). Чисельність допоміжних робітників  $P_{\text{доп}} = 9.63 \approx 10$  (чол). При розрахунку кількості робочих місць, кількість постів повинна бути не менше кількості робітників  $\Pi = 3$  (поста) Орієнтовна площа для зон ТО, ПР і діагностування дорівнює  $153,12$  (м<sup>2</sup>).

3. Розглянуто технологію ремонту кривошипно-шатунного механізму, процес і послідовність ремонту шатуна, складена маршрутна технологічна карта ремонту шатуна в якій описано ряд технологічних операцій. Розроблено прилад який можна використовувати для випресування чи запресування втулок, пальців, також за допомогою пристрою можна перевіряти залишкові деформації пружності стопорних кілець. Ручний інструмент характеризується високою якістю простотою конструкції та мінімальними зусиллями в роботу. Дане пристосування можна використовувати з різними оправками для ремонту. Розраховано міцність елементів болтових з'єднань  $Q = 18,75$  Н, умова міцності виконується.

4. Присутня виробнича санітарія та гігієна праці в якій описано про організаційні заходи що належить: проведення попередніх та періодичних медичних оглядів осіб, системи підтримання чистоти у приміщеннях і на

робочих місцях, забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до повітря виробничого середовища, шуму, ультра- та інфразвуку, вібрації, різних видів випромінювання, під час яких на людину в процесі трудової діяльності можуть впливати небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Розраховано вентиляцію і освітлення приміщення на ділянці ремонту двигунів.

5. Розраховано капіталовкладення для обладнання ділянки ремонту двигунів який складає  $K_{\text{Восн.з}} = 55796,4$  (грн),  $K_{\text{Впт}} = 62948,80$  (грн.), також розраховується собівартість ремонту шатуна, річний фонд заробітної плати, кошторис витрат на виробництво, показники економічної ефективності проєкту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Products and services mobility [Електронний ресурс] : Режим доступу: [https://ua.bosch-automotive.com/uk/parts\\_and\\_accessories/motor\\_and\\_sytems/diesel/engine\\_management\\_2/engine\\_control\\_unit\\_1](https://ua.bosch-automotive.com/uk/parts_and_accessories/motor_and_sytems/diesel/engine_management_2/engine_control_unit_1)
2. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. К.: Арістей, 2004. 476 с.
3. Безпека життєдіяльності [Текст] : підруч. для студ. с.-г. вузів / І. П. Пістун [та ін.]. Львів : Світ, 1995. 288 с.
4. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. К.: Держстандарт України, 1995. 123 с. 21.
5. ДСТУ 3433-96. Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення. К.: Держстандарт України, 1998. 42 с. 22.
6. ДСТУ 3524-97. Надійність техніки. Проектна оцінка надійності складних систем з урахуванням технічного і програмного забезпечення та оперативного персоналу. Основні положення. К.: Держстандарт України, 1999. 21 с. 23.
7. ДСТУ 3942-2000. Надійність техніки. Плани випробувань для контролю середнього наробітку до відмови (на відмову). К.: Держстандарт України, 2000. 30 с.
8. Зеркалов Д.В. Основи безпеки людини. Навч. посібник. К.: Основа, 2015. 380 с.
9. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Експлуатаційна надійність автомобілів: Підручник у 2 ч., 4 кн. К.: Вища школа, 2000. Ч. 1: кн. 1. 609 с., кн.2. 458 с.; Ч.2: кн.3. 321 с.; кн. 4. 552 с.
10. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. К.: Вища школа. 1994. – Кн..1: Теоретичні основи: Технологія: Підручник. 342 с; Кн..2: Організація,

планування і управління: Підручник. 383 с.; Кн..3: Ремонт автотранспортних засобів. 495 с.

11. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. К.: Знання-Прес, 2003. 512 с.

12. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління. К.: Знання-Прес, 2004. 478 с.

13. Методи розробки та типові норми часу на ремонт автомобілів. К.: Агропромиздат, 2001. 367 с.

14. Міляєв Ю. П. Нечипоренко О. М. Основи надійності технічних систем: навч. посіб. К.: Видавн.-полігр. центр Акад. муніцип. управління, 2008. 246 с.

15. Наказ МТУ (міністерство транспорту України) № 102 від 30.03.98 «Про затвердження Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту».

16. Основи охорони праці: Підручник. 3-тє видання, доповнене та перероблене. К.Н. Ткачук, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, О. І. Полукаров, Ю. О. Полукаров, Т.Є. Луц та ін. За ред.. К.Н. Ткачука. К.: Основа. 2014. 456 с.

17. Положення про профілактичне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту України: Міністерство автомобільного транспорту України. К., 1994. 36 с.

18. Постанова КМУ № 137 від 30.01.2012 «Про затвердження Порядку проведення обов'язкового технічного контролю та обсягів перевірки технічного стану транспортних засобів, технічного опису та зразка протоколу перевірки технічного стану транспортного засобу» (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 485 від 23.09.2014).

19. Приміський В. Стандарти і засоби вимірювання димності відпрацьованих газів дизельних двигунів [Електронний ресурс] В. Приміський. Стандартизація. Сертифікація. Якість. 2014. № 3. С. 17–21.

20. Технологічне обладнання для підприємств автомобільного транспорту : підручник В. М. Міщенко, О. П. Кравченко, І. К. Шаша та ін. [під заг. ред. В. П. Волкова]. Х. : ХНАДУ, 2010. 556 с.