

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

Допущено до захисту
 “___” _____ 2024 р.
 Зав. кафедри _____ к.т.н., доцент _____
 (науковий ступінь, вчене звання)
 _____ А.В. Войтік _____
 (підпис) (ініціали, прізвище)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній рівень)

Тема: «Проектування слюсарно-механічної дільниці ремонтного цеху з розробкою технології відновлення деталей кривошипно-шатунного механізму двигунів автомобіля КамАЗ-740»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21m-im
освітньої програми магістр
спеціальності 208

«Агроінженерія»

Геращенко Ярослав Романович

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент, Петриченко Є.А.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м.Умань – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ магістр _____

Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія» _____

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ**Завідувач кафедри**_____ **А.В. Войтік**“ ” _____ **2024 р.****ЗАВДАННЯ****ДЛЯ СТУДЕНТСЬКОЇ РОБОТИ**студенту _____ **Геращенко Ярославу Романовичу** _____

1. Тема роботи: «Проектування слюсарно-механічної дільниці ремонтного цеху з розробкою технології відновлення деталей кривошипно-шатунного механізму двигунів автомобіля КамАЗ-740»

керівник роботи _____ к.т.н., доцент, Петриченко Є.А. _____

затверджені наказом вищого навчального закладу від **“14” листопада 2023 р.****№ 01-06/261**

2. Строк подання студентом роботи 25.11.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи: Детальний малюнок. Перелік дефектів; Дані дослідження.
4. Перелік питань, які потрібно розробити:
- 0

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 23 квітня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

_____ (підпис)

Геращенко Я. Р.

_____ (ім'я та ініціали)

Керівник

_____ (підпис)

Петриченко Є.А.

_____ (ім'я та ініціали)

РЕФЕРАТ

Геращенко Я. Р. «Проект ділянки ремонтного цеху для удосконалення технології відновлення деталей кривошипно-шатунного механізму двигунів автомобіля КамАЗ-740 з дослідженням впливу механічних навантажень» (Дипломна робота, Уманський національний університет садівництва, 2024: пояснювальна записка на 70 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 20 рисунків, 3 таблиці, 18 джерело літератури).

У першому розділі розглянуто умови експлуатації шатунів двигуна КамАЗ-740, їхні конструкційні особливості, призначення та основні технічні характеристики. Також проведено аналіз основних причин несправностей, що знижують робочий ресурс шатунів, та їхній вплив на довговічність двигуна.

Другий розділ присвячений технологічному процесу ремонту деталей кривошипно-шатунного механізму. Описано обладнання, необхідне для ремонту шатунів, включаючи розроблений пристрій для хонінгування отвору в нижній головці шатуна та фрезерування паза під виступ вкладиша, що сприяє точнішому відновленню параметрів деталі.

У третьому розділі проведено розрахунок кількості працівників та обладнання, необхідних для ремонтних робіт. Описано модернізований технологічний процес ремонту, що підвищує ефективність роботи авторемонтного виробництва.

Четвертий розділ описує заходи з охорони праці під час проведення ремонтних робіт, включаючи розрахунок заземлювального контуру та дії в надзвичайних ситуаціях для забезпечення безпеки персоналу.

П'ятий розділ присвячено техніко-економічному обґрунтуванню впровадження запропонованих удосконалень у виробничий процес. Зроблено висновки щодо економічної вигоди та технічної доцільності таких заходів.

Ключові слова: автомобільна промисловість, ремонт, шатун, двигун КамАЗ-740, технологічний процес, діагностика, охорона праці, економічне обґрунтування.

ЗМІСТ

Вступ	7
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Аналіз процесів зношування деталей машин	8
1.2 Аналіз технологій заміщення деталей автомобілів	10
1.3 Аналіз технологій хонінгування деталей автомобілів	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	23
2.1 Аналіз технологічності деталі	23
2.2 Обґрунтування маршруту відновлення	24
2.3 Розрахунки й вибір режимів обробки відновлюваних поверхонь шатуна й технічне нормування операцій	25
2.4. Проектування ділянки відновлення шатунів	40
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	44
3.1 Використання пристосувань в умовах АТП	44
3.2 Пристосування для кріплення шатуна і принцип роботи	45
3.3 Розрахунки пристосування на міцність	46
3.4 Конструювання й розрахунки гідравлічного приводу	50
3.5 Конструювання й розрахунки пристосування	53
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	56
4.1 Огляд впливу механічних навантажень	56
4.2 Наукові дослідження навантаження КШМ	57

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	63
5.1 Виробнича санітарія	63
5.2 Техніка безпеки	66
5.3 Пожежна безпека	67
5.4 Охорона навколишнього середовища	68
5.5 Розрахунки контуру заземлення	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	73
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Наразі автомобільний транспорт відіграє провідну роль у забезпеченні потреб як державного, так і приватного секторів України в перевезенні пасажирів та вантажів. Розвиток автомобільного транспорту в нашій країні на сьогодні можливий здебільшого через покращення організації використання автомобільного парку. Одним із ключових шляхів збільшення кількості автомобілів є ремонт транспортних засобів. Важливим аспектом продовження терміну служби відремонтованої техніки є розробка та впровадження новітніх технологій зміцнення деталей, які забезпечують високий рівень довговічності вузлів автомобіля.

Одним із перспективних напрямків у підвищенні надійності автомобільних деталей є застосування сучасних матеріалів та покриттів, таких як металокераміка, пластмаси, тверді сплави й композиційні матеріали.

Під час проведення технічного обслуговування та поточних ремонтів виконуються роботи з усунення несправностей і заміни найбільш зношених деталей. Проте, після тривалої експлуатації автомобіля настає момент, коли через вплив шкідливих процесів його надійність настільки знижується, що відновлення засобами експлуатаційних підприємств стає неможливим. У такому випадку автомобіль потребує капітального ремонту. Практика свідчить, що відновлення шатунів автомобільних двигунів не лише можливе, але й економічно вигідне.

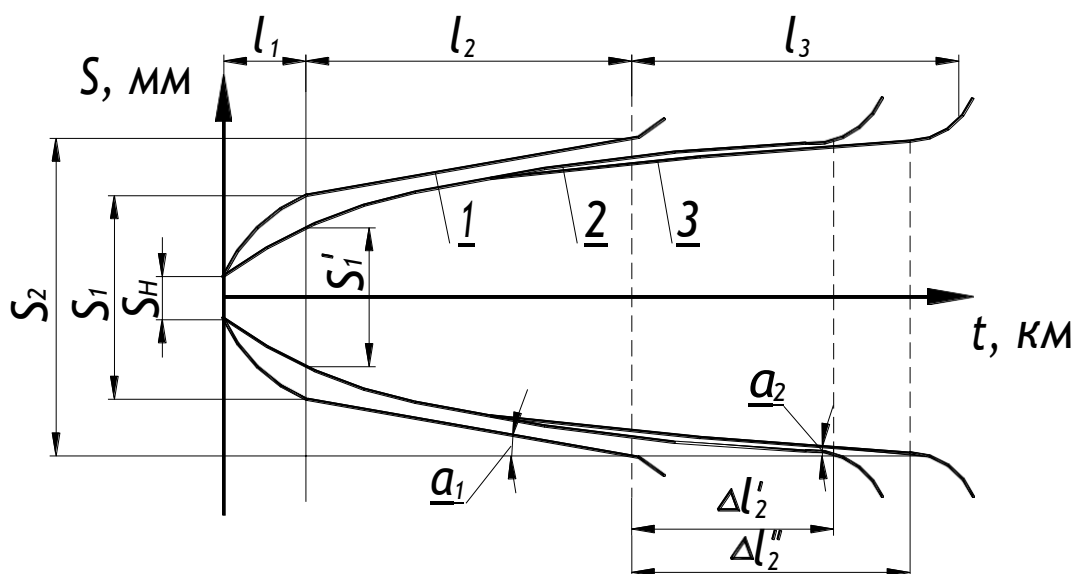
У цій роботі буде розглянуто вдосконалення процесу ремонту деталей кривошипно-шатунного механізму автомобіля КамАЗ в умовах авторемонтного виробництва.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз процесів зношування деталей машин

Під час експлуатації автомобілів робота механізмів і агрегатів призводить до змін у розмірах та формі деталей, що відбувається, зокрема, через процеси зношування. Більшість несправностей виникає внаслідок тертя між деталями, старіння матеріалів, корозійних процесів, кавітації, втоми металу, деформацій та інших чинників.

Зношування – це процес, результатом якого є відділення або залишкова деформація матеріалу деталей. Воно може бути нормальним, підвищеним або аварійним. Характер перебігу процесу зношування ілюструє рисунок 1.1, на якому видно, що з підвищенням терміну експлуатації збільшується інтенсивність зношування деталей. Зростання відстані між кривими на графіку свідчить про зміну величини зазорів у сполученнях деталей.



- 1 – збільшена швидкість зношення; 2 – коли швидкість процесу спадає;
3 – Зміна розмірів після обкатки

Рисунок 1.1 – Криві проходження процесу зношення деталей що зношуються

Для прикладу візьмемо схему ідеального перебігу процесів, яку можна розділити на кілька етапів: припрацювання (I1), процес зношування (I2), та зношення під дією пошкоджень (I3).

Не всі деталі мають чітко виражені етапи припрацювання чи аварійного зношування. В окремих випадках швидкість зношування є майже постійною, і цей процес змінюється лінійно з плином часу. У деяких випадках деталі демонструють чітко виражені етапи припрацювання і природного зношування. Інші деталі, навпаки, можуть мати однакову швидкість зношування як під час припрацювання, так і в ході нормальної експлуатації, однак аварійний етап роботи характеризується різким збільшенням швидкості зношування.

Класифікація різновидів процесу погіршення якості деталей під час експлуатації зображена на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Різновиди впливу на автомобільні деталі

Щоб зменшити зношування, викликане абразивними матеріалами, необхідно знизити їхній вплив на деталі та підвищити твердість поверхні матеріалів. Це досягається методами пластичного деформування, загартування або нанесенням порошкових карбідів. Для запобігання захопленню на контактних поверхнях деталей застосовують захисні покриття, оксидні плівки, а також подають мастильні матеріали в зону контакту. Додатково, підвищують поверхневу твердість деталей, обмежують контактні напруги та зменшують швидкість відносного переміщення.

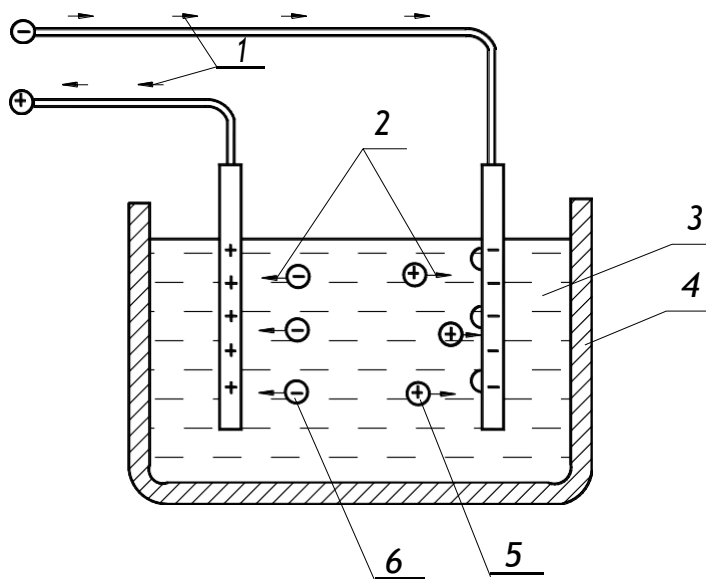
Для захисту від фретинг-корозії використовують різні методи зміцнення поверхні зон контакту, наносять м'які гальванічні покриття, тефлонові або гумові плівки тощо.

У хімічно активних середовищах, таких як рідини та різні гази, процеси корозії протікають активно, що призводить до зношування деталей внаслідок механічного впливу. Для запобігання зношуванню в таких умовах використовуються матеріали, стійкі до корозії.

Зі збільшенням пробігу автомобіля деталі поступово зношуються, і настає момент, коли його продуктивність різко знижується, а витрати на експлуатацію значно зростають. Крім того, збільшується ризик аварійних ситуацій. У такому випадку автомобіль вважається таким, що досяг межі своїх експлуатаційних можливостей. Подальша його експлуатація стає небезпечною і забороняється, після чого автомобіль або його агрегати направляються на капітальний ремонт.

1.2 Аналіз технологій залізнання деталей автомобілів

Залізнання – це процес нанесення додаткового шару матеріалу на деталь. Якщо в розчин солей, розчинених у воді, занурити два електроди, один з них набуде негативного заряду, як показано на рисунку 1.3.



- 1 – напрямок руху електронів по провідникові; 2 – напрямок руху іонів у розчині електроліту; 3 – електроліт; 4 – ванна з електролітом;
5 – позитивно заряджені іони; 6 – негативно заряджені іони

Рисунок 1.3 – Схема проходження електро струму крізь електроліт

Іони, які втратили свій електричний заряд, перетворюються на нейтральні атоми. Ці атоми утворюють зв'язки з металами катода та осаджуються на ньому у вигляді щільного шару. Саме це явище електролітичного осадження металу використовується при відновленні зношених деталей.

Електроліт готують, розчиняючи у воді солі хлориду металу та інші компоненти. Якщо для приготування електроліту використовують стружку з низьковуглецевої сталі, її попередньо знежирюють у 10–15% розчині каустичної соди при температурі 80–90 °С, а потім промивають гарячою водою (70–80 °С). Після цього знежирену стружку обробляють насиченим розчином соляної кислоти.

Однак процес залізнення має свої недоліки, одним із яких є велика кількість водню в осаді (до 2,5 м³ на 1 мг осаду). Водень може бути присутній в осаді у різних формах, що негативно впливає на механічні властивості відновлених деталей. Для видалення водню деталі після залізнення піддають низькотемпературному сульфидуванню, після чого виконують точну розмірну та чистову обробку пластичним деформуванням. Це дозволяє підвищити втомну міцність деталей на 40-45%, а зносостійкість збільшується у 1,5–2 рази.

Процес електролітичного осадження металів базується на законах Фарадея. Кількість речовини, що осідає під час електролізу, можна розрахувати за формулою.

$$G = E \cdot I \cdot t, \quad (1.1)$$

де G – кількість речовини, г;

E – електрохімічний еквівалент, г/(А·год);

I – сила струму, А;

t – час електролізу, год.

Електричний еквівалент визначається із залежності, г/(А год)

$$E = \frac{a}{26,8 \cdot v} \quad (1.2)$$

де a – відносна атомна маса металу, що осаджується;

26,8 – постійна Фарадея (кількість електрики, необхідної для виділення одного грам-еквівалента речовини);

v – валентність металу, що осаджується.

Відношення практично обложеного металу до теоретично можливого, виражене у відсотках, називається виходом по струму (або ККД процесу) і визначається по формулі

$$\eta = \frac{M_2 - M_1}{E \cdot I \cdot t} \cdot 100\% \quad (1.3)$$

де M_2 – маса зразка після нанесення шару, г;

M_1 – маса зразка до нанесення шару, г.

Необхідна товщина шару покриття (мм) для круглої деталі на 1/2 d визначається із залежності

$$h = \frac{d_0 - d_n + \delta}{2} \quad (1.4)$$

де d_0 – діаметр деталі після відновлення відповідно до вимог ТУ, мм;

d_n – діаметр деталі перед відновленням, мм;

δ – припуск на механічну обробку (на діаметр) після покриття.

Холодне залізнення проводиться в електроліті наступного состава: хлористе залізо – 400-500 г/л; йодистий калій – 5-10 г/л; сірчана кислота – 1 мол/л; зміст соляної кислоти визначається по щільності рН, яка повинна бути небільш 1,5.

У гарячих електролітах при температурі (t) 60-80 °С і щільності струму (Дк) 30-60 А/дм² в електроліті одержують щільні й гладкі покриття з високою мікротвердістю 5000-7000 МПа.

Товщина покриття обмежується появою на поверхні осаду шорсткості та дендритів, що утворюються тим швидше, чим вища щільність струму та нижча температура електроліту. Через це товщина покриття зазвичай обмежується в межах 0,3-0,4 мм.

Процес осадження заліза в кислих хлористих електролітах здійснюється із застосуванням розчинних анодів, виготовлених із низьковуглецевих сталей, таких як сталь 08 або 10.

Під час розчинення анодів утворюється шлам, тому для уникнення забруднення аноди поміщають у чохли зі склотканини.

Процес залізнення є досить ефективним завдяки великому електрохімічному еквіваленту заліза (С), що дорівнює 1,042 г/(А·год), та високому виходу за струмом (η), який досягає 85-90%. Це забезпечує швидкість осадження заліза, яка в 15 разів перевищує швидкість осадження хрому.

Час процесу залізнення (T_0) у хвилинах можна розрахувати залежно від заданої товщини покриття (h) у міліметрах для визначених параметрів режиму залізнення.

$$T_0 = \frac{h \cdot \gamma \cdot 1000 \cdot 60}{C \cdot D_k \cdot \eta} \quad (1.5)$$

де $\gamma = 7,8$ – щільність заліза, г/см³.

Періодичність зміни полярності реверсивного струму становить 5-10 разів хвилину, причому тривалість катодного періоду (τ) стосовно анодного (τ) становить для різних видів покриттів від 5:1 до 10:1. [6].

Частим випадком реверсування струму є застосування струму із промисловою частотою 50 Гц, величина якого регулюється реостатами (рис.1.5) так, щоб відношення катодного й анодного імпульсів, називане коефіцієнт асиметрії, було більше одиниці

$$\beta = I_k / I_a > 1. \quad (1.6)$$

Покриття, отримане за допомогою асиметричного змінного струму, демонструє відмінну з'єднуваність з основним металом. Це досягається завдяки змінній твердості покриття в залежності від його товщини. У перші 2-3 хвилини відбувається осадження шару з мікротвердістю 2500 МПа, в якому присутні ненапружені грати. Цей шар забезпечує надійне зчеплення з основним металом при низьких значеннях. Після цього, підвищуючи значення, мікротвердість покриття збільшується, що супроводжується підвищенням швидкості його нарощування (див. рис. 1.4).

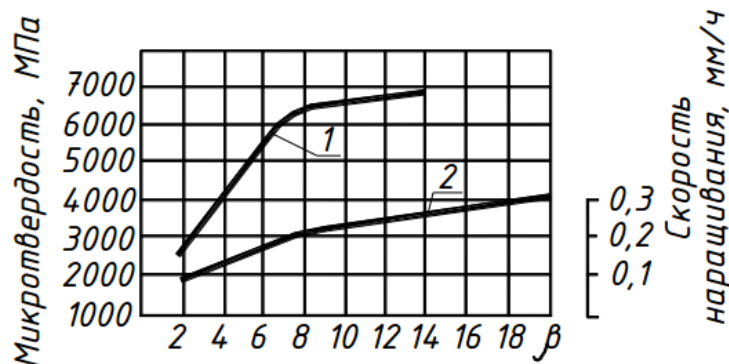


Рисунок 1.4 – Вплив коефіцієнта асиметрії на мікротвердість покриття (1) і швидкість нарощування (2)

Перед електролітичним нанесенням заліза проводиться механічна обробка поверхні для відновлення правильної геометричної форми, що включає усунення овальності та конусоподібності, викликаних нерівномірним зношуванням. Обробка здійснюється на шліфувальних верстатах, після чого поверхня полірується до значення шорсткості $Ra=0,16$ мкм.

Технологічний процес залізнення розпочинається з ретельного очищення та знежирення деталі. Знежирення відбувається в кілька етапів. Спочатку деталі промивають бензином, уайт-спіритом або іншими розчинниками. На другому етапі проводиться електролітичне знежирення в гарячих розчинах лугів при щільності струму $5-10$ А/дм² протягом 1-2 хвилин. Після цього знежирені деталі ретельно промиваються.

Наступним етапом є ізоляція зон, які не підлягають залізненню. Для цього використовують ізоляційні матеріали, такі як цапон-лак, ерисит або гуму.

На останньому етапі перед залізненням проводять анодну обробку (анодне травлення), щоб видалити окисні плівки, які утворюються під час знежирення та промивання, а також для виявлення структури металу. Після анодного травлення деталей ретельно промивають у гарячій воді до повного видалення залишків кислоти, після чого її відразу подають у ванну для залізнення.

Залізнення є ефективним способом відновлення отвору в нижній головці шатуна двигуна КамАЗ-740. Установка для залізнення включає бак з електролітом, кислотостійкий насос, пристосування для закріплення деталі, анод та випрямляч з перекидним рубильником. Пристосування для фіксації деталі виготовляється з некорозійних матеріалів, стійких до агресивного середовища. Перемішування розчинів здійснюється механічними мішалками або за допомогою

очищеного стисненого повітря, яке фільтрується від масла та пилу перед подачею у ванну.

На відміну від термічних методів відновлення (наплавлення), гальванічне залізнення проводиться при кімнатній температурі. Це виключає негативний вплив на структуру матеріалу деталі, не викликає появи зон підвищених внутрішніх напружень та не призводить до утворення тріщин. Крім того, вартість устаткування та витратних матеріалів для гальванічного залізнення є значно нижчою порівняно з термічними методами.

1.3 Аналіз технологій хонінгування деталей автомобілів

Процес хонінгування використовується для остаточної обробки високоточних отворів у циліндрах, гільзах, шатунах і роликах і здійснюється на хонінгувальних верстатах. Хонінгування — це малоефективний процес, який застосовують у випадках, коли відношення довжини до діаметра отвору $L/D \geq 5$, з вимогами до шорсткості $IT \leq 9$ мкм та точності $IT \leq 9$. Ця технологія дозволяє коригувати геометричну форму отвору в поздовжньому та поперечному перерізах, підвищувати розмірну точність та зменшувати шорсткість поверхні. Під час хонінгування на обробленій поверхні...

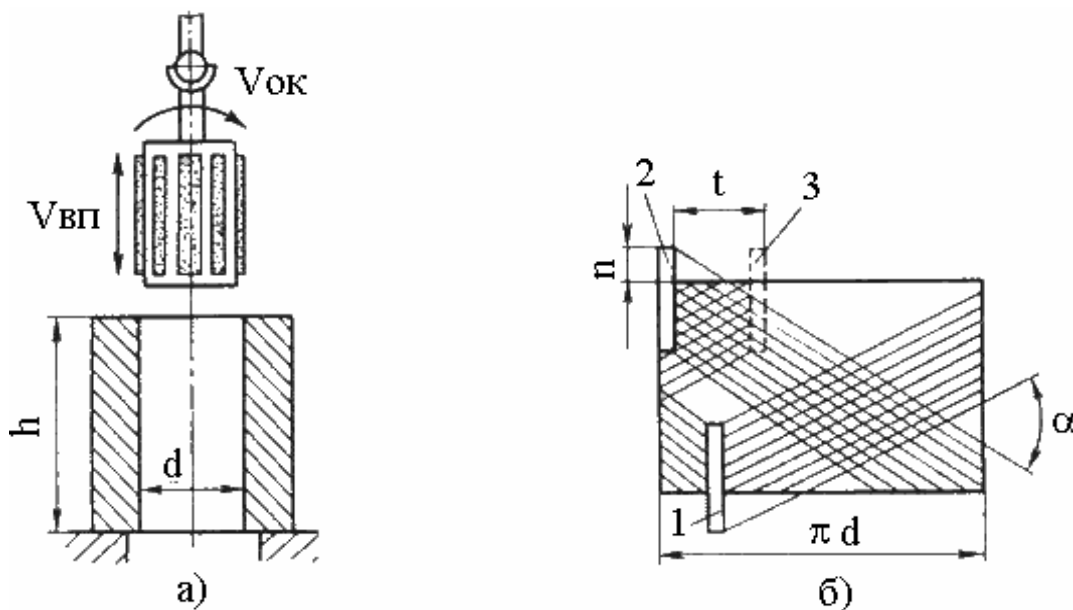
При хонінгуванні на обробленій поверхні утворюється мікропрофіль у вигляді сітки, що забезпечує високу масляну ємність і велику опорну площу контакту. Процес хонінгування дозволяє досягти таких параметрів точності та шорсткості: точність розмірів — IT6-IT8; ступінь точності форми — IT5-IT7; шорсткість поверхні — до $Ra = 0,2-0,8$ мкм.

Для хонінгування використовують алмазні та абразивні бруски, які рухливо закріплені в пазах хонінгувальної головки. Бруски обертаються навколо осі інструмента та виконують поздовжні зворотно-поступальні рухи. Радіальна подача здійснюється за допомогою гідравлічного механізму, що вбудований у шпиндельну бабку, а величина врізання брусків визначається тиском у гідравлічній системі.

Ефективність процесу хонінгування та можливість досягнення заданих параметрів точності і шорсткості залежать від таких факторів:

- конструкції виробу;
- властивостей оброблюваного матеріалу;

– параметрів точності і шорсткості заготовки, сформованих на попередніх етапах обробки.



h – висота оброблюваної деталі, мм; d – діаметр оброблюваного отвору, мм;

$V_{ок}$ – окружна швидкість, м/хв; t – величина перекриття слідів бруска, мм;

$V_{он}$ – швидкість зворотно-поступального руху, м/хв; n – величина перебігу, мм;

α – кут перекриття сітки.

Рисунок 1.5 – Схема процесу хонінгування (а) та формування мікрорельєфу (б).

Хонінгування переважно застосовується для обробки циліндричних наскрізних отворів, що створює найкращі умови для виходу інструмента. Змащувально-охолоджувальна рідина ефективно видаляє продукти зношування брусків і мікростружку з зони різання.

При обробці глухих отворів необхідно виконати виточення в глухих кінцях отвору для виходу хонінгувальної головки. Ширина цього виточення повинна становити не менше $1/3$ висоти хонінгувального бруска.

Одним із недоліків керамічних абразивів є їхнє швидке зношування. При недостатньому контролі це може призвести до появи конусності. На відміну від цього, алмазні хонінгувальні бруски з металевим зв'язуванням зношуються дуже повільно. Менше зношування означає, що такі бруски забезпечують набагато рівніший обробіток, що зменшує конусність у порівнянні з керамічними.

Загальна тенденція в галузі йде в напрямку алмазного хонінгування. На сьогоднішній день більш ніж половина нових хонінгувальних верстатів або

відразу оснащені алмазними брусками, або, якщо спочатку мають керамічні бруски, незабаром переробляються під алмазні (див. рис. 1.6).

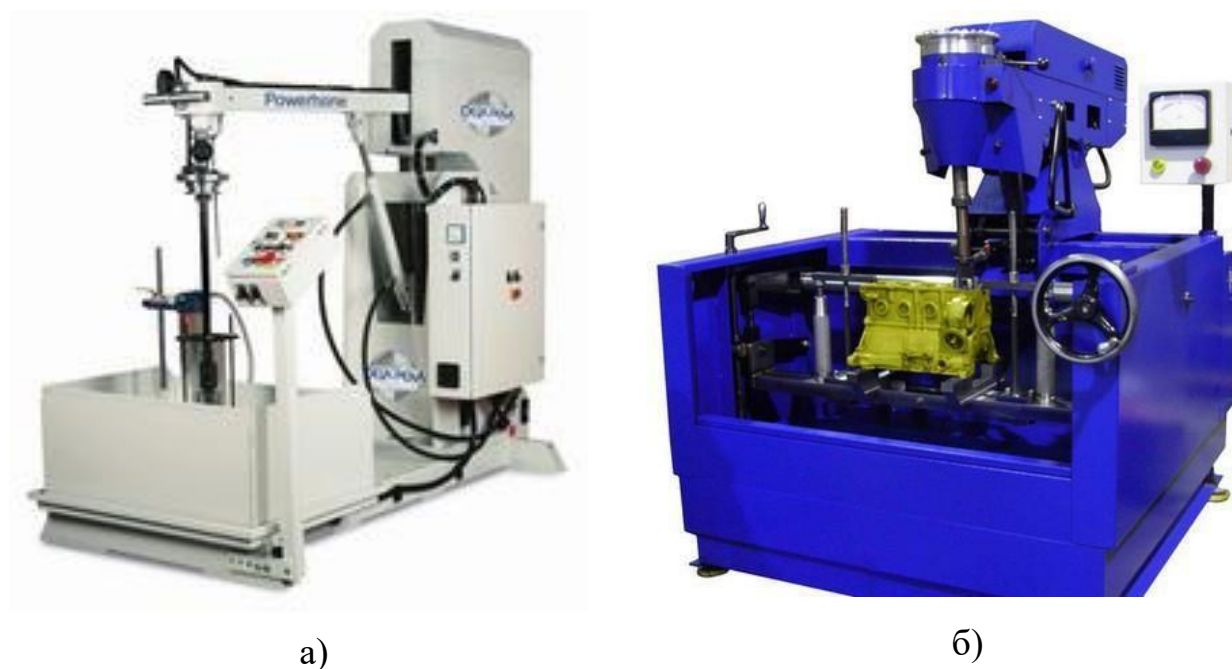


Рисунок 1.6 – Вертикально-хонінгувальні верстати іноземного виробництва DELAPENA (а) і МЕХАНІКА СК-12 (б)

Для запису алмазних брусків використовуються наступні позначки: 100×12×6×3×60 АСМ 80/60 100 М1.

Розміри хонінгувального бруса: $L=100$ мм, $B=12$ мм, $H=6$ мм, $S=3$, $R=60$ показано на рис.1.7.

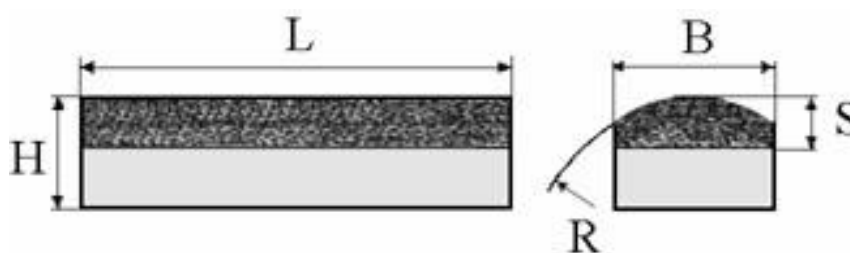


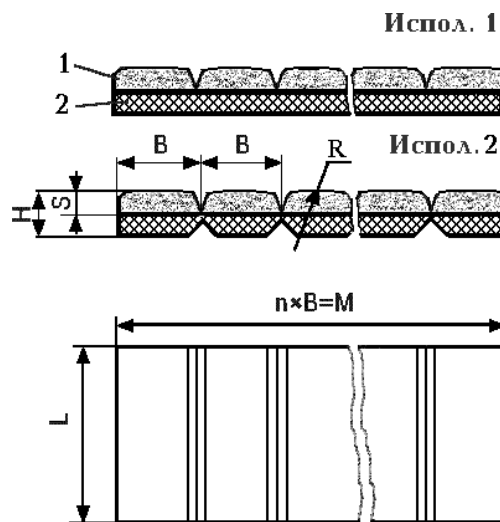
Рисунок 1.7 – Розміри алмазних хонінгувальних брусків

Вибір розміру брусків залежить від розмірів колодок хонінгувальних головок. Використовується марка алмазів АСМ (див. табл. 1.1 у додатках), зернистість 80/63 (див. табл. 1.2 у додатках) та концентрація алмазів 100%. Тип зв'язування брусків – металева (див. табл. 1.3 у додатках).

Концентрація алмазів у брусках безпосередньо впливає на економічність процесів хонінгування. Для обробки чавуну зазвичай використовують концентрацію 50% або 75%, тоді як для обробки сталі рекомендується 100%. У випадках, коли обробляються отвори з більшими співвідношеннями довжини до

діаметра (L/D) у сталевих загартованих деталях, застосовується 150% концентрація.

На сьогодні активно використовуються алмазні бруски на металополімерній основі для високопродуктивного хонінгування. Основна мета їх застосування — хонінгування робочих поверхонь гільз, блоків циліндрів і втулок двигунів внутрішнього згоряння (ДВС), дизельних і пускових двигунів, а також інших деталей машин і механізмів. Загальний вигляд таких брусків представлений на рисунку 1.8, а їх типорозміри наведені в таблиці 1.3.



1 – алмазовмістимий шар; 2 – корпус

Рисунок 1.8 – Розміри алмазних хонінгувальних брусків на металополімерній основі

Інструмент виготовляється у формі блок-брусків на основі високомодульного металополімерного зв'язування марок ВР12 та ВР13, а також низькомодульного антифрикційного самозмащувального полімерного зв'язування марки В2-04. Корпус брусків виготовляється з в'язкопружного металополімерного композита, що забезпечує необхідну опорну твердість для алмазовмістимого шару. Блок розрізається на окремі бруски.

Перевагами цього інструмента є можливість стабільного забезпечення необхідної макрогеометрії, шорсткості поверхні $R_a = 0,8\text{--}0,9$ мкм та глибини рисок $R_t = 10\text{--}15$ мкм. Використання таких брусків також підвищує продуктивність обробки на 30%. Стійкість брусків на полімерній основі в 80–150 разів вища за таку ж стійкість керамічних брусків, при цьому якість хонінгування залишається на високому рівні. Розміри блок-брусків наведені в таблиці 1.3 (додатки).

При хонінгуванні важливо зв'язати швидкість подачі шпинделя і його частоту обертання, використовуючи математичний апарат. Варто врахувати, що вертикальне переміщення шпинделя верстата має залежність від кута, на який повертається кривошип, що можна описати за допомогою формули:

$$h = \frac{S}{2} \cdot (1 - \cos \varphi) \quad (1.1)$$

де S – повний хід шпинделя;

h – переміщення шпинделя верстата;

φ - кут повороту кривошипа.

З неї, після диференціювання за часом, можна знайти поточну швидкість.

Переміщення шпинделя.

$$v = \frac{dh}{dt} = \frac{wS}{2} \sin a \quad (1.2)$$

де w - кутова швидкість обертання кривошипа.

Швидкість переміщення шпинделя змінюється за синусоїдальним.

Законом і досягає свого максимуму ($v_{max} = ws/2$) у середини повного ходу

Шпинделя ($h=S/2$). Саме ж рівняння (1.2) здобуває наступний вид

$$v = v_{max} \cdot \sin \varphi \quad (1.3)$$

З формули (1.1) випливає, що

$$\cos \varphi = 1 - 2 \cdot \frac{h}{S} \quad (1.4)$$

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

Кута повороту кривошипа

$$\sin \varphi = 2 \cdot \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{h}{S}\right)^2}{S}} \quad (1.5)$$

Тоді формула (1.3), що зв'язує поточну швидкість переміщення шпинделя

з його максимальної, здобуває вид

$$v = 2v_{max} \sqrt{\frac{h \left(1 - \frac{h}{S}\right)}{S}} \quad (1.6)$$

Проаналізувавши отриману формулу (1.11), одержимо, що у верхньому й

нижньому положеннях шпинделя швидкість його переміщення v дорівнює

нулю й досягає свого максимуму при $h=S/2$.

Частота обертання шпинделя ($n_{шп}$) постійна, але лінійна швидкість (u)

хонінгувального інструмента залежить від діаметра оброблюваного

отвору.Ці

Величини зв'язані наступним рівнянням

$$u = \pi \cdot D \cdot n_{\text{шп}} \quad (1.7)$$

де D- діаметр отвору.

Тоді кут хонінгування (α) перебуває по наступній формулі

$$\alpha = \arctg \frac{v}{u} \quad (1.8)$$

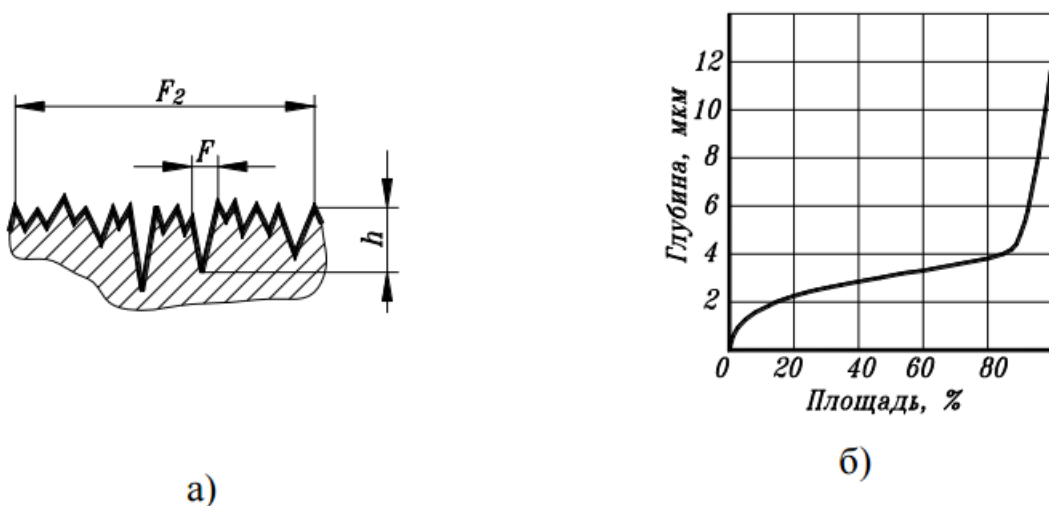
У формулі (1.8) значення швидкостей v і u визначаються формулами (1.7) і (1.6)

Підставляючи їх, одержуємо

$$\alpha = 2 \arctg \frac{2v}{\pi \cdot D \cdot n} \sqrt{\frac{\left(\frac{h \cdot 1 - s}{s} \right)}{s}} \quad (1.9)$$

Таким чином, кут хонінгування (α) не залишається постійним, а при зазначених режимах хонінгування змінюється від значення, рівного 0° у

Крайніх положеннях шпинделя, до максимального- у середині його ходу, де $h = S/2$ [8]



а)

б)

а) – мікровпадини профілю поверхні;

б) – залежність відносної площі мікровпадин F/F_2 від їхньої глибини h

Рисунок 1.9 – Крива Аббота

На кривій Аббота є перегин. У цій крапці западини основної шорсткості переходять в опорну поверхню. Мікропрофіль хонінгувальної поверхні, описуваний кривій Аббота, залежить від характеристик застосовуваних абразивних брусків і режимів хонінгування.

2 ТЕОРИТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Огляд впливу механічних навантажень

У цьому розділі представлено моделювання навантаження привода механічного преса з використанням методу кінцевих елементів. Основною метою дослідження є оцінка зміни величини напруг в елементах привода преса залежно від зазорів у з'єднаннях після виконання технологічної операції.

У роботі як об'єкт дослідження розглядається кривошипно-шатунний механізм однокриводного преса, що не наклоняється, з силою 250 кН (модель K2124).

Дослідження спрямоване на оцінку величини напруг у з'єднаннях елементів преса після виконання технологічної операції, оскільки при розвантаженні системи зазори можуть заповнюватися в невизначеній послідовності. Це призводить до виникнення ударних навантажень у з'єднаннях, які, в свою чергу, викликають додаткову вібрацію й шум.

Процес зміни зазорів у зчленуваннях привода носить випадковий характер. Існуючих досліджень щодо впливу зазорів на параметри вібрацій у ковальсько-пресових машинах є обмеженою, тому метою моделювання стало вивчення впливу величини зазорів і положення механізму на величину ударного навантаження — першопричини коливань у системі. Дослідження базуються на визначенні величини напруг, що виникають в елементах кривошипно-ползунного механізму після виконання технологічної операції.

Для проведення досліджень були використані два програмні продукти: SolidWorks 2005 та Ansys 8.0 / Workbench.

Причиною вибору програми SolidWorks 2005 є те, що на даний момент вона є однією з найпотужніших параметричних систем автоматизованого проектування. Вона дозволяє створювати моделі різних просторових деталей, які потім об'єднуються в складні складальні одиниці. Програма повністю параметризована та автоматизована, що сприяє ефективному моделюванню та аналізу.

Дослідження та результати

Під час моделювання були враховані різні варіанти зазорів та їх вплив на величину напруг у з'єднаннях. Результати аналізу показали, що:

- Зазори в з'єднаннях призводять до значних коливань напруг в елементах механізму, особливо під час динамічних навантажень.
- Вибір певних зазорів може зменшити ударні навантаження та, відповідно, вібрації, що позитивно вплине на експлуатаційні характеристики преса.
- Систематичний підхід до контролю зазорів і регулярна їх перевірка можуть істотно підвищити надійність роботи механізму.

можливість створювати твердотільні моделі, на основі яких автоматично формуються креслення та специфікації; також є можливість розробляти складні поверхні, які змінюють свою конфігурацію відповідно до заданих функціональних залежностей. У рамках проведеного дослідження в цій програмі була створена модель розглянутого преса.

ANSYS — це пакет для кінцево-елементного моделювання та аналізу, що використовується для вирішення різноманітних завдань, таких як: статична та динамічна міцність механічних конструкцій, теплообмін, гідро- та аеродинаміка, гідравліка, електромагнітне поле, акустика тощо. Цей пакет надає широкий спектр розрахункових можливостей, що дозволяють враховувати фізичні властивості різного роду, а також різноманітні нелінійності, такі як:

- Пластичність і пружність у формі кусочно-лінійної залежності «деформація-напруження»;
- В'язкопластичність, повзучість, набрякання, в'язкоеластичність;
- Геометричні нелінійності (великі деформації та переміщення);
- Нелінійності самого елемента (загальні поверхневі контактні елементи, елементи взаємодії, елементи з армуванням).

ANSYS також має розширені графічні можливості для візуалізації результатів досліджень, що сприяє більш зрозумілій та ефективній презентації отриманих даних.

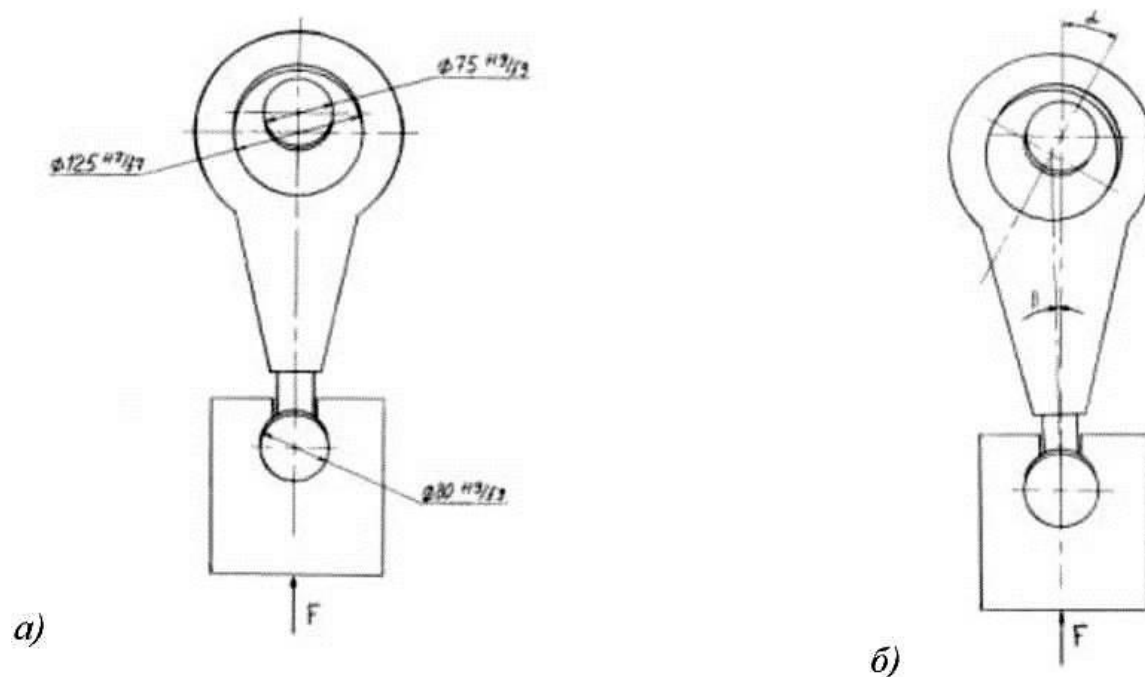
2.2 Наукові дослідження навантаження КШМ

У проведеній роботі в даній програмі був зроблений розрахунок й аналіз створеної моделі розглянутого преса.

Моделювання процесу нагрівання системи містило в собі кілька етапів:

1. У програмі Solid Works 2005 з урахуванням усіх зазорів була створена твердотільна модель кривошипно-шатунного механізму. При створенні

моделі були введені наступні допущення: а) геометричні елементи системи припустимо спрощувалися; б) кривошипно-шатунний механізм розглядався у двомірному просторі; в) зазори в підшипниках уважалися однаковими; г) максимальна й мінімальна величини зазорів (рис. 2.1, а)) вибиралася без обліку зношування сполучень, тобто по рекомендованим виробниками преса посадкам; д) стики вважалися абсолютно твердими; е) стики вважалися абсолютно гладкими, тертя й вплив змащення в спряженнях елементів не враховувалися.



а – кут рівний 0° ; б – відхилення на кут β

Рисунок 2.1 – Положення механізму при куті відхилення осі шатуна:

2. За допомогою спеціальної підпрограми, що перебуває в пакеті Solid Works 2005, створена модель була інтегрована в програму кінцево-елементного аналізу ANSYS/Workbench 8.0.

Таблиця 2.1 – Зміна зазорів по видах зчленувань

Варіант	Зчленування	Постійний або мінливий зазор / величина зазору, мм
I	«Шатун – вал»	постійний / 0,12
	«Підшипник – вал»	постійний / 0,18
	«Шатун – поршневий палець»	максимальний / 0,18
		мінімальний / 0,05
II	«Шатун – вал»	максимальний / 0,12
		мінімальний / 0,04
	«Підшипник – вал»	постійний / 0,18
	«Шатун – поршневий палець»	постійний / 0,18
III	«Шатун – вал»	постійний / 0,12
	«Підшипник – вал»	максимальний / 0,18
		мінімальний / 0,05
	«Шатун – поршневий палець»	постійний / 0,18

При аналізі розглядалися три положення кривошипно-ползунного механізму, відповідно до кута повороту кривошипа α : 0° (рис. 2.1, а)), 15° та 30° (рис. 2.1, б)). При моделюванні навантаження системи було ухвалено, що воно дорівнює номінальному значенню сили преса, яка становить 250 кН.

У процесі моделювання навантаження кривошипно-ползунного механізму були розглянуті варіації зазорів, що наведені в таблиці 1. Моделювання здійснювалося для шести різних варіантів співвідношення зазорів.

Для ілюстрації результатів, на рис. 2.2 та рис. 2.3 представлені дані моделювання навантаження кривошипно-шатунного механізму при куті повороту кривошипа, рівному 30° , для мінімального та максимального значень зазорів. Це дає змогу порівняти вплив різних значень зазорів на характеристики механізму в умовах навантаження.

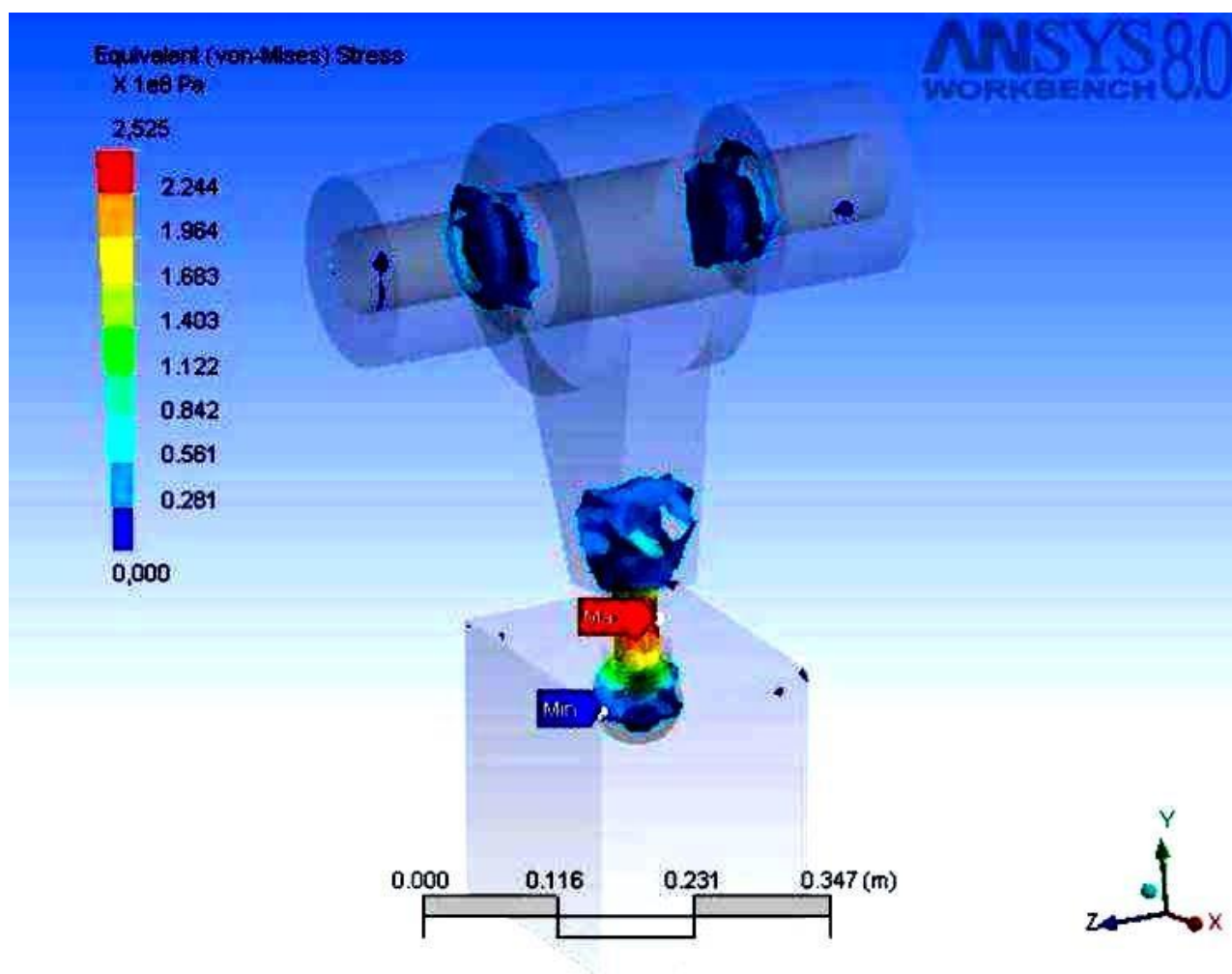


Рисунок 2.2 – Результати моделювання навантаження кривошипно-шатунного механізму при куті повороту кривошипа, рівному 30° , для визначення максимального значення зазору

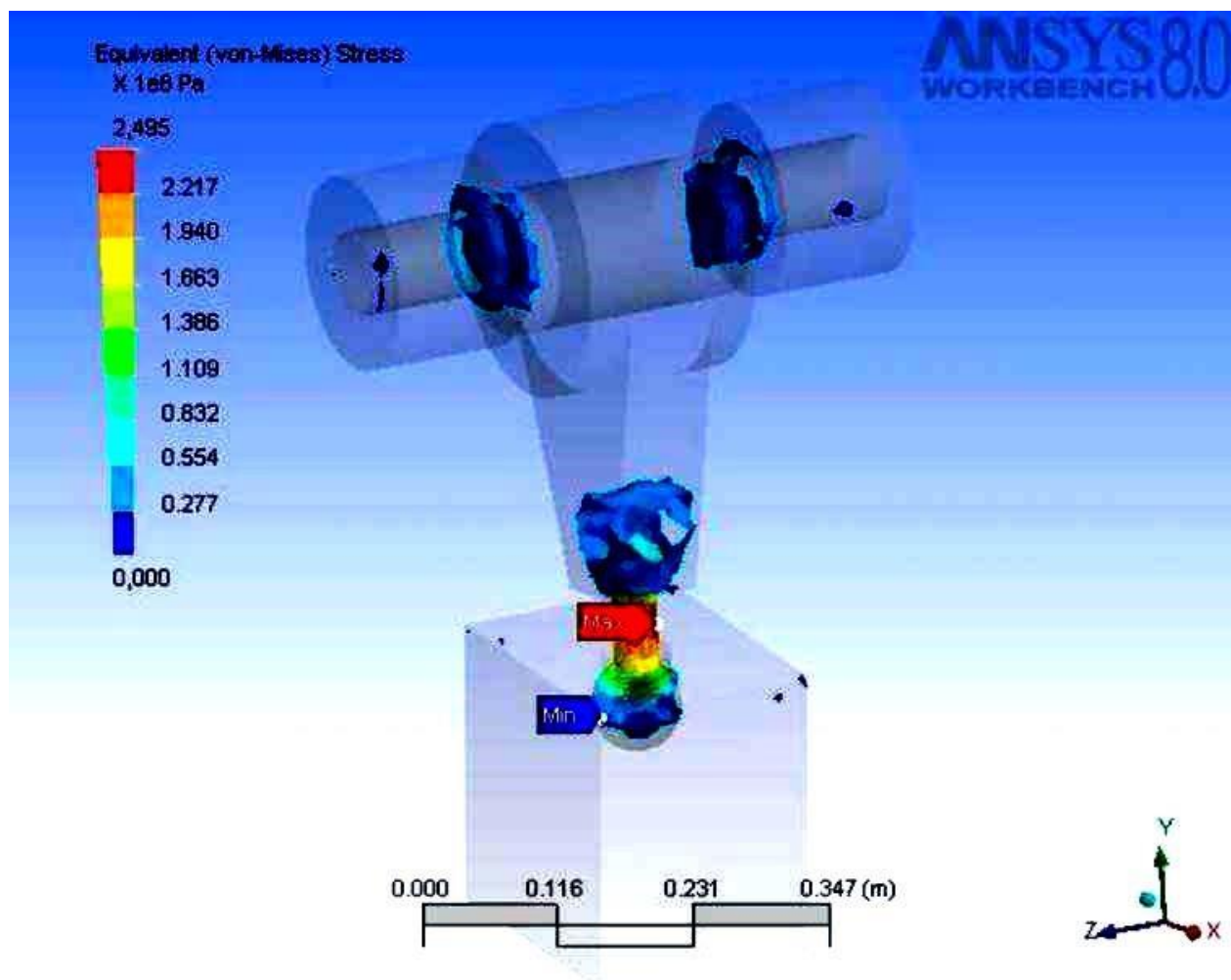


Рисунок 2.3 – Результати моделювання навантаження кривошипно-шатунного механізму при куті повороту кривошипа, рівному 30, для мінімального значення зазору

З результатів моделювання видно, що при навантаженні кривошипно-ползунного механізму максимальні напруги виникали в найслабшому елементі системи — у різьбленні гвинта регулювання довжини шатуна. Отримані результати для всіх варіантів моделювання були представлені у вигляді графічної залежності (див. рис. 2.4), на якій відображаються значення максимальної напруги в системі залежно від положення механізму та варіанта зазорів.

Ці дані свідчать про те, що варіації зазорів, а також зміна кута повороту кривошипа значно впливають на напружений стан елементів механізму. Це підкреслює важливість ретельного контролю зазору та регулювання механізму для забезпечення його надійності й тривалої експлуатації. Також результати дослідження можуть бути корисними для подальшого вдосконалення конструкції, що дозволить зменшити ризик виникнення збоїв і збільшити ресурс роботи механізму.

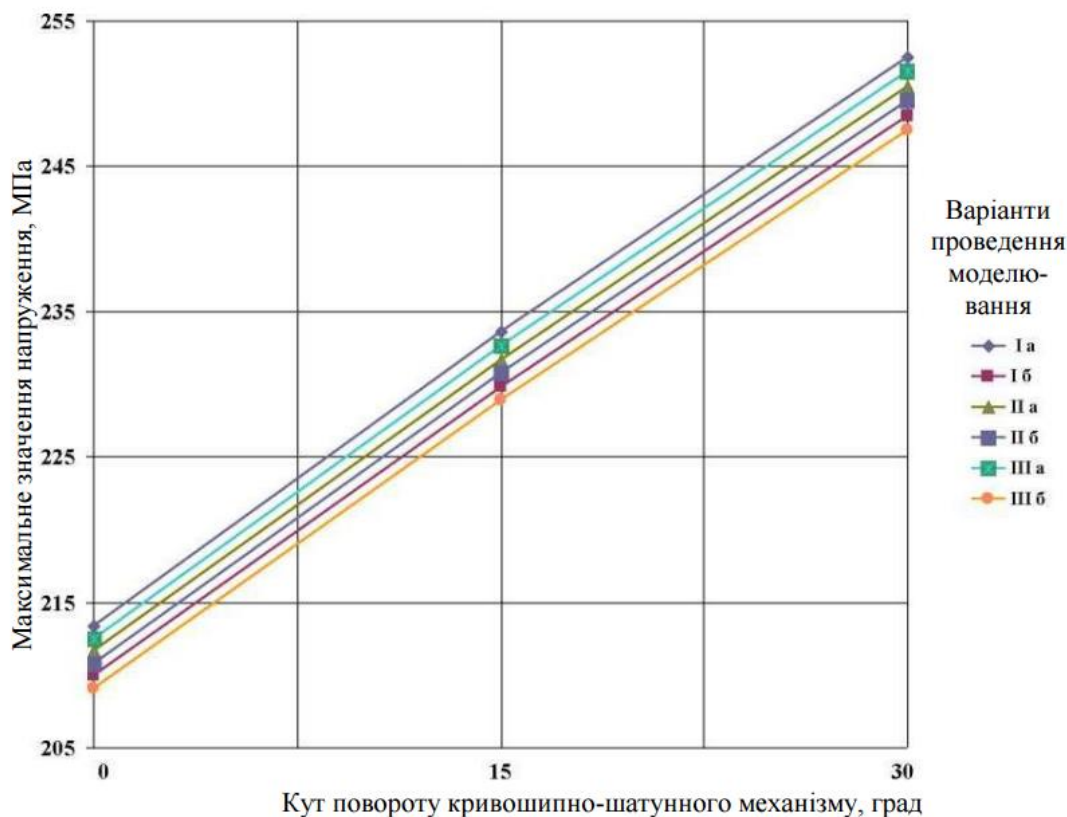


Рисунок 2.4 – Залежність максимальної напруги системи від кута повороту шатуна

За результатами проведеного дослідження були зроблені наступні висновки.

При збільшенні кута повороту осі шатуна від 0 до 30° максимальні напруги в елементах системи зростають на 18%.

При збільшенні зазору в певному сполученні максимальна напруга зростає від 0,4 до 4,2%.

З викладеного випливає, що зміна кута повороту осі шатуна (тобто положення повзуна преса по ходу його руху - кут у на рис. 1) виявляє значно більший вплив на зміну напруг системи, ніж зміна зазорів у сполученнях механізму

Можна припустити, що вплив зазорів може бути «недообліковане» внаслідок того, що їх збільшення може приводити до більшого перекосу системи «повзун - напрямні», втрати площинності контакту в зчленуваннях, і якнаслідок - ударним навантаженням, шуму і т.д.

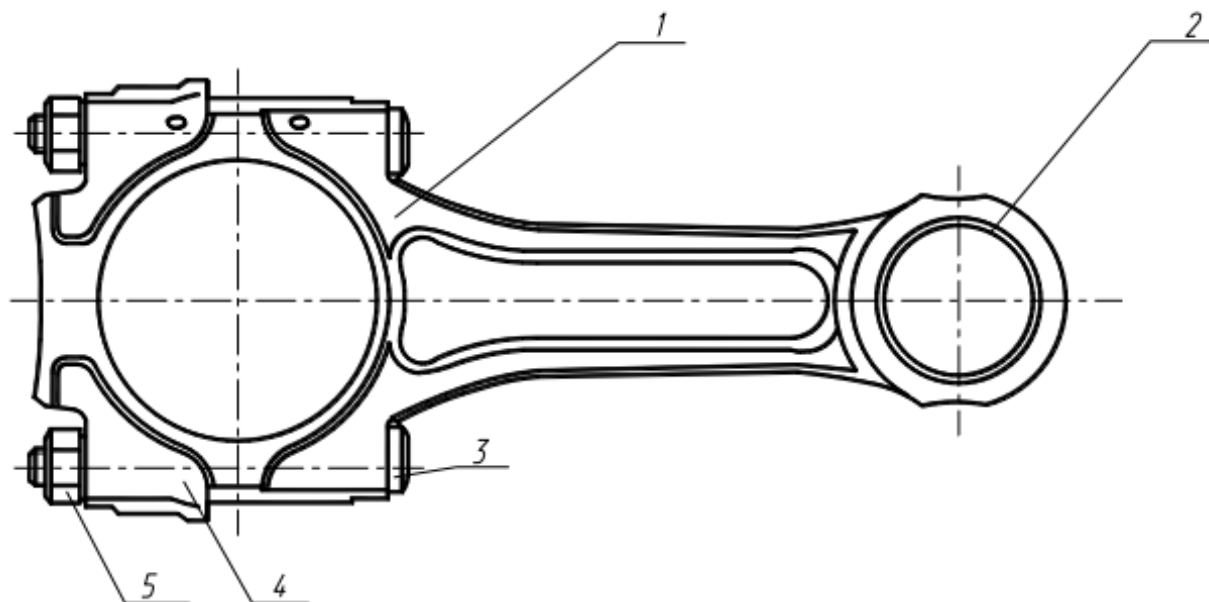
Можна припустити, що при збільшенні зазорів їх вплив на напруження системи буде значно зростати в порівнянні з регламентованими (паспортними) значеннями, представленими в проведеній роботі. Дані твердження вимагають додаткової експериментальної перевірки.

3 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка організаційно-аналітичних рішень

3.1.1 Аналіз технологічності деталі

Шатун – деталь автомобільного двигуна показаний на рис.2.1. Ця деталь виготовляється зі сталі 40ХН2МА, з твердістю 245– 285 НВ та у розрізі має форму двотавра.



1 – шатун (матеріал – сталь 40ХН2МА, твердість 245-285 НВ); 2 – втулка (матеріал – бронза Бр. ОС 10-10); 3 – болт (матеріал – сталь 40ХНМА, твердість 35–38 НВ); 4 – кришки шатуна (матеріал – сталь 40ХН2МА, твердість 245 – 285 НВ); 5 – гайка (матеріал – сталь 40ХНМА, твердість 35-38 НВС);

Рисунок 3.1 – Деталь № 740.1004045 шатун у зборі двигуна автомобіля КамАЗ-740

Основними несправностями шатунів двигуна автомобіля є:

- тріщини;
- зрив болтів для закріплення шатуна;
- спрацювання верхньої частини шатуна;
- спрацювання нижньої частини шатуна;
- спрацювання торців нижньої частини шатуна;
- спрацювання отвору для закріплення шатунних кришок болтом;
- спрацювання самих кріпильних болтів;
- згинання і скручування самого стержня шатуна.

3.1.2 Обґрунтування маршруту відновлення

Для оцінки стану шатуна спочатку проводять контроль та сортування деталі. Після завершення цих операцій формується висновок щодо придатності шатуна: він може бути придатним для подальшої експлуатації, непридатним або таким, що підлягає відновленню. Основні дефекти шатуна двигунів автомобілів КамАЗ-740 та рекомендації щодо їх усунення зібрані в таблиці .

Для відновлення посадкового місця під вкладиш нижньої головки шатунів рекомендується використовувати процес залізнення на спеціальній установці .

Процес відновлення шатунів вимагає наявності спеціалізованих ділянок та необхідного інвентарю. Виходячи з вищезазначеного, пропонується наступний технологічний процес відновлення шатунів двигуна КамАЗ-740:

005 Шліфувальна – Шліфування торців нижньої головки шатуна.

010 Впресовування – Впресовування зношеної втулки верхньої головки шатуна.

015 Хонінгування – Хонінгування отвора в нижній головці шатуна для підготовки до залізнення.

020 Гальванічна – Металізація отвора в нижній головці шатуна.

025 Шліфувальна – Шліфування торцевих поверхонь верхньої головки шатуна з обох сторін.

030 Запресовування – Остудження втулки в рідкому азоті та установлення її в отвір верхньої головки шатуна.

035 Токарська – Розточування одночасно отворів у втулці верхньої головки шатуна та нижній головці шатуна на спеціальному розточувальному верстаті.

040 Свердлильна – Зенкування фасок в отворі нижньої головки шатуна з обох сторін.

045 Хонінгувальна – Хонінгування попереднього отвору в нижній головці шатуна.

050 Слюсарна – Відвертання гайок, випресовування болтів, зняття кришки шатуна.

055 Фрезерна – Фрезерування паза у шатуні під виступ вкладиша.

Дотримання даного маршруту відновлення дозволить забезпечити якість та надійність відновлених шатунів, підвищуючи їх експлуатаційні характеристики.

Кожен етап технологічного процесу має свої специфічні вимоги, що забезпечують ефективність та точність виконання робіт.

060 Фрезерна. Фрезерувати паз у кришці шатуна під виступ вкладиша. 065 Слюсарна. Зібрати шатун 1 із кришкою 4.

070 Хонінгувальна. Хонінгувати остаточний отвір у нижній головці шатуна.

075 Контрольна. Контролювати виконавчі розміри.

Маршрут технологічної операції і устаткування операції відновлення шатунів двигунів КамАЗ-740.

3.1.3 Розрахунки й вибір режимів обробки відновлюваних поверхонь шатуна й технічне нормування операцій

005 Шліфувальна.

Ціль операції полягає в шліфуванні поверхні І нижньої головки шатуна для усунення зносу, з дотриманням розмірних параметрів 0,15 мм +0,18/-0,15 мм і параметром шорсткості Ra1,25 мкм. Також необхідно виконати шліфування поверхні В нижньої головки шатуна, забезпечивши мінімальний розмір 33,2 мм і шорсткість Ra1,25 мкм.

При шліфуванні поверхні І встановлюється припуск на обробку в розмірі 0,2 мм, а для поверхні В – 0,15 мм. Обробка виконується на плоскошліфувальному верстаті моделі 3Б722, потужність якого складає 10 кВт.

Поперечна подача за подвійний хід столу становить 0,01 мм, відповідно, глибина обробки t також дорівнює 0,01 мм. Швидкість кола встановлена на рівні 30 м/с, а швидкість руху деталі – 3 м/хв. Ширина шліфування складає 95 мм.

Потужність шліфування N_e визначається за відповідною формулою, з врахуванням параметрів технологічного процесу:

$$N_c = C_N \cdot v_d^t \cdot t^e \cdot b^z \quad (3.1)$$

Значення коефіцієнта C_N і показників ступеня ухвалюємо для незагартованої сталі при плоскому зовнішньому шліфуванні з поперечною подачею на подвійний хід столу:

- $C_N=0,39$
- $r=0,7r = 0,7r=0,7$
- $x=0,5x = 0,5x=0,5$
- $z=0,6z = 0,6z=0,6$

Ці значення використовуються для розрахунків у процесі шліфування незагартованих сталевих деталей, що дозволяє оптимізувати параметри обробки і досягти необхідної якості поверхні.

$$N_c = 0,39 \cdot 3^{0,7} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 95^{0,6} = 1,29 \text{ кВт}.$$

При шліфуванні машинний час t_m , хв, визначається з [12]

$$t_m = \frac{2 \cdot L}{s \cdot 1000} \cdot i \cdot k, \quad (3.2)$$

де k – коефіцієнт, який ураховує точність при шліфуванні й зношування кола, для кінцевого – $k = 1,5 - 1,7$ [11]

L – довжина шліфування $L = 0,95$ мм;

i – кількість проходів;

s – подача деталі, яка триває одну хвилину.

Число проходів i визначається за формулою

$$i = \frac{z}{t}, \quad (3.3)$$

де z – товщина шару, що знімається.

При шліфуванні поверхні I

$$i = \frac{0,2}{0,01} = 20$$

$$t_m = \frac{2 \cdot 95}{3 \cdot 1000} \cdot 20 \cdot 1,5 = 1,9 \text{ хв}$$

При шліфуванні поверхні B

$$i = \frac{0,15}{0,01} = 15;$$

$$t_m = \frac{2 \cdot 95}{3 \cdot 1000} \cdot 15 \cdot 1,5 = 1,43 \text{ хв}.$$

Додатковий час на встановлення та знімання деталі, з урахуванням обробки з двох сторін, становить $t_b=0,64$ хв. Допоміжний час, пов'язаний з обробкою однієї поверхні, також дорівнює $t_b=0,42$ хв. Час, що витрачається на підтримання робочого місця в належному стані та на особисті потреби, складає 7% від часу обробки $t_{обр.м.} = 7\%$.

Норма штучного часу $T_{шт}$ визначається за такою формулою:

$$T_{шт} = (l_m + l_d) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) \quad (3.4)$$

$$T_{шт} = (l_m + l_d) \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = (3,33 + 1,02) \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 4,65 \text{ хв.}$$

015 Хонінгувальна.

Ціль операції полягає в хонінгуванні отвору Д у нижній головці шатуна перед залізненням, з витриманням розмірів $\varnothing 85,087 +0,020$ мм і параметра шорсткості $Ra 1,25$ мкм. Для виконання цієї операції обирається вертикально-хонінгувальний верстат моделі 3А833, потужністю 2,2 кВт. Як інструмент використовується брусок розміром 125х12х6х3 з маркою 50АСМ 80/63 100 ВР12.

При хонінгуванні визначають дві швидкості:

- $V_{окр}$ – окружна швидкість хонінгувальної головки,
- $V_{вп}$ – зворотно-поступальна швидкість головки.

Хід хонінгувальної головки розраховується за відповідною формулою, яка враховує геометричні параметри оброблюваної деталі та режим обробки.

$$H = L + 2K - m, \quad (3.5)$$

де L – довжина оброблюваного отвору, мм;

$K = \frac{1}{3}m$ – величина переходів брусків, мм;

m – довжина абразивного бруска, мм.

Число подвійних ходів головки у хвилину

$$n = \frac{1000 \cdot V_{ex}}{2H}. \quad (3.6)$$

Основний час, необхідне для зняття припуску [12]

$$T_0 = \frac{h}{t \cdot n}, \quad (3.7)$$

де $t=0,0001$ мм – величина поперечної подачі брусків на один подвійний хід головки;

$h = 0,05$ – припуск на хонінгування, мм;

$V_{ex} = 60$ м/хв;

$m = 125$ мм;

$L = 33,2$ мм.

Тому що $m > L$, те приймається $H = 2/3m$

$$H = 2/3(125) = 83,3 \text{ мм}$$

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

$$T_0 = \frac{0,05}{0,0001 \cdot 360} = 1,39 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію $t_b = 12,11$ хв[12].

Штучний час виконання операції $t_{шт} = 19$ хв[12].

020 Гальванічна.

Ціль операції – металізувати отвір Д у нижній головці шатуна, витримуючи розмір $\varnothing 84,8$ мм.

Визначаємо основний час покриття, хв [11]

$$T_0 = \frac{h \cdot \gamma \cdot 1000 \cdot 60}{c \cdot \eta_m \cdot D_k}, \quad (3.8)$$

де $h = 0,2$ мм – товщина шару покриття;

$\gamma = 7,8$ – щільність обложеного металу, г/см³;

$D_k = 30$ – вихідна щільність струму, А/дм²;

$\eta_m = 75$ – вихід металу по струму, %;

$c = 1,042$ – електрохімічний еквівалент.

Підставивши вихідні дані у формулу (2.8) одержимо

$$T_0 = \frac{0,2 \cdot 7,8 \cdot 1000 \cdot 60}{1,042 \cdot 75 \cdot 30} = 40 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час [12]

$$T_{шт} = \frac{T_0 + (\varepsilon_{tb} + \varepsilon_{to}) \cdot k}{H_D \cdot K_H}, \quad (3.9)$$

де $T_0 = 40$ хв;

$H_D = 8$ – кількість деталей;

$k = 1,18$ – коефіцієнт обліку підготовчо-заключного часу;

$K_H = 0,85$ – коефіцієнт використання ванн;

$\varepsilon_{to} = 36$ хв;

$$\varepsilon_{to} = 2,72 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = \frac{40 + (36 + 2,72) \cdot 1,18}{8 \cdot 0,85} = 12,6 \text{ хв}$$

025 Шліфувальна.

Ціль операції полягає в шліфуванні торцевих поверхонь верхньої головки шатуна з двох сторін, з дотриманням мінімального розміру 43 мм і параметра шорсткості Ra6,3 мкм. При цьому, для кожної сторони встановлюється припуск на обробку $z = 0,2$ мм. Обробка здійснюється на плоскошліфувальному верстаті моделі 3Б722, потужністю 10 кВт.

Поперечна подача, що виконується за два проходи столу, складає 0,01 мм, тому глибина різання дорівнює $t = 0,01$ мм. Швидкість обертання шліфувального круга встановлена на рівні $V_k = \text{м/с}$, а швидкість руху деталі — 3 м/хв. Ширина шліфування становить $b = 22 \text{ мм}$.

Потужність, яка виникає під час шліфування N_e , визначається за формулою (2.1), із використанням коефіцієнта C_N і показників ступеня для незагартованої сталі при плоскому шліфуванні з поперечною подачею на подвійний хід столу:

- $C_N = 0,39$
- $r = 0,7$
- $x = 0,5$
- $z = 0,6$

Ці параметри дозволяють точно розрахувати режими обробки і досягти бажаної якості поверхні.

$$N_e = 0,39 \cdot 3^{0,7} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 22^{0,6} = 0,54 \text{ кВт.}$$

При шліфуванні машинний час t_m , хв, визначається за формулою (3.2), де враховується ряд факторів:

- k — коефіцієнт, що враховує точність шліфування та зношування шліфувального круга. Для остаточного шліфування значення коефіцієнта становить $k = 1,5 - 1,7$.
- L — довжина шліфування, яка у даному випадку становить $L = 22 \text{ мм}$.

Число проходів i визначається за формулою (3.3), яка враховує необхідну глибину різання та кількість необхідних проходів для досягнення бажаного результату.

При шліфуванні однієї зі сторін необхідно проводити розрахунки з

урахуванням припуску на обробку, швидкості руху деталі та інших технологічних параметрів.

$$i = \frac{0,2}{0,01} = 20;$$

$$t_m = \frac{2 \cdot 22}{3 \cdot 1000} \cdot 20 \cdot 1,5 = 0,44 \text{ хв.}$$

Додатковий час на встановлення й знімання деталі з урахуванням обробки із двох сторін $t_b = 0,64$ хв. Допоміжний час, пов'язане з обробкою однієї поверхні $t_b = 0,42$ хв. Час який іде на підтримання робочого місця у належному стані, а також час на особисті потреби $t_{обрм} = 7\%$ [12].

Отримаємо норма штучного часу $T_{шт}$ із урахуванням обробки із двох сторін визначається по формулі (2.4)

$$T_{шт} = T_{шт} = (l_m + l_d) \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = (0,08 + 1,02) \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 2,03 \text{ хв}$$

040 Свердлильна.

Зенкувати фаски в отворі Д нижньої головки шатуна із двох сторін, витримуючи розміри $1 \times 45^\circ$ й $3 \times 45^\circ$.

Вибираємо верстат вертикально-свердлильний 2Н125, потужністю 2,2 кВт. Інструмент – зенківка Ø95х900.

Глибина різання при зенкуванні [10]

$$t = 0,5 \cdot (D - d), \quad (3.10)$$

де D – діаметр отвору до обробки; d – діаметр отвору після обробки.

Глибина різання при зенкуванні з боку поверхні І $t = 3$ мм.

Глибина різання при зенкуванні з боку поверхні В $t = 1$ мм.

При зенкуванні без обмежуючих факторів вибираємо максимальноприпустиму по міцності зенкера подачу $S = 1,2$ мм/хв [10].

Швидкість різання V, м/хв при зенкуванні, визначається по формулі

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot k_v \quad (3.11)$$

де значення коефіцієнта C_v і показників ступені [11]: $C_v = 16,3$; $q_v = 0,3$; $x_v = 0,2$; $y_v = 0,5$; $m = 0,3$; $T = 120$ хв;

D – діаметр оброблюваного отвору, мм;

k_v – коректувальний коефіцієнт, що має вплив на процес різання, що враховує фактичні умови різання

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{uv} \cdot k_{lv}, \quad (3.12)$$

де k_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість матеріалу, який обробляється, визначається з формули [11]

$$k_{mv} = k_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}; \quad (3.13)$$

$$k_{mv} = k_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^1 = 1;$$

k_{uv} – коректувальний коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання (ухвалюється $k_{uv} = 1$ [11]);

k_{lv} – коректувальний коефіцієнт, який враховує глибину отвору який обробляється (ухвалюється $k_{lv} = 0,6$ [11])

$$k_v = 1 \cdot 1 \cdot 0,6 = 0,6.$$

Швидкість різання при зенкуванні з боку поверхні І

$$V = \frac{163 \cdot 84,8^{0,3}}{120^{0,3} \cdot 3^{0,2} \cdot 1,2^{0,5}} \cdot 0,6 = 64,6 \text{ м/хв.}$$

Швидкість різання при зенкуванні з боку поверхні В

$$V = \frac{163 \cdot 84,8^{0,3}}{120^{0,3} \cdot 1^{0,2} \cdot 1,2^{0,5}} \cdot 0,6 = 80 \text{ м/хв.}$$

Крутний момент при свердлінні M_{kp} , Нм визначається по формулі

$$M_{kp} = 10 \cdot C^M \cdot D^{q_m} \cdot t^{x_m} \cdot S^{y_m} \cdot k_p, \quad (3.14)$$

де k_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, дорівнює коефіцієнту, що враховує якість оброблюваного матеріалу k_{mp} , який визначається по формулі

$$k_n = k_{dn} = \left(\frac{\sigma}{750}\right) = \left(\frac{750}{750}\right)^{0,75} = 1; \quad (3.15)$$

C_m – коефіцієнт при свердлінні, що залежить від матеріалу, $C_m = 0,33$ [11].

Крутний момент при зенкуванні з боку поверхні І

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,03 \cdot 84,86^{1,0} \cdot 3^{0,9} \cdot 1,2^{0,8} = 79 \text{ Нм};$$

Крутний момент при зенкуванні з боку поверхні В

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,03 \cdot 84,86^{1,0} \cdot 1^{0,9} \cdot 1,2^{0,8} = 29,5 \text{ Нм};$$

Потужність різання N_e , кВт визначається по формулі

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (3.16)$$

де n – частота обертання зенкера.

Частота обертання при зенкуванні з боку поверхні І

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 64,6}{3,14 \cdot 84,8} = 242 \text{ хв}^{-1} \text{ хв}^{-1}$$

Ухвалюємо $n = 240 \text{ хв}^{-1}$.

Частота обертання при зенкуванні з боку поверхні В

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 80}{3,14 \cdot 84,4} = 300 \text{ хв}^{-1}$$

Ухвалюємо $n = 300 \text{ хв}^{-1}$.

Потужність різання N_e при зенкуванні з боку поверхні І

$$N_e = \frac{29,5 \cdot 240}{9750} = 0,73 \text{ кВт.}$$

Потужність різання N_e при зенкуванні з боку поверхні В

$$N_e = \frac{29,5 \cdot 300}{9750} = 0,9 \text{ кВт};$$

$$0,73 < 2,2 \cdot 0,9 = 1,98.$$

Різання можливе.

При зенкуванні машинний час t_m , хв, визначається по формулі [12]

$$t_m = \frac{l}{n \cdot s}. \quad (3.17)$$

Машинний час при зенкуванні з боку поверхні І [12]

$$t_m = \frac{3}{240 \cdot 1,2} = 0,01 \text{ хв.}$$

Машинний час при зенкуванні з боку поверхні В

$$t_m = \frac{1}{240 \cdot 1,2} = 0,0035 \text{ хв.}$$

Додатковий час на встановлення й знімання деталі при закріпленні в пристосуванні із пневматичним затискачем $t_b = 0,22$ хв. При обробці із двох сторін $t_b = 0,44$ хв. Додатковий час, зв'язаний із здійсненням переходів $t_b = 0,08$ хв. Підготовчо-заклучний час $t_{пз} = 9$ хв. Час обслуговування робочого місця й на природні потреби $t_{обрм} = 6 \%$ [12].

Звідси норма штучного часу $T_{шт}$ визначається по формулі (2.4)

$$T_{шт} = T_{шт} = (l_m + l_d) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) = (0,0135 + 0,52) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) = 0,57 \text{ х}$$

045 Хонінгувальна.

Ціль операції – хонінгувати попередній отвір Д у нижній головці шатуна, витримуючи розмір $\varnothing 84,92^{+0,03}_0$ мм і параметр шорсткості Ra0,63 мкм.

Призначаємо верстат вертикально-хонінгувальний 3А833, потужністю 2,2 кВт. Брусок 125х12х6х3х50 АСМ 40/28 100 ВР12.

При хонінгуванні розрізняють дві швидкості: $V_{окр}$ – окружна швидкість хонінгувальної головки, $V_{ен}$ – зворотно-поступальна швидкість головки.

Ухвалюємо $t=0,0001$ мм – величина поперечної подачі брусків на один подвійний хід головки; $h=0,01$ – припуск на хонінгування, мм; $V_{ex}=60$ м/хв; $m=125$ мм; $L=33,2$ мм.

Тому що $m>L$, те ухвалюємо $H=2/3m$
 $H=2/3 \cdot 125=83,3$ мм.

Число подвійних ходів головки у хвилину (2.6)

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

Основний час, необхідне для зняття припуску (2.7) [12]

$$T_0 = \frac{0,01}{0,0001 \cdot 360} = 0,278 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію $t_g=12,11$ хв. Штучний час виконання операції $t_{um}=18,1$ хв [12].

055 Фрезерна.

Ціль операції – фрезерувати паз у шатуні під виступ вкладиша, витримуючи розміри $2^{+0,25}_{-0,25}$ мм, $7^{+1,5}$ мм, $6^{+0,16}_{+0,08}$ мм, $23,9^0_{-0,28}$ мм.

Верстат вертикально-фрезерний 675П с потужністю двигуна 3,1 кВт. Фреза 2234-0177 Ø40, ширина 6,1, число зубів $Z=10$.

Установлюємо глибину різання $t=2$ мм (глибина паза).

Ухвалюємо подачу $S_z=0,3$ мм/хв.

Установлюємо період стійкості фрези $T=180$ хв, [10].

Розраховуємо швидкість різання по формулі

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v} \cdot K_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}}, \quad (3.18)$$

де $C_v=690$; $q_v=0,2$; $K_v=0,85$; $x_v=0,3$; $y_v=0,4$; $u_v=0,1$; $p_v=0$; $m=0,35$ [11],
 $B=7$ мм – величина поверхні, що фрезеруємо

$$V = \frac{690 \cdot 40^{0,2} \cdot 0,85}{180^{0,35} \cdot 2^{0,3} \cdot 0,3^{0,4} \cdot 7^{0,1} \cdot 10^0} = 215,6 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя верстата по формулі

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}; \quad (3.19)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 215,6}{3,14 \cdot 40} = 1716,5 \text{ хв}^{-1}.$$

Уточнюємо величину n за паспортним даними верстата $n_{\text{ш}}=1750 \text{ хв}^{-1}$;

Визначаємо дійсну швидкість різання по формулі

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}; \quad (3.20)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1750}{1000} = 219,8 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо головну складову сили різання при фрезеруванні по формулі

$$P_Z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot Z \cdot K_{mp}}{D^{q_p} \cdot n_{\text{ш}}^{w_p}}, \quad (3.21)$$

де $C_p=682$; $x_p=0,86$; $y_p=0,72$; $u_p=1,0$; $q_p=0,86$; $w_p=0$; $K_{mp}=0,42$,

$$P_z = \frac{682 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,3^{0,72} \cdot 7^1 \cdot 10 \cdot 0,42}{40^{0,86} \cdot 1750^0} = 642 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання при фрезеруванні по формулі

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_\delta}{1020 \cdot 60} ; \quad (3.22)$$

$$N_p = \frac{642 \cdot 219,8}{1020 \cdot 60} = 2,3 \text{ кВт.}$$

Потужність на шпинделі верстата визначаємо по формулі

$$N_{ш} = N_\delta \cdot \eta, \quad (3.23)$$

де $N_\delta = 3,1$ кВт – потужність двигуна;

$\eta = 0,8$ – ККД верстата.

$$N_{ш} = 3,1 \cdot 0,8 = 2,48 \text{ кВт.}$$

Процес різання можливий, тому що $2,48 \text{ кВт} > 2,3 \text{ кВт}$.

Норма штучного часу рівна [12]

$$T_{шт} = T_e + T_v + T_{обсл} + T_{отд}. \quad (3.24)$$

Розрахунки основного часу виконується по формулі

$$T_e = \frac{(l_1 + l_2 + l_3) \cdot i}{n \cdot S_o}, \quad (3.25)$$

де $l_1 = 1$ мм, $l_3 = 0$ мм – відповідно величина різання й подача інструмента;

$l_2 = 7$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$i = 1$ – число проходів;

$n = 1750 \text{ хв}^{-1}$ – частота обертання шпинделя верстата;

$S_o = 3 \text{ мм/про}$ – подача;

$$T_e = \frac{(1 + 7 + 0) \cdot 1}{1750 \cdot 3} = 0,002 \text{ хв.}$$

Розрахунки допоміжного часу

$$T_v = t_{v \text{ вуст}} + t_{v \text{ пер}} + t_{v \text{ доп}}, \quad (3.26)$$

де $t_{v \text{ вуст}} = 0,46$ хв – час на установку й зняття деталі [12];

$t_{v \text{ пер}} = 0,26$ хв – зв'язаний із здійсненням переходів [12];

$t_{a \text{ доп}} = 0,39$ хв – час додатковий, пов'язане із закриванням і відкриванням щитка огороження від стружки, зхвою частоти обертання шпинделя верстата і так далі [12]

$$T_v = 0,46 + 0,26 + 0,39 = 1,11 \text{ хв.}$$

Розрахунки норми часу на обслуговування робочого місця 6% від $T_{оп} = T_e + T_v$ [12]

$$T_{обс} = 0,06 (0,002 + 1,11) = 0,067 \text{ хв.}$$

Розрахунки норми часу перерв на відпочинок і особисті потреби виконавця 4% від $T_{оп}$

$$T_{отд} = 0,04 (0,002 + 1,11) = 0,044 \text{ хв.}$$

Розрахунки штучного часу на операцію ведеться по формулі (2.24)

$$T_{шт} = 0,002 + 1,11 + 0,067 + 0,044 = 1,223 \text{ хв.}$$

070 Хонінгувальна.

Ціль операції – хонінгувати остаточний отвір Д у нижній головці шатуна, витримуючи розмір $\varnothing 85^{+0,01}_0$ мм і параметр шорсткості Ra0,5 мкм.

Призначаємо верстат вертикально-хонінгувальний 3А833, потужністю 2,2 кВт. Брусок 125x12x6x3x50 АСМ 80/63 100 ВР12 держстандарт 25594-83 (комплект).

$t = 0,0001$ мм – величина поперечної подачі брусків на один подвійний хід головки; $h = 0,01$ – припуск на хонінгування, мм; $V_{ex} = 60$ м/хв; $m = 125$ мм;

$L=33,2$ мм.

Тому що $m>L$, те ухвалюємо $H=2/3m$

$$H=2/3 \cdot 125=83,3 \text{ мм};$$

Число подвійних ходів головки у хвилину (2.6)

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

Основний час, необхідне для зняття припуску (3.7) [12]

$$T_0 = \frac{0,1}{0,0001 \cdot 360} = 1,112 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію $t_b = 12,11$ хв.

Штучний час виконання операції $t_{шт} = 18,1$ хв.

3.1.4 Проектування ділянки відновлення шатунів

При розробці планувального розв'язку моторного цеху в певній послідовності, вирішуються наступні основні питання:

- розробка завдання, виходячи з виробничої програми креслень і опису конструкції й технічних умов на виготовлення виробу;
- проектування технологічних процесів механічної обробки, розробка схеми переміщення деталей у процесі їх виготовлення відповідно до технологічного процесу;
- вибір необхідного встаткування, визначення кількості необхідного встаткування для виконання заданої програми;
- складання специфікацій устаткування пристосувань і інструмента;
- розробка плану розташування встаткування й визначення виробничої площі.

При виборі встаткування необхідно домагатися повного використання ККД верстата, щоб потужність на різці, затрачувана для зняття стружки з обліком ККД верстата максимально наближалася до потужності встановленого на верстаті електродвигуна. Обробка деталей на верстатах повинна забезпечити виконання вимог відносно точності й чистоти поверхні.

Розташування встаткування залежить від виду виробництва. В умовах авторемонтного виробництва найбільш характерним є розташування встаткування по типах верстатів, тобто призначених для одного виду обробки: токарських,

фрезерних, шліфувальних, і так далі.

Планування робочого місця повинна забезпечити необхідну попередню підготовку робочого місця: зручне розташування матеріалу, заготовок, інструмента, пристосування й своєчасне транспортування деталей.

У пропонованому плануванні ділянки розташування верстатів і встановлення здійснюється по типу верстатів, тобто верстати розташовані групами по виду виконуваних робіт. Для зручності в роботі робочі місця оснащені тумбочками й стелажми для зберігання інструмента, пристосувань, заготовок і матеріалів, застосовуваних у процесі роботи, що постійно забезпечують денну потреба.

Закріплення деталей при обробці:

Для забезпечення надійного закріплення деталей під час обробки робочі місця оснащені системою подачі стисненого повітря. При розміщенні верстатів дотримані всі вимоги норм і правил техніки безпеки, зокрема забезпечено необхідні відстані між верстатами, а також між верстатами та суміжними елементами будівлі. У запланованій конфігурації враховано розміри проходів між верстатами, а також габарити основних проїздів.

Організація робочого місця сприяє безперервності виробничого процесу, що забезпечує максимально можливу продуктивність. Розташування обладнання та робочих місць узгоджене з колонними конструкціями. При розміщенні верстатів враховано нормативні розміри відстаней між ними в поздовжньому та поперечному напрямках, а також відстані від стін і колон, які визначені нормами технологічного проектування.

Розрахунок кількості обладнання та його завантаження

Для визначення кількості верстатів, необхідних для обробки шатунів, використано техніко-економічні показники [15].

$$C_o = T_e / T_t, \quad (3.27)$$

де T_e — оперативний час, витрачений на цю операцію, хв;

T_t — такт відновлення деталі, хв.

Такт відновлення деталі T_t приймається рівним максимальному часу, витраченому на операцію замінування чотирьох шатунів одночасно, і становить 40 хвилин. Таким чином, такт відновлення одного шатуна буде дорівнювати 10 хвилинам.

Протягом всього технологічного процесу відновлення шатуна операція хонінгування виконується тричі на одному і тому ж обладнанні. Хонінгування проводиться одночасно для 4 шатунів за допомогою спеціального пристосування. Загальний оперативний час на одну деталь для цієї операції становить 14,25 хвилини.

Необхідна кількість верстатів для виконання цієї операції визначається з урахуванням вищезазначених параметрів.

$$C_o = 14,25/10 = 1,425 \text{ шт}$$

На операцію хонінгування ухвалюємо 2 верстата. Решта встаткування розраховане.

Деякі робітники будуть завантажені не повністю й в умовах ремонтної ділянки доцільно цих робітників довантажити роботою згідно з їхнім профілем роботи.

Розрахунки виробничих площ:

Розрахунки площ ділянки відновлення шатунів зроблений по нормах технологічного проектування підприємств машинобудування й занесено в таблицю 4.2.

Площа ділянки

$$F_{\text{дл}} = F_{\text{об}} \cdot k, \quad (3.28)$$

де $F_{\text{об}}$ – загальна площа, займана встаткуванням;

k – коефіцієнт проходів і робочих зон.

Ухвалюємо $k = 4,5$.

Тоді площа ділянки рівна

$$F_{\text{дл}} = 53,3 \cdot 4,5 = 240 \text{ м}^2.$$

Одержали, що площа ділянки для відновлення деталей кривошипно-шатунного механізму двигунів КамАЗ-740 становить $F_{\text{дл}} = 240 \text{ м}^2$.

На даних площах буде розміщено наступне обладнання та устаткування.

3.2 Розробка конструкторських рішень

3.2.1 Примінення пристосіблень у ремонті автомобілів

На автопідприємствах, ремонтних заводах та станціях технічного обслуговування розробляються технічні рішення для удосконалення конструкцій пристосувань, проводяться розрахунки на міцність елементів пристосувань та їх приводів, з урахуванням умов закріплення та режимів механічної обробки заготовок деталей відповідно до нових технологічних процесів. Витрати на виготовлення, придбання та експлуатацію різноманітного технологічного оснащення складають до 20% від вартості обладнання. Собівартість та строки підготовки виробництва переважно визначаються величиною витрат праці та часу на проектування й виготовлення технологічного оснащення [13].

Найбільш поширеними є верстатні пристосування, які допомагають вирішити такі завдання:

- Базування деталей. Оброблювані деталі закріплюються на верстатах з вивіркою по контрольних базах, що дозволяє здійснити базування без вивірки. Це прискорює процес базування та забезпечує можливість автоматичного отримання розмірів на налаштованих верстатах.
- Підвищення продуктивності. Механізація пристосувань полегшує умови праці на робочих місцях, а також застосування багатомісної, позиційної та безперервної обробки сприяє підвищенню продуктивності.
- Розширення технологічних можливостей верстатів. Це дозволяє використовувати верстати для обробки таких видів деталей, для яких вони спочатку не призначалися.

Поширення механізації та автоматизації пристосувань у дрібносерійному виробництві стало можливим завдяки застосуванню двох сучасних принципів у конструкції:

- Створення переналагоджуваних (групових, універсальних) пристосувань з індивідуальною механізованою працею;
- Створення універсальних силових приводів для послідовного обслуговування ряду спеціальних пристосувань.

У сучасних умовах дедалі більше поширення отримують технології оснащення, що складаються зі стандартизованих деталей та вузлів, а також стандартні конструкції пристосувань, які виготовляються на спеціалізованих заводах [14].

3.2.2 Приспособлення для кріплення шатуна та принцип його роботи

Пристосування (рис. 3.2) призначене для закріплення деталі під час фрезерування пазів у шатуні та кришці шатуна під вкладиші, а також для його базування.

У даному пристосуванні заготовка спирається на установчу базу, що розташована на опорних пластинах 2, 3 та 4. Подвійна опорна база забезпечує фіксацію заготовки на твердому циліндричному пальці 1, який має конічну частину. Опорна база реалізується за допомогою самоцентрувальних елементів 5 та 6, синхронне переміщення яких здійснюється за допомогою гідроприводу. Затиск заготовки відбувається одночасно за допомогою прихватів 8 та 9.

У проектованому пристосуванні доцільно використовувати пневматичний привід з таких причин: простота конструкції, зниження допоміжного часу та підвищена надійність. Використання гідроприводу для закріплення деталі в пристосуванні дозволяє значно знизити коливання зусиль затиснення. Це, в свою чергу, усуває можливі деформації деталей і неточності після обробки, які можуть виникати через перезатягування, що часто відбувається при ручному закріпленні деталі.

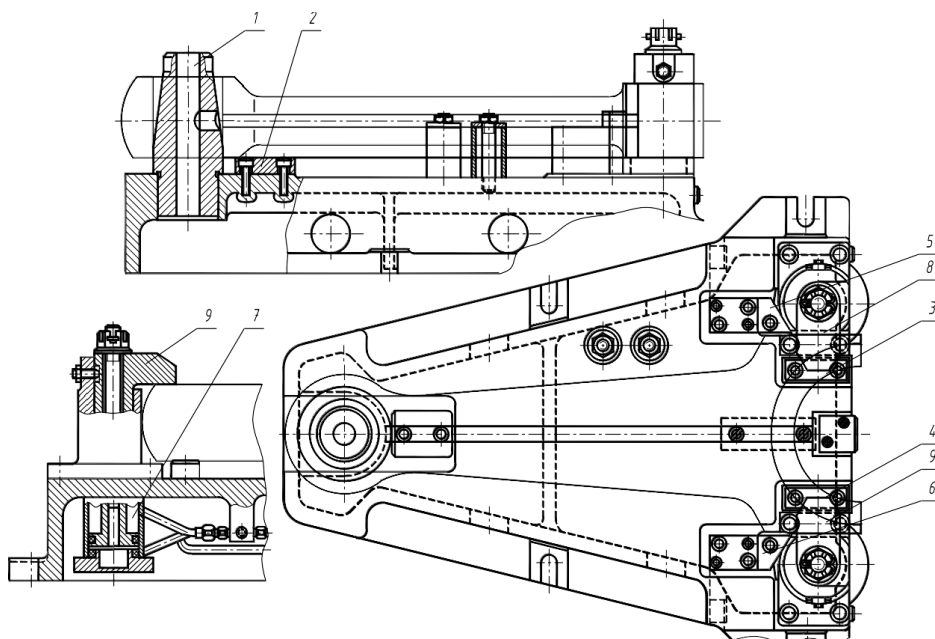


Рисунок 3.2 – Приспосіблення для закріплення деталі при фрезеруванні пазів у шатуні й кришці шатуна під вкладиші

3.2.3 Розрахунки пристосіблення на міцність

Для розрахунків сили закріплення необхідно знати величини й напрямку дій сил обробки й моменти від них, які діють на деталь під час обробки, схеми розміщення настановних і затискних елементів.

Під час розрахунків сили закріплення щодо схеми базування й прийнятої схеми передачі зусилля від привода до затискних елементів визначають величини реакцій у крапках контакту деталі з настановними й затискними елементами. Значення реакцій визначають із умови статистичної рівноваги.

Під час механічної обробки на заготовку діє вертикальна сила й горизонтальна при фрезерованні, а також обертаючий момент M . Сила сприймається опорними площинками пристосування, а момент M – намагається задати кутовий зсув заготовці в пристосуванні.

Для недопущення зношування опорних поверхонь сила W повинна бути більше, ніж сили, які намагаються змістити заготовку. Для цього в пристрої необхідно використовувати привод, який забезпечить необхідну силу закріплення.

Для визначення необхідної сили затискача заготовки в пристосуванні потрібно розглядати умови рівноваги, які записуються шістьма рівняннями статички з використанням коефіцієнта запасу сили затискача.

У загальному випадку можна представити два основні вираження: через зусилля

$$k \cdot \sum_{i=1}^n P_{актi} = k \cdot \sum_{i=1}^m P_{прот} \quad (3.29)$$

через моменти

$$k \cdot \sum_{i=1}^n M_{актi} = k \cdot \sum_{i=1}^m M_{пр} \quad (3.30)$$

де k – коефіцієнт запасів сили затискачів;

$P_{актi}$, $M_{актi}$ – зусилля й момент, що виникають під час механічної обробки.

Значення коефіцієнта запасу сили затиснення перебувають із обліком табличних даних і рекомендацій

$$k = k_0 \cdot \sum_{i=1}^6 k_i, \quad (3.31)$$

$k_0=1,5$ – гарантований коефіцієнт сили затискання.

k_1 – коефіцієнт, що залежить від якості базової поверхні заготовки та враховує нерівномірність припуску на механічну обробку. Значення: $k_1=1,0$ для чистової обробки і $k_1=1,2$ для чорнової обробки.

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструмента. Значення: $k_2=1,0 - 1,7$.

k_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при обробці нецільних поверхонь заготовки. Значення: $k_3=1,0$ для цільних поверхонь і $k_3=1,2$ для нецільних поверхонь.

k_4 – коефіцієнт, що враховує безперервність дії сили затискання, створюваної силовим приводом пристосування. Значення: $k_4=1,0$ для пневматичних приводів двосторонньої дії.

$k_5=1,5$ – коефіцієнт, що враховує розміщення крапок контакту з невиразним положенням.

k_6 – коефіцієнт, що враховує тип привода пристосування. Значення: $k_6=1$ для приводів типу 1 і $k_6=1,2$ для приводів типу 2.

Коефіцієнти встановлюються відповідно до вихідних даних.

Тоді

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1,2 = 5,83.$$

Коефіцієнт запасу повинен бути не менш 2,5. Умова виконується.

Ухвалюємо $k = 5,83$.

Умовами статичної рівноваги об'єкта, закріпленого в пристосуванні, під час виконання операцій технологічного процесу є відсутність його лінійного й кутового зсуву на настановній площині й кутового зсуву навколо осі, паралельної базової площини (перекидання).

Умовою збереження рівноваги є усунення кутового зсуву щодо осі симетрії (рис.3.3)

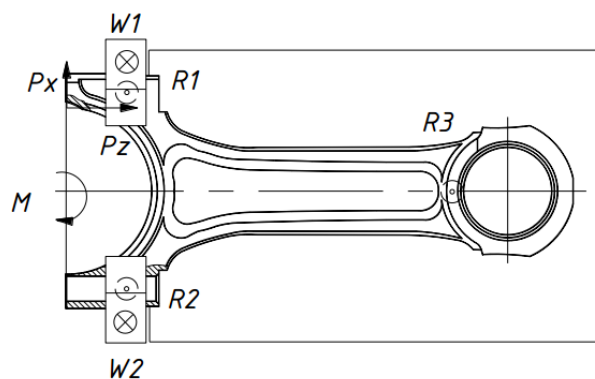


Рисунок 3.3 – Схема сил, котрі діють на шатун при фрезерованні паза

$$kM = W \cdot r \cdot f, \quad (3.32)$$

де W – затискна сила;

M – момент різання;

r – радіус закріплення заготовки;

f – коефіцієнт тертя, для випадку тертя сталь по сталі ($f=0,16$);

$$M = P_x \cdot l, \quad (3.33)$$

де l – плече дії складової сили різання, $l=195$ мм;

P_z – тангенціальна складова сили різання при фрезеруванні,
 $P_x = 0,3 \cdot p_z = 642 \cdot 0,3 = 193$ Н.

Після підстановки (3.5) в (3.4) одержимо

$$W = \frac{k \cdot P_\delta \cdot l}{f \cdot r}; \quad (3.34)$$

$$W = \frac{5,83 \cdot 193 \cdot 0,195}{0,16 \cdot 0,195} = 7032 \text{ Н.}$$

Оскільки при фрезеруванні шатун від переміщення втримують два однакові циліндри, то приводна сила на штоку одного циліндра прямої дії, прийнята для подальших розрахунків, складе

$$Q = W/2 = 7032/2 = 3516 \text{ Н.} \quad (3.35)$$

Для подальших розрахунків ухвалюємо отримане значення сили $Q=3516$ Н, створюваної гідроциліндром пристосування.

3.2.4 Конструювання й розрахунки гідравлічного приводу

Розрахунки гідравлічного приводу зводиться до визначення діаметра D циліндра по відомому необхідному зусиллю привода Q , часу t_c спрацьовування гідроциліндра, товщини d стінки циліндра й визначення необхідних геометричних параметрів елементів гідравлічного приводу, які сприймають навантаження.

Визначення діаметра циліндра двосторонньої дії проводиться за формулою

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot p_p \cdot \eta}}, \quad (3.36)$$

$\eta=0,95$ – коефіцієнт корисної дії гідроциліндра [13].

p_p – нормальний тиск рідини в циліндрі, де $p=10$ МПа.

За результатами розрахунків отримано значення $D=21$ мм, але приймається значення $D=20$ мм.

Час спрацьовування гідроциліндра визначається за умовою безперервності потоку робочої рідини за формулою.

$$t_{cp} = \frac{S_Q}{v_p} \cdot \left(\frac{D}{d_0}\right)^2, \quad (3.37)$$

де S_Q – максимальний хід поршня, мм;

$v_p = 3,5$ м/с – швидкість руху робочої рідини в трубопроводах (у гідравлічній системі швидкість руху робочої рідини в трубопроводах становить 1,5 – 4 м/с);

d_0 – діаметр трубопроводу, мм.

Діаметр трубопроводу визначаємо по формулі

$$d_0 = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_H}{v_p}} \quad (3.38)$$

де Q_H – номінальна хвилинна продуктивність насоса гідроприводу, л/хв.

По залежності (3.10) визначаємо діаметр трубопроводу

$$d_0 = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 0,8}{3,5}} = 2,2 \text{ мм.}$$

Ухвалюємо діаметр трубопроводу $d_0 = 3$ мм.

По залежності (3.9), з урахуванням отриманих значень, визначаємо час спрацьовування гідроциліндра

$$t_{cp} = \frac{0,01}{3,5} \cdot \left(\frac{20}{3}\right)^2 = 0,13 \text{ с.}$$

Для серійного виробництва час затискача однієї заготовки не повинне перевищувати 1,5 с.

Визначення необхідної товщини стінки циліндра виконується по формулі

$$\delta \geq \frac{D}{20} \cdot \sqrt{\frac{[G_p] + 1,2P_{max}}{[G_p] - 1,2P_{max}}}, \quad (3.39)$$

де $[G_p]$ – допустиме напруження матеріалу циліндра на розтягання [14];

P_{max} – максимальний тиск у гідравлічній системі,

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

З розрахунку значення δ приймається, $\delta = 2 \text{ мм.}$

Розрахуємо на міцність елементи гідроциліндра.

Напруги на штоку гідроциліндра [13]

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma_p], \quad (3.40)$$

$$\sigma = 4 \cdot 3516 / 3,14 \cdot 10^2 = 44,79 \text{ МПа} \leq [\sigma_p],$$

де $[\sigma_p] = 100 \text{ МПа}$ – розтягання-стиск, що допускається напруга на.

Розрахуємо нарізне сполучення на міцність.

Осьова реакція в штоку дорівнює силі фактичного затискача Q . Довжина з'єднувального різьблення має мати не менше h . Оскільки поршень і шток виготовлено зі сталі 20Х, $[T_{cp}] = 180 \text{ МПа}$.

Довжина різьблення h , що визначається рівнянням

$$h = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot k_1 \cdot k_m \cdot [\tau_{cp}]}, \quad (3.41)$$

де $d = 10 \text{ мм}$ – діаметр різьби;

$k_1 = 0,8$ – коефіцієнт повноти різьблення для трикутного профіля;

$k_m = 0,6$ – коефіцієнт нерівномірності, який розподіляє напруження по витках різьблення

$$\sigma = 3516 / 3,14 \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 180 = 1,29 \text{ мм.}$$

Ухвалюємо $h=10$ мм, тому що відповідно до держстандарту довжина різьблення становитиме більше 10 мм.

3.2.5 Конструювання й розрахунки пристосування

Пристосування (рис. 3.4) призначене для встановлення шатунів двигунів КамАЗ-740 під час розточування та хонінгування нижніх головок шатунів на алмазно-розточувальному верстаті моделі 278 і хонінгувальному верстаті моделі 3В833 в умовах стаціонарних ремонтних підприємств у районах з помірним кліматом.

До складу пристосування (рис. 3.4) входять такі деталі:

- Притиск 4
- Втулка 5
- Пальці настановні 6
- Пальці настановні 8 і 9
- Втулка 10
- Корпус 2
- Плита опорна 1

Опис конструкції

Притиск 4 є циліндричним кільцем з похилими поверхнями та отворами під настановні пальці 6 і втулку 5. Притиск переміщається навколо настановних пальців завдяки прикладанню зусилля до ручок притиску.

Затиск шатунів у пристосуванні здійснюється шляхом ковзання похилих поверхонь притиску 4 по конічних поверхнях настановних поворотних пальців 6, що забезпечує щільне фіксування деталі.

Технічні характеристики

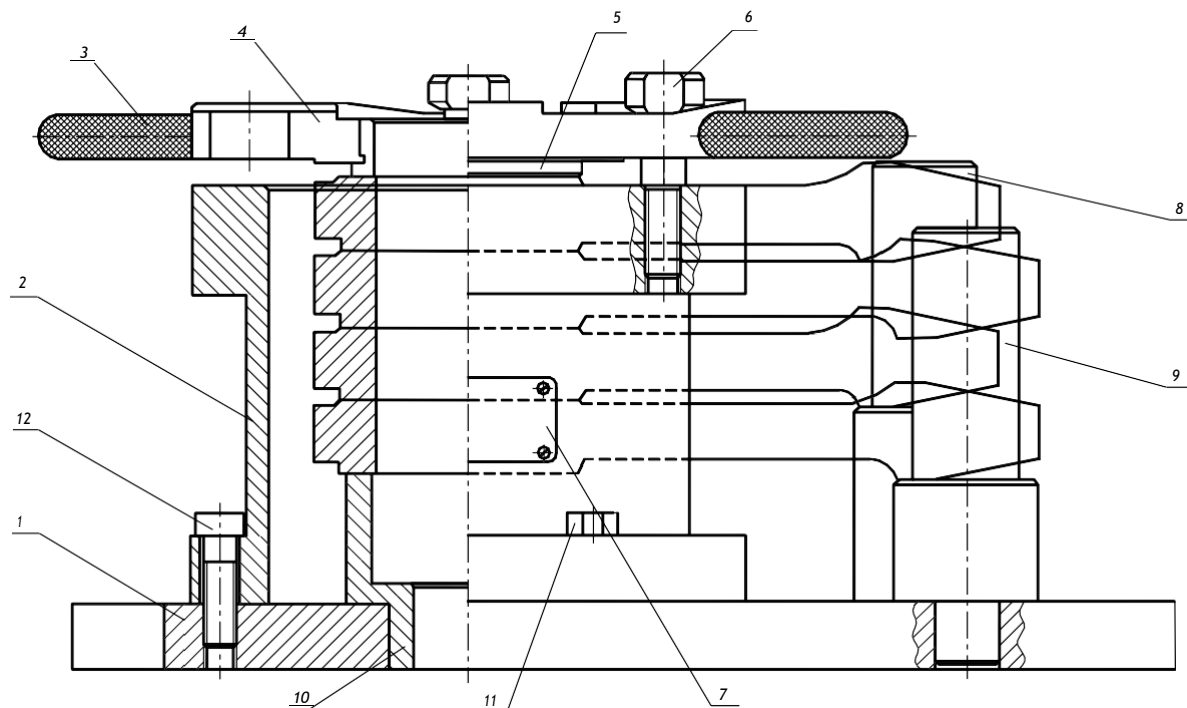


Рисунок 3.4 – Пристосування для розточення й хонінгування нижніх головок шатунів двигунів КамАЗ-740

Перед початком роботи робітник повинен переконатися в надійності кріплення пристосування на столі верстата й справності пристосування.

Підготовка до роботи.

Зняти консерваційне змащення з деталей пристосування.

Установити пристосування на стіл алмазно-розточувального верстата моделі 278 (хонінгувального верстата моделі 3В833), сполучивши вісь пристосування з віссю шпинделя верстата.

Закріпити опорну плиту пристосування до стола верстата.

Зняти притиск 4 з настановних пальців 6, повернувши його за рукоятки проти годинникової стрілки.

Порядок роботи.

Установити перший (нижній) шатун у корпус 2 пристосування, уклавши його торцевою поверхнею нижньої головки на втулку 5, а верхньою головкою на настановний палець 6.

Установити три наступні шатуни в корпус пристосування, укладаючи їх торцевою поверхнею нижньої головки шатуна один на одного, а верхньою головкою по черзі на настановні пальці 8 і 9.

Установити притиск 4 на настановні пальці 6.

Установити, що центр опрацювання й відцентрувати положення отворів

нижніх головок шатунів щодо осі пристосування.

Закріпити шатуни в пристосування, повернувши притиск 4 за ручки за годинниковою стрілкою.

Вийняти оправлення, що центрує.

Зробити обробку отворів нижніх головок шатунів згідно з технологічним процесом.

Після закінчення обробки зняти притиск 4, повернувши його заручки проти годинникової стрілки й вийняти шатуни із пристосування.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Виробнича санітарія

На проектованому підприємстві можуть виникати такі основні виробничі шкідливі фактори [15]: – недостатній повітрообмін у приміщеннях та цехах, а) наявність у повітрі небезпечних і шкідливих речовин; б) низька рухливість повітря; – відхилення від норм температури, вологості та барометричного тиску; – недостатнє освітлення робочих зон, а) надмірна яскравість; б) низька контрастність; в) слабка пульсація світлового потоку; – високий рівень шуму; – підвищений рівень ультразвуку; – підвищений рівень інфразвуку; – високий рівень вібрації; – небезпечні рівні впливу: а) електричного струму; б) електричних і магнітних полів; – підвищене випромінювання: а) інфрачервоне; б) ультрафіолетове.

Для зменшення негативного впливу виробничих факторів на підприємстві впроваджено наступні заходи: – для поліпшення повітрообміну встановлено організовану природну вентиляцію, що забезпечується аерацією та дефлекторами. Підприємство також оснащено механічними системами вентиляції (притічно-витяжна), причому вентилятори виконані з різних матеріалів і мають відповідну конструкцію залежно від складу переміщуваного повітря: а) стандартного виконання, б) антикорозійного виконання, в) виконання з захистом від струму, г) пилозахиснені; – Для підтримання потрібних температурно-вологих умов, стабільної швидкості та чистоти повітря на підприємстві встановлені автономні центральні та місцеві системи кондиціонування; – Для очищення повітря від шкідливих речовин використовуються пиловловлювачі (циклони, інерційні, жалюзійні, ротаційні), а також туманоуловлювачі (електричні та низькошвидкісні); – У виробничих приміщеннях застосовується місцева притічна вентиляція (підготовка повітря, повітряні оазиси, теплові завіси) і місцева витяжна вентиляція (захисні кожухи, витяжні шафи, парасолі, кабіни та камери); – Для опалення приміщень у холодний період року підприємство оснащено системами центрального водяного та парового опалення. В адміністративно-побутових приміщеннях використовуються системи казанового опалення; – Для освітлення виробничих приміщень використовується комбіноване освітлення (природне та штучне); – У всіх будівлях і спорудах передбачено різні типи штучного освітлення: робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне та чергове; –

Кожне робоче місце освітлене відповідно до характеру виконуваних робіт; – Забезпечено рівномірний розподіл яскравості на робочих поверхнях за допомогою комбінованого освітлення та світлих кольорів у фарбуванні стін, стелі й обладнання. – Зниження коефіцієнта пульсації освітлення забезпечено шляхом стабілізації напруги та надійного кріплення світильників; – Для забезпечення правильної передачі кольору на підприємстві використовується монохроматичне освітлення; – Штучні джерела світла представлені газорозрядними лампами та лампами розжарювання; – Джерела світла виконані в різних конструкціях залежно від умов роботи (відкриті, захищені, закриті, пилонепроникні, вологозахищені, вибухобезпечні та вибухозахищені); – Норми штучного освітлення відповідають вимогам освітленості цехів та ділянок, розроблених згідно з СНиП 2-4-92; – Для захисту від яскравого світла, ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання працівники забезпечені окулярами та щитками зі спеціальними світлофільтрами; – Для зниження шуму на підприємстві проведена акустична обробка приміщень (звукобірні матеріали у вигляді шару однорідного пористого матеріалу певної товщини); – Використовуються звукоізоляційні огороження у вигляді стін, перегородок, кожухів та кабін; – Застосовуються індивідуальні засоби захисту від шуму (беруші, навушники, шоломи); – Для захисту від інфразвуку використовуються реактивні глушники (резонансні та камерні); – Для зменшення вібрації агрегати встановлені на фундаменти, де амплітуда коливань підшви не перевищує 0,1 мм; – Для збільшення реактивного опору коливальних систем застосовуються динамічні віброгасники; – Вібрація на шляху її поширення знижується шляхом підвищення жорсткості системи (додавання ребер жорсткості). – Для зменшення передачі вібрації через конструкційні елементи використовуються віброзатримуючі маси з імпедансом, який значно перевищує імпеданс основної конструкції; – Для зменшення передачі вібрації під час роботи з ручним механізованим інструментом застосовуються пневматичні віброізолятори; – Робітники забезпечені індивідуальними засобами захисту рук від вібрації (рукавиці, рукавички, віброзахисні прокладки або пластини).

4.2 Техніка безпеки

Забезпечення безпеки роботи на токарних верстатах. Затискні пристрої верстатів забезпечують надійне закріплення оброблюваних деталей. Багатошпиндельні, одношпиндельні та токарно-револьверні верстати, на яких

використовуються металеві прутки, оснащені трубчастим огородженням для їх безпечного розміщення.

Забезпечення безпеки роботи на фрезерних верстатах. Верстати обладнані швидкодіючими гальмівними пристроями. Частини фрез, які не контактують з оброблюваною деталлю, закриті зручним захисним огородженням.

Безпека при експлуатації ПТМ. Усі ПТМ, що використовуються на підприємстві, пройшли обов'язкову перевірку. Крани та їхні окремі елементи піддалися статистичним випробуванням з навантаженням, яке на 25% перевищує номінальну вантажопідйомність механізмів.

Знімні вантажопідйомні пристрої (стропи, кліщі, ланцюги, траверси) були випробувані з навантаженням, що на 25% перевищує їхню номінальну вантажопідйомність. Лебідки та самогальмівні талі з черв'ячною передачею, а також домкрати випробувані з навантаженням, що на 10% перевищує їхню номінальну вантажопідйомність.

Забезпечення безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском. Усі балони спочатку пройшли гідравлічне випробування під пробним тиском, після чого проводилося пневматичне випробування робочим тиском із зануренням балонів у воду для виявлення можливих витоків. Запобіжні клапани підібрані за кількістю, розміром і пропускною здатністю таким чином, щоб тиск у посудині не перевищував робочий більше ніж на 15% для посудин з тиском від 0,9 до 6 МПа [16].

4.3 Пожежна безпека

Пожежі на автомобільному підприємстві представляють серйозну загрозу для працівників і можуть призвести до значних матеріальних збитків. Пожежна безпека на цьому підприємстві забезпечується через заходи пожежного захисту. Пожежна профілактика включає комплекс дій, спрямованих на запобігання виникненню пожежі або мінімізацію її наслідків.

Під активним пожежним захистом маються на увазі заходи, які забезпечують ефективну боротьбу з пожежами та вибухонебезпечними ситуаціями.

Заходи з пожежної профілактики поділяються на: – організаційні, – технічні, – режимні, – експлуатаційні.

Організаційні заходи включають правильну експлуатацію машин і внутрішньозаводського транспорту, належне утримання будівель і території, а також протипожежний інструктаж працівників.

Експлуатаційні заходи передбачають ремонт і випробування технічного обладнання, а також своєчасне проведення профілактичних оглядів.

Профілактичні заходи для підвищення пожежної безпеки на підприємстві: – підвищена вогнестійкість будівель і споруд; – зонування території.

Для запобігання поширенню пожежі між будівлями передбачені протипожежні розриви, – Встановлені протипожежні перешкоди й перекриття, – Вентиляційні системи обладнані вогнезатримуючими пристроями, швидкодіючими заслінками, відсікачами і водяними завісами, – Підприємство оснащено мобільними засобами пожежогасіння, автоматичними стаціонарними системами пожежогасіння та вогнегасниками, – Для захисту від блискавки застосовується стрижнева система громозахисту.

Автоматичні системи об'ємного пожежогасіння дозволяють оперативно реагувати на пожежу на її ранніх стадіях, запобігаючи розповсюдженню вогню та значним збиткам. Вони функціонують на основі ручного, електричного або пневматичного запуску. Ці системи можуть бути водяними, порошковими або газовими.

Пожежогасильні апарати класифікуються на пересувні (пожежні машини), стаціонарні установки та вогнегасники. Вогнегасники поділяються на ручні (до 10 літрів) і пересувні чи стаціонарні (понад 25 літрів).

Вогнегасники за типом вогнегасних речовин поділяються на: – рідинні, – вуглекислотні, – повітряно-пінні, – порошкові та комбіновані. У рідинних вогнегасниках використовується вода з додатками, у вуглекислотних – зріджений двоокис вуглецю, у хімічних пінних – водні розчини кислот і лугів, а в порошкових – спеціальні порошкові складі. Маркування вогнегасників включає букви, що вказують на тип вогнегасника за класом, та цифри, що відображають їхній об'єм.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

5.1 Визначення обсягу робіт

Планування відновлення розподільчого валу двигуна КамАЗ-740: на період 2017 р. заплановано провести відновлення 2522 шт. розподільних валів двигуна КамАЗ-740. Враховуючи те, що машинний парк в нашому регіоні зростає, а ремонт деталей скорочується, то можна зупинитися на програмі відновлення колінчастих валів - 158 шт. на місяць.

5.2 Режим роботи та фонди часу

Режим роботи заплановано в одну зміну, тривалістю 8 годин на день при п'ятиденному робочому тижні. Річний номінальний фонд робочого часу визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{н}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{св}} - D_{\text{в}}) \cdot t_{\text{с}} \cdot y, \quad (5.1)$$

де:

- $D_{\text{к}}=365$ – кількість календарних днів;
- $D_{\text{св}}=10$ – кількість святкових днів;
- $D_{\text{в}}=104$ – кількість вихідних днів;
- $t_{\text{с}}=8$ годин – тривалість зміни;
- $y=1$ – кількість змін.

Розрахунок:

$$\Phi_{\text{н}} = (365 - 104 - 10) \cdot 8 \cdot 1 = 2008 \text{ год.}$$

Дійсний фонд робочого часу:

$$\Phi_{\text{до}} = \Phi_{\text{н}} \cdot z_0 = 2008 \cdot 0,95 = 1908 \text{ год.}$$

де $z_0=0,95$ – коефіцієнт, що враховує простій обладнання.

5.3 Такт виробництва

Такт виробництва розраховується як:

$$\Phi = \frac{\Phi_{\text{до}}}{N} = \frac{1908 \text{ год}}{2144 \text{ р. в}} = 0,9 \text{ год/р. в.}$$

Таблиця 5.1 – Такт виробництва

№ п/п	Назва операції	Т/ємк. визгот. дет. – предст. (н/год)
1.	Очистка	0,075
2.	Дефектування	0,14
3.	Термічна обробка	0,5

4.	Первинна абразивно-шліфувальна	0,33
5.	Напилення	0,41
6.	Кінцева копіювально-шліфувальна	0,3
7.	Контроль якості	0,13
Підсумок		1,69

5.4 Визначення кількості працівників на кожному робочому місці

Для кожної технологічної операції кількість працівників розраховується за формулою:

$$M_p = \frac{Uh}{\Phi} \text{ люд.}$$

де Uh – трудомісткість операції, люд./год., а $\Phi = 0,9$ – такт виробництва.

– Процес очистки:

$$M_p = \frac{0,075}{0,9} = 0,08 \text{ люд.}$$

– Процес дефектування:

$$M_p = \frac{0,14}{0,9} = 0,16 \text{ люд.}$$

– Термічна обробка:

$$M_p = \frac{0,5}{0,9} = 0,56 \text{ люд.}$$

– Первинне абразивне-шліфування:

$$M_p = \frac{0,33}{0,9} = 0,37 \text{ люд.}$$

– Напилення:

$$M_p = \frac{0,41}{0,9} = 0,46 \text{ люд.}$$

– Кінцеве копіювальне-шліфування:

$$M_p = \frac{0,3}{0,9} = 0,33 \text{ люд.}$$

– Контроль:

$$M_p = \frac{0,13}{0,9} = 0,14 \text{ люд.}$$

5.5 Розрахунок кількості робочих місць

Процент завантаження варіюється в межах від 95 до 120% і обчислюється за наступною формулою:

$$З_p = \frac{y_h}{\Phi} \cdot 100\%, \quad (6.4)$$

U_h – сумарна трудомісткість.

№1. Містить операції 1,3,5 обчислюємо:

$$U_h = 0,08 + 0,56 + 0,46 = 1,1 \text{ люд-год.}$$

$$З_p = \frac{1,1}{0,9} \cdot 100 = 120\%$$

№2. Містить операції 2,4,6,7 обчислюємо:

$$U_h = 0,16 + 0,37 + 0,33 + 0,44 = 1 \text{ люд-год.}$$

$$З_p = \frac{1}{0,9} \cdot 100 = 111\%$$

Кількість основних робітників складає 2 особи. Кількість допоміжних робітників, що не передбачається, могла б становити від 5 до 12% від кількості основних виробничих працівників. Таким чином, загальний штат ділянки становитиме 2 особи.

5.6 Розрахунок кількості обладнання

Кількість мийних машин:

$$N_m = \frac{UQ}{\Phi_{до} \cdot q \cdot K_{з.м.}}$$

де:

- $UQ = 0,075 \cdot 2144 = 160,8 \text{ т,}$
- $q = 0,6$ – продуктивність за год.,
- $K_{з.м.} = 0,65$ – ступінь завантаження.

Розрахунок:

$$N_m = \frac{160,8}{1908 \cdot 0,6 \cdot 0,65} = 0,22 \text{ шт.}$$

Приймаємо одну машину.

Кількість діагностичних стендів:

$$N_c = \frac{y_{wk} \cdot t_k}{\Phi_{д.о.}} \cdot K_c, \quad (5.6)$$

$$U_{wk} = 2144,$$

$t_k = 0,14$ – тривалість контролю однієї деталі,

$K_c=0,75\dots0,8$ – коефіцієнт використання станку.

$$N_c = \frac{2144 \cdot 0,14}{1908 \cdot 0,75} = 0,2 \text{ шт.}$$

Отже, використовується один станок. Кількість обладнання для напилення:

$$N_H = \frac{Y_{TH}}{\Phi_{до}} \cdot K_H, \quad (5.7)$$

$Y_{TH} = 0,41 \cdot 2144 = 879$ – сумарна трудомісткість робіт при напиленні

$K_c=0,8$ – коефіцієнт використання напилювального обладнання.

$N_H=879/1908 \cdot 0,8=0,37$ шт.

Приймаємо одну напилювальну установку. Число абразивних установок:

$$N_{Ш} = \frac{Y_{TШ}}{\Phi_{до}} \cdot K_H, \quad (5.8)$$

$Y_{TШ} = 0,33 \cdot 2144 = 708$ люд-год.

$$N_{Ш} = \frac{708}{1908} \cdot 0,8 = 0,3 \text{ шт.}$$

Використовуємо одну абразивну установку.

Кількість копіювально-шліфувального обладнання:

$$N_{Ш} = \frac{Y_{TШ}}{\Phi_{до}} \cdot K_H, \quad (5.9)$$

$Y_{TШ} = 0,3 \cdot 2144 = 643$ люд-год.

$$N_{Ш} = \frac{643}{1908} \cdot 0,8 = 0,26 \text{ шт.}$$

Обираємо одну абразивно-шліфувальну установку. Кількість часу, необхідного для відновлення одного розподільного вала протягом року.

Тривалість роботи мийного обладнання:

$$T_M = T \cdot N \cdot q, \quad (5.10)$$

де T – час на очищення однієї деталі, н/час

N – кількість відновлюваних розподільних валів, шт

q – коефіцієнт устаткування - 1,1

$$T_M = 0,075 \cdot 2144 \cdot 1,1 = 177 \text{ год.}$$

Знаходимо час роботи сушильної шафи:

$$T_M = T \cdot N \cdot q, \quad (5.11)$$

T – час, необхідний для прогріву однієї деталі, нормо-години

N – кількість відновлюваних розподільних валів, штук

q – коефіцієнт завантаження устаткування, який становить 1,2

$$T_{сш} = 0,5 \cdot 2144 \cdot 1,2 = 1287 \text{ год.}$$

Час роботи піскоструминного агрегата :

$$T_{п} = 0,33 \cdot 2144 \cdot 1,01 = 715 \text{ год.}$$

Визначаємо сумарний час роботи напилювального обладнання :

$$T_{н} = T \cdot N \cdot q,$$

T – час на напилювання однієї деталі, н/год

q – коефіцієнт устаткування - 1,01

$$T_{н} = 0,41 \cdot 2144 \cdot 1,01 = 887 \text{ год.}$$

Знаходимо час роботи копіювально-шліфувального обладнання :

$$T_{к} = T \cdot N \cdot q, \quad (5.12)$$

T – час на шліфування однієї деталі, н/год

q – коефіцієнт устаткування- 1

$$T_{к} = 0,3 \cdot 2144 \cdot 1 = 643 \text{ год.}$$

5.7 Розрахунок виробничих площ

Загальна площа майстерні розраховується за формулою:

$$F_{уч} = F_{об} \cdot k, \quad (5.13)$$

$F_{об}$ – загальна площа, займана устаткуванням;

k – коефіцієнт розміщення обладнання – 4,5.

$$F_{уч} = 14,38 \cdot 4,5 = 64,71 \text{ м}^2$$

Визначимо параметрів обладнання:

Ширина прольоту буде $B = 12 \text{ м.}$

Довжина ділянки:

$$L = \frac{F_{уч}}{B}, \quad (5.14)$$

$$L = \frac{64,71}{12} \text{ м;}$$

Довжину майстерні прийемо - 6м, висоту - 4,8 м.

Величини прийняті згідно вимог ГОСТ 12.3.020 - 80.

Ширина проїзду - 3 м;

Величина від верстата до проїзду - 2 м;

Відстань між обладнанням: для тильних сторін - 1м; для боків - 1,3 м;
фронтальні - 2,6 м;

Відстань від стін до: фронту - 1,6 м; тильної сторони - 1,5 м; бічної сторони

- 0,9 мм;

5.8 Розрахунок порошкової суміші

Для відновлення розподільних валів застосовується порошок СНГН55, до складу якого входять такі елементи: Ni – 70%, В – 4%, С – 1%, Si – 4%, Cr – 17%, Fe – 3%, Mn – 1%.

Отримане покриття характеризується високою зносостійкістю. Товщина нанесеного шару має бути до 2 мм. Після нанесення шару його шліфують. Твердість наплавленого матеріалу складає 53-58 HRC. Для подальших розрахунків потрібно визначити площу кулачка.

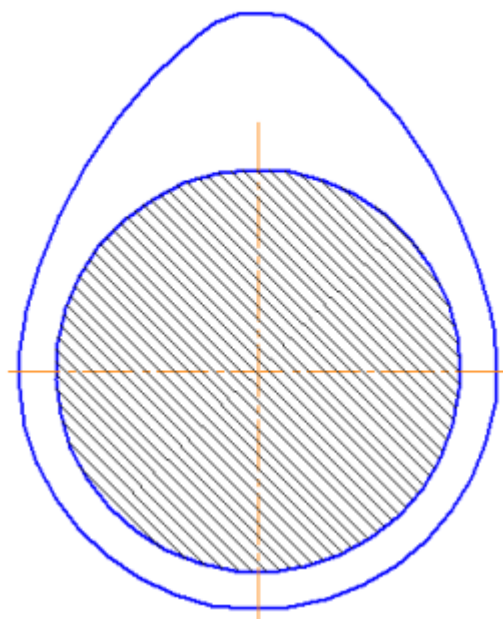


Рисунок 5.1 – Вигляд кулачка

Кулачок має грушоподібну форму знаходимо геометричні параметри:

$$L = l_1 + l_2 + 213, \quad (5.15)$$

$$R = 18,8 \text{ мм}; R_1 = 8,0 \text{ мм}; R_2 = 26,0 \text{ мм};$$

$$l_1 = pR; = 3,14 \cdot 18,8 = 46,472 \text{ мм.}$$

$$l_2 = SpR_1; = 4,71 \text{ мм.}$$

$$l_3 = jpR_2 = 17,27 \text{ мм.}$$

$$L = l_1 + l_2 + 213 = 46,472 \text{ мм} + 4,71 \text{ мм} + 17,27 \text{ мм} = 68,452 \text{ мм.}$$

Площа кулачка визначається:

$$h = 11,9 \text{ мм.}$$

$$s = L \cdot h = 68,452 \text{ мм} \cdot 11,9 \text{ мм} = 814,5788 \text{ мм}^2$$

Знайдемо товщину наплавленого шару:

$\delta = 1\text{ мм}$, для шліфування - $0,5\text{ мм}$. $\delta = 1,5\text{ мм}$.

$$V = S \cdot \delta = 814,5788 \cdot 21,5 = 1221,8682 \text{ мм}^3 \approx 1,222 \text{ см}^3;$$

Визначимо щільність елементів з яких складається порошок:

$$\rho_{\text{пор}} = 0,70 \cdot \rho_{Ni} + 0,17 \cdot \rho_{Cr} + 0,04 \cdot \rho_{B} + 0,04 \cdot \rho_{Si} + 0,03 \cdot \rho_{Fe} + 0,01 \cdot \rho_{Mn} + 0,01 \cdot \rho_{C} = 0,7 \cdot 8,902 + 0,17 \cdot 7,18 + 0,04 \cdot 2,34 + 0,04 \cdot 2,33 + 0,03 \cdot 7,874 + 0,01 \cdot 7,21 + 0,01 \cdot 2,25 = 7,97 \text{ г/см}^3.$$

$$m_{\text{теор}} = c_{\text{порошку}} \cdot V = 7,97 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 1,222 \text{ см}^3 = 9,74 \text{ г}.$$

$$M_{\text{практ}} = M_{\text{теор}} \cdot 0,6 = 9,74 \cdot 0,6 = 16,23 \text{ г}.$$

Двигун КамАЗ-740 V-подібний, 8-ми циліндровий, на розподільчому валу 16 кулачків. Для повного відновлення потрібно:

$$M_{\text{практ}} = M_{\text{практ}} \cdot 16 = 16,23 \cdot 16 = 259,68 \text{ г}$$

5.9 Вибір параметрів оплати праці

Обираємо почасово-преміальну систему оплати праці, яка є різновидом погодинної оплати. У цій системі заробітна плата розраховується шляхом множення годинної тарифної ставки робітника на фактично відпрацьований час. Додаткові премії можуть виплачуватися за високу якість виконаної роботи в розмірі 10%.

Розрахунок собівартості. Собівартість визначається залежно від характеру та призначення робіт. У розрахунку враховуються витрати на технічне обслуговування, основну і додаткову заробітну плату працівників, витрати на запасні частини та витрати майстерні.

5.10 Розрахунок заробітної плати робітників

Розраховуємо заробітну плату на основі кількості працівників, годинної тарифної ставки та кількості відпрацьованих годин.

$$\Phi ЗП_{\text{пов}} = Y_{\text{чс}} \cdot \Phi_{\text{р}} \cdot N_{\text{о}}, \quad (5.16)$$

$Y_{\text{чс}}$ – годинна ставка працівника, грн;

$\Phi_{\text{р}}$ – фонд робочого часу, год;

$N_{\text{о}}$ – кількість працівників.

$$\Phi ЗП_{\text{пов}} = 12,6 \cdot 1908 \cdot 2 = 48081,61 \text{ грн.},$$

Розраховуємо премії:

$$П_{\text{р}} \Phi_{\text{зп}} = П \cdot \Phi ЗП_{\text{пов}}, \quad (5.17)$$

П - відсоток премальних, % Приймаємо: $P = 20\%$

$$P_{\phi_{3п}} = 20 \cdot \frac{48081,6}{100} = 9616,32 \text{ грн}$$

$$\Sigma \Phi_{3п_{пов}} = 9616,32 + 48081,6 = 57698 \text{ грн}$$

Річні витрати на електроенергію визначаються за формулою: $C_{oc} = N \cdot W_x T_{oc} \cdot Y_{вес}$, де N – кількість ламп, шт; W – потужність лампи, кВт; T_{oc} – кількість годин штучного освітлення за рік; $Y_{вес}$ – ціна 1 кВт електроенергії, грн/кВт.

$$C_{oc} = 24 \cdot 0,08 \cdot 800 \cdot 0,76 = 1167 \text{ грн/рік.}$$

Річні витрати електроенергії на електрообладнання розраховуються за формулою: $C_{eo} = \Sigma W_x Y_{ве}$ – сумарне річне споживання електроенергії, кВт; $Y_{ве}$ – вартість 1 кВт електроенергії, грн/кВт.

Сумарне споживання електроенергії визначається як: $\Sigma W = T_n \cdot W_n + T_{сш} \cdot W_{сш} + T_m \cdot W_m + T_{п} \cdot W_{п} + T_k \cdot W_k$, де $T_n, T_{сш}, T_m, T_{п}, T_k$ – час роботи відповідного обладнання; $W_n, W_{сш}, W_m, W_{п}, W_k$ – потужність обладнання, кВт.

Приклад розрахунку: $\Sigma W = 177 \cdot 2 + 1287 \cdot 80 + 715 \cdot 2 + 887 \cdot 40 + 643 \cdot 5,5 = 143760 \text{ кВт/рік.}$

Загальні витрати на електрообладнання: $C_{eo} = 0,76 \cdot 143760 = 109 \text{ тис. грн.}$

Загальні витрати на електроенергію: $C_e = C_{oc} + C_{вен} + C_{eo}$, де C_{oc} – витрати на освітлення, $C_{вен}$ – витрати на вентиляцію, C_{eo} – витрати на електрообладнання.

Приклад розрахунку: $C_e = 1167 + 261 + 109000 = 110428 \text{ грн.}$

Витрати на воду визначаються за формулою: $C_v = Y_{vv} \cdot Q_m$.

Y_{vv} – ціна 1 літра води, грн/л

Q_m – річна витрата води, л

$$C_v = 7,22 \cdot 197 = 1422 \text{ грн.}$$

ВИСНОВОК

Проведено аналіз основних дефектів шатунів, їх причини та вплив на роботу двигуна внутрішнього згоряння. Виявлено, що найчастішими дефектами є: тріщини, обриви шатунних болтів і стрижня шатуна, зношування втулки верхньої головки шатуна, вкладишів нижньої головки шатуна та торців нижньої головки шатуна.

Розроблено вдосконалений технологічний процес відновлення деталей кривошипно-шатунного механізму для двигунів КамАЗ-740, який передбачає використання сучасного різального інструменту (пластини з гесаніту, алмазні шліфувальні бруски на металополімерному зв'язуванні). Також створено пристосування для фрезерування паза з гідравлічним приводом та одночасного хонінгування отворів у нижніх головках чотирьох шатунів, а також впроваджено операцію зачіпки цих отворів.

Вибрано необхідне ремонтно-технологічне обладнання та оснащення. Розроблено пристосування з гідравлічним приводом для закріплення шатуна під час виконання операції фрезерування.

Розраховано параметри проекрованої ділянки для відновлення шатунів, загальна площа якої становить 240 м².

Розроблено заходи щодо впровадження техніки безпеки на дільниці та виконано розрахунки заземлення свердлильного верстата й грозозахисту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шадрічев В.А. Основи технології автобудування та ремонт автомобілів / В.А. Шадрічев // - К: Машинобудування, 1996. – 560 с.
2. Вишняков Н.М, Вахламов В.К. та ін. Автомобіль: основи конструкції. Підручник для вузів за спеціальністю «Автомобілі та автомобільне господарство». - К: Машинобудування, 1996. – 304с.
3. Єсенберлін Р.Є. Капітальний ремонт автомобілів/Р.Є. Єсенберлін // К: Транспорт, 1999. – 343 с.
4. Чичинадзе А.В. Основи трибології (тертя, знос, мастило) / А.В. Чичинадзе, Е.Д. Браун, Н.А. Буше та ін; За заг. ред. А.В. Чичинадзе: Підручник для технічних вишів. - 2- вид., Перероб. та доп. - К.: Машинобудування, 2001. - 421 с.
5. Силін А.А. Тертя та її роль розвитку техніки / А.А. Силін // - К.: Наука, 2003. – 176 с.
6. Зайдман Г.М. Електролітичне осадження заліза/Г.М. Зайдман // - К.: Машинобудування, 2000. – 195 с.
7. Агладзе Р.І. Прикладна електрохімія/Р.І. Агладзе // - Дніпро.: Металургія, 2005. –552 с.
8. Кремінь З.І. "Хонінгування та суперфінішування деталей" / З.І. Кремінь, І.Х. Страшевський // - К, "Машинобудування"1998. – 187 с.
9. Дацик Ю.В. Якість мікропрофілю після хонінгування / Ю.В. Дацик // Автоцентр, 1998. – №39. – 41 с.
10. Довідник технолога авторемонтного виробництва. За ред. Малишева Г.А., - К.: Транспорт, 1997. – 432 с.
11. Довідник технолога-машинобудівника: 2 Т/Під ред. Г.А. Косилової та Р.К. Мещерякова - М.: Машинобудування, 1995, Т2. – 496 с.

12. Силантьева Н.А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н.А. Силантьева, В.Р. Малиновский // – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
13. Арсенов М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Арсенов // Ленинград: Машиностроение, 1975 – 656 с.
14. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений / В.С. Корсаков // учебник для Вузов – М.: Машиностроение, 1983. – 277с.
15. Разумов И.М. Организация, планирование и управление предприятием машиностроения / И.М. Разумов, Л.А. Глагольева, М.И. Ипатов, В.П. Ермилов // М.: «Машиностроение», 1982. – 544 с.
16. Бортницкий П.И. Охрана труда на автомобильном транспорте. Киев: Вища школа, 1988. – 263 с.
17. Салов А.И. Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта / А.И. Салов // М.: Транспорт, 1985. – 351с.
18. Методические указания по экономическому обоснованию технологических разработок в дипломных проектах по технологии машиностроения и ремонту машин для студентов специальностей 7.090214, 7.090258 / М.А. Подригало, Б.В. Савченков, В.Г. Сословский, Ю.В. Дудукалов, В.А. Цыбульский. – Харьков: ХНАДУ, 2002. – 42 с.