

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

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
магістр
(освітній рівень)

Тема роботи: «Проектування слюсарно-механічної ділянки
автотранспортного підприємства з розробкою технологічного процесу
відновлення гільз циліндрів»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми _____ Магістр
спеціальності _____ 208
_____ «Агроінженерія»

_____ Паляруш Костянтин Петрович
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Петриченко Є.А.
_____ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

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

Освітня програма: _____ магістр

Спеціальність: _____ 208 «Агроінженерія» _____
(код і назва)

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

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Студенту _____ **Палярушу Костянтину Петровичу** _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Проектування слюсарно-механічної ділянки АТП з організацією технологічного процесу відновлення гільз циліндрів»

керівник роботи _____ **к.т.н., доцент Петриченко Є.А.** _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом роботи _____ **25.11.2024 р.** _____

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

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

– 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)

Паляруш К.П. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Петриченко Є.А. _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Паляруш К.П. "Проектування слюсарно-механічної дільниці АТП з організацією технологічного процесу відновлення гільз циліндрів" (Магістерська робота, Уманський національний університет садівництва, 2024: пояснювальна записка на 81 сторінках, включає 5 розділів, 33 рисунка, 12 таблиць).

Робота присвячена розробці проекту слюсарно-механічної дільниці для автотранспортного підприємства (АТП) та організації технологічного процесу відновлення гільз циліндрів автомобільних двигунів. Основна мета дослідження – аналіз динаміки процесу розточування гільз циліндрів 4022.1002023 та обґрунтування ефективних методів їх відновлення.

У першому розділі розглянуто особливості конструкції гільз циліндрів, основні дефекти та причини їх виникнення.

Другий розділ присвячений розробці технологічного процесу відновлення гільз, включаючи вибір необхідного обладнання та технологій.

У третьому розділі проведено дослідження динаміки розточування гільз, що охоплює аналіз параметрів, які впливають на якість і точність обробки.

Четвертий розділ містить техніко-економічне обґрунтування запропонованих технологій, зокрема розрахунок собівартості робіт та ефективності виробничого процесу.

Останній розділ роботи розглядає питання охорони праці та безпеки на підприємстві під час проведення відновлювальних робіт.

Ключові слова: слюсарно-механічна дільниця, технологічний процес, гільза, розточування, відновлення.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Особливості конструкції гільз циліндрів	8
1.2 Основні дефекти і причини виникнення	10
1.3 Вибір способу відновлення гільз	14
1.4 Організаційно-технологічна характеристика слюсарно-механічної дільниці	23
1.5 Обґрунтування необхідності розробки дипломного проекту	23
2 ТЕОРИТИЧНА ЧАСТИНА	25
2.1 Закручування стружки в процесі розточування	25
2.2 Модель динамічна процесу розточування заготовок	28
2.3 Моделювання процесу різання	31
3 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	36
3.1 Розробка організаційно-аналітичних рішень	36
3.1.1 Розрахунок виробничої програми	36
3.1.2 Розрахунок кількості робочих	32
3.1.3 Розробка технології робіт на слюсарно-механічній дільниці	33
3.1.4 Технологічне планування слюсарно-механічної дільниці	35
3.2 Розробка конструкторських рішень	36
3.2.1 Призначення гільзи циліндра	36
3.2.2 Опис конструкції і принципу роботи пристрою для облицювання	37
3.2.3 Технічні розрахунки пристрою для облицювання	37
3.2.4 Обґрунтування прийнятої конструкції пристрою для затиску деталі в процесі хонінгування	42
3.2.5 Опис будови та роботи пристрою	43
3.2.6 Розрахунок на міцність ключових деталей	45
3.3 Розробка проектних рішень	46
3.3.1 Опис будови кривошипно-шатунного механізму	46
3.3.2 Відмови та несправності кривошипно-шатунного механізму	50
3.3.3 Виявлення дефектів	52
3.3.4 Вибір і обґрунтування методів відновлення працездатності кривошипно-шатунного механізму	53

3.3.5 Складання маршрутної технології усунення дефекту	54
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	55
4.1 Шкідливі фактори, що впливають на життєдіяльність людини	55
4.2 Розрахунок вентиляції приміщення	57
4.3 Розрахунок природного та штучного освітлення.....	57
4.4 Техніка безпеки та електробезпека.....	58
5 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	61
5.1 Розрахунок вартості основних виробничих фондів	61
5.2 Розрахунок собівартості робіт в слюсарно-механічній дільниці.....	62
5.3 Кошторис витрат виробництва в слюсарно-механічній дільниці	68
5.4 Розрахунок показників економічної ефективності проекту	68
ВИСНОВОК	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72

ВСТУП

Підтримання автомобілів у технічно справному стані багато в чому залежить від рівня розвитку та умов функціонування виробничо-технічної бази (ВТБ) підприємств автомобільного транспорту. ВТБ включає в себе будівлі, споруди, обладнання, інструменти та інші засоби, необхідні для технічного обслуговування, поточного ремонту й зберігання транспортних засобів. Важливо зазначити, що вплив ВТБ на ефективність експлуатації автомобілів становить близько 18-19%.

На сьогоднішній день розвиток ВТБ відстає від темпів зростання автопарків. Це призвело до того, що в середньому рівень забезпеченості автотранспортних підприємств виробничими площами не перевищує 50-65%, а кількість постів для обслуговування і ремонту складає 60-70%. Крім того, рівень механізації процесів технічного обслуговування (ТО) і ремонту на багатьох підприємствах залишається на рівні до 30%. Це викликає значні простої автомобілів, збільшуючи витрати на їх експлуатацію.

Подальший розвиток виробничо-технічної бази автотранспортних підприємств передбачає будівництво нових об'єктів, реконструкцію та технічне переоснащення існуючих потужностей. Упровадження конвеєрних ліній, автоматизація й механізація виробничих процесів, а також типізація технологічних процесів сприяють зниженню трудомісткості технічного обслуговування й ремонту.

Механізація робіт з ТО та ремонту є ключовою умовою підвищення продуктивності праці, покращення умов роботи, а також підвищення безпеки на виробництві. Крім того, важливим залишається питання ефективного управління технічним станом транспортних засобів, що дозволяє знизити кількість відмов і витрати на технічне обслуговування та ремонт.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Особливості конструкції гільз циліндрів

У сучасних двигунах з рідинною системою охолодження циліндр виконується у вигляді мокрої або сухої гільзи. Мокра гільза омивається охолоджувальною рідиною ззовні, а суха гільза встановлюється по всій довжині або у верхній частині циліндра, де відбувається найбільший знос (рис. 1.1). Товщина сухих гільз зазвичай складає 2-4 мм (рис. 1.1, в, г), і вони або запресовуються, або монтуються з зазором у 0,01-0,04 мм. Застосування тонкостінних сухих гільз дозволяє економити матеріали, але збільшується термічний опір на контактній поверхні між гільзою і блоком, що погіршує відведення тепла.

Внаслідок цього, у двигунах з підвищеними потужностями переважно використовуються мокрі гільзи, які забезпечують кращу теплопередачу й легко замінюються при пошкодженнях. Також їх застосування полегшує лиття блоку циліндрів. Однак мокрі гільзи знижують жорсткість блоку і можуть викликати кавітацію в системі охолодження через збільшені вібрації.

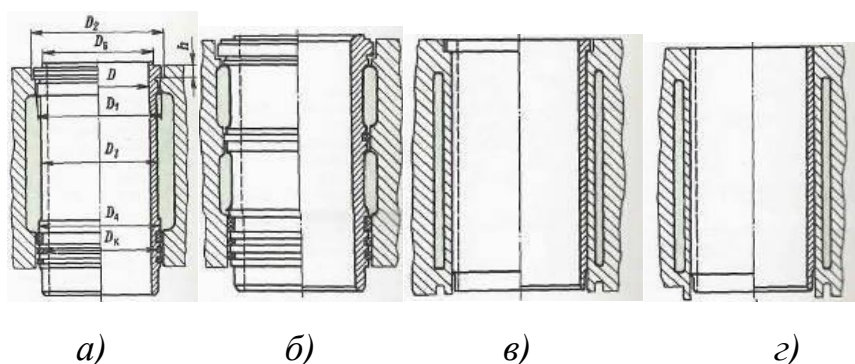


Рисунок 1.1 - Гільзи блоку циліндрів:

а, б - мокрі; в, г - сухі

В автомобільних і тракторних дизельних двигунах широко застосовуються мокрі гільзи з чавуну, що мають верхній опорний фланець (див. рис. 1.1, а, б і рис. 1.2). Фланець призначений для забезпечення жорсткості й міцності з'єднання між гільзою та блоком циліндрів.

Тиск, який передається на кільцеву поверхню між діаметрами D_t і D_2 в результаті затягування шпильок, що кріплять головку циліндра до блоку, не повинен перевищувати 380-420 МПа для чавунних блоків і 140-180 МПа для

алюмінієвих. При цьому, зі збільшенням різниці між діаметрами D_2 і D_1 зростає напруга вигину у верхньому поясі гільзи. Висота фланця h зазвичай складає 7-10% від діаметра циліндра D .

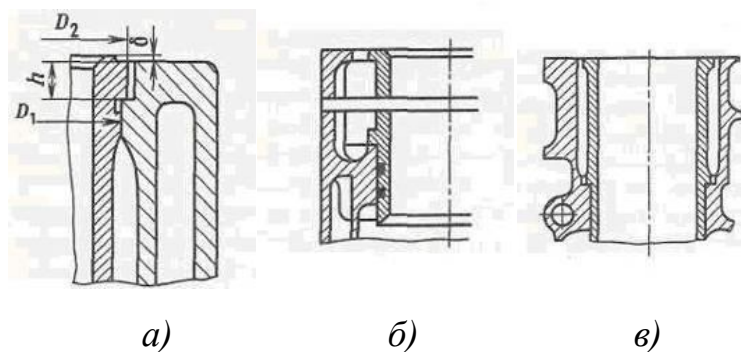


Рисунок 1.2 - Способи обпирання гільзи циліндра в блоці:

а - верхнім опорним поясом; б, в - нижнім опорним поясом

У деяких карбюраторних двигунах, з метою зменшення впливу сил на втулку, опорний фланець втулки іноді зміщують значно нижче від верхньої площини блоку (рис. 1.2, б, в). Це рішення сприяє зниженню температури верхньої частини втулки, а також поршневих кілець.

Однак традиційна поздовжньо-діагональна схема обтікання охолоджувальною рідиною (рис. 1.3, а) має низку недоліків. Серед них: зниження інтенсивності тепловіддачі у верхній частині втулки, яка є найбільш нагрітою, значна нерівномірність температурного поля гільзи і небезпека виникнення об'ємного кипіння в застійних зонах.

Досліджена схема з верхнім підведенням охолоджувальної рідини та поперечним обтіканням (рис. 1.3, б) відрізняється наявністю кільцевої щілини шириною $0,03-0,04D$, яка утворює верхню частину порожнини охолодження. Це рішення дозволяє підтримувати допустимий рівень температур у втулці ($150-160^{\circ}\text{C}$) при форсуванні дизелів до $22,5 \text{ кВт/л}$, а також забезпечує рівномірніший розподіл температури по довжині та периметру гільзи.

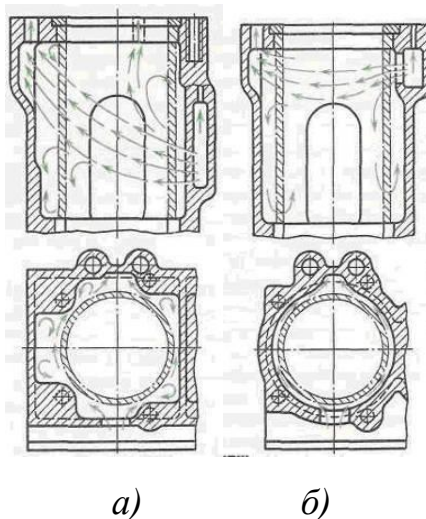


Рисунок 1.3 - Схеми охолодження гільз блоку циліндрів: а - поздовжньо-діагональна; б - з поперечним обтіканням

Для виготовлення гільз використовують сірі чавуни, такі як СЧ 30, СЧ 35, леговані елементами, зокрема хромом, нікелем, молібденом. Ці матеріали відрізняються перлітною структурою та вміщують достатню кількість графіту у вигляді пересічних пластин. Легування підвищує міцність чавуну, його зносостійкість та жаростійкість. Використання пористого хромування забезпечує високу твердість поверхні та зменшує зношування чавунних гільз у 2,5-4,5 рази залежно від типу палива.

У форсованих високооборотних двигунах для гільз застосовують сталі, такі як 45Х, а також азотовані сталі, зокрема 38ХМЮА. Це дозволяє створювати легкі тонкостінні конструкції з підвищеними експлуатаційними характеристиками.

1.2 Основні дефекти і причини виникнення

Зношування внутрішньої поверхні циліндрів відбувається внаслідок роботи двигуна, зокрема в зоні верхньої частини циліндрів, де згорає робоча суміш. Процес горіння супроводжується виділенням продуктів окислення, таких як окис вуглецю, окис азоту, вуглекислий газ, сірчистий газ, водяна пара та інші речовини.

Якщо двигун працює при знижених температурах охолоджуючої рідини (50–60 °С) і масла, частина цих продуктів, особливо водяна пара, осідає у вигляді конденсату на стінках циліндрів, що сприяє прискореному зносу поверхонь.

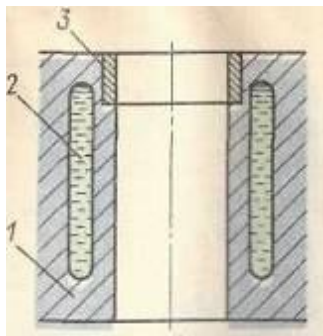


Рисунок - 1.4 Вставка в блоці циліндрів:
1 - блок циліндрів; 2 - водяна сорочка; 3 - вставка

На двигунах автомобілів ГАЗ-3102 «Волга» і ГАЗ-53-12 гільзи циліндрів виготовляються з високоміцного чавуну без вставок і кріпляться по верхньому бурту. Під час роботи двигуна дзеркало циліндрів піддається не лише корозійному зносу, а й абразивному та механічному зношуванню через потрапляння пилю. Пил може потрапляти в циліндри через впускний трубопровід або з паливом та маслом при недбалому зберіганні.

Тривалість служби гільз значною мірою залежить від якості ремонту та рівня експлуатації двигуна. Під час ремонту важливо правильно встановити гільзи та зібрати кривошипно-шатунний механізм, дотримуючись технічних вимог. Відхилення від цих норм може призвести до деформації гільз і перекосу поршнів, що прискорює знос.

Кавітаційне зношування виникає у дизелях через вібрацію гільз, яка проявляється під час руху поршня через ВМТ (верхню мертву точку). Удар поршня об стінки циліндра змінює тиск і спричиняє вібрацію, що призводить до кавітаційного зношування.

Для запобігання цьому руйнуванню в гільзах проточують канавку, в яку вставляють кільце прямокутного перерізу.

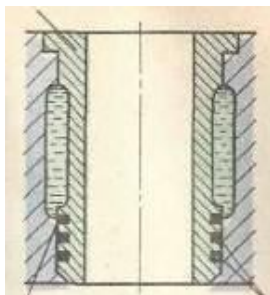


Рисунок 1.5 - Схема циліндра з антикавітаційним кільцем:

1 - гільза циліндрів; 2 - ущільнювальні кільця (гумові або мідні, що встановлюються під бурт); 3 - антикавітаційне кільце

У карбюраторних двигунах кавітаційне руйнування гільз майже не зустрічається, оскільки ці двигуни працюють з меншими ступенями стиснення. Внаслідок цього тиск на поршень в кінці згоряння робочої суміші значно нижчий, ніж у дизелях. Крім того, зазор між поршнем і гільзою в карбюраторних двигунах також менший і зменшується під час роботи. Тому удар під час перекидання поршня у верхній мертвій точці (ВМТ) не викликає значної вібрації гільзи.

Поломка буртика гільзи є ще одним серйозним дефектом. У блоці циліндрів є округле поглиблення, відоме як сідло буртика, яке фіксує гільзу аксіально. Буртик повинен ідеально прилягати до сидла, щоб забезпечити правильне встановлення гільзи. Після цього встановлюється прокладка головки блоку циліндрів, яка забезпечує ущільнення камери згоряння. У більш сучасних двигунах використовуються металеві прокладки з профілем, які повинні точно прилягати до верхньої частини сидла буртика.

Під час затягування болтів головка блоку сильно притискається до циліндрів, передаючи величезне зусилля на сідло буртика через болти і прокладку. Тому надзвичайно важливо, щоб це зусилля передавалося строго вертикально.

Основні причини поломки буртика:

1. **Сторонні частинки.** Під час монтажу важливо дотримуватись чистоти, щоб уникнути потрапляння бруду, стружки або залишків прокладки між буртиком і сидлом.
2. **Нерівність сидла.** Поверхня сидла має бути ідеально горизонтальною, а гострі краї — зрізані під кутом близько $1 \times 45^\circ$. В іншому випадку є висока ймовірність зламу буртика.

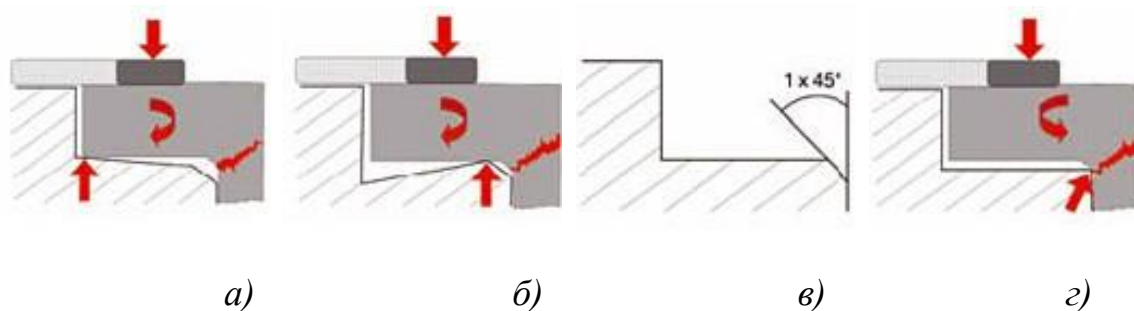


Рисунок 1.6 - Причини зламу бурту гільзи

а, б - нахил в області сідла; в, г - можливість зламу при відсутності фаски сідла буртика

1. Невідповідна прокладка головки блоку циліндрів.

Також може стати причиною неправильного розподілу сил в області буртика (рис. 1.7) через занадто маленького діаметру або невірно обраної висоти прокладки.

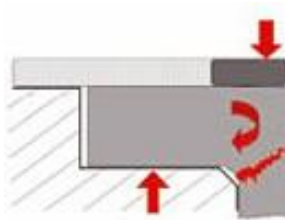


Рисунок 1.7 - Злам у результаті невідповідної прокладки

Неправильна обробка.

Іноді головка блоку циліндрів має канавку по всьому периметру, в яку входить протипожежний борт, причому головка і гільза циліндра не повинні стикатися. Якщо внаслідок перекосу або пошкодження головка блоку вимагає вирівнювання, канавка повинна бути пропорційно збільшена. В іншому випадку є небезпека того, що зусилля буде спрямовані не на прокладку, як повинно бути, а на протипожежний борт гільзи циліндра (рис. 1.8).

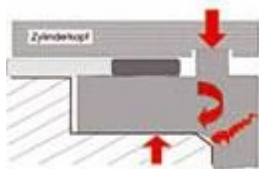


Рисунок 1.8 - Злам у результаті зменшення глибини канавки

Якщо дефект гільзи не виявити вчасно, після запуску двигуна зламаний елемент зміститься в напрямку колінчастого вала. Коли місце зламу досягне рівня першого поршневого кільця, кільця вийдуть за межі зламу. При зворотному ході поршень втисне гільзу циліндра, а колінчастий вал, продовжуючи обертатися, розіб'є гільзу, пошкодить поршень і шатун.

Тріщини на поверхні гільзи. Основними причинами появи тріщин є ненормальні умови експлуатації: перегрів, швидке охолодження, ударні навантаження тощо. Тріщини можуть також виникнути внаслідок порушень технології ремонту. Наприклад, надмірне затягування болтів головки блоку може спричинити появу тріщин. Окрім того, експлуатація двигуна взимку з водою в

системі охолодження часто стає причиною тріщин після замерзання води.

Установка деталей з тріщинами зазвичай призводить до виходу двигуна з ладу відразу після запуску або через певний час, що потребує повторного ремонту. Стандартні методи ремонту, такі як шліфування або хонінгування, часто недоцільні для деталей з тріщинами, тому їх слід замінити. Оскільки виявлення тріщин є критичним для успішного ремонту, цьому питанню потрібно приділяти значну увагу.

Зношування посадочних пасків гільзи. Знос пасків гільзи може бути наслідком кавітаційного зношування. Основною ознакою цього дефекту є глибокі раковини на поверхні, спричинені кавітацією або корозією. Вібрація під час роботи двигуна також сприяє зносу посадочних пасків. Овальність пасків може виникнути через кавітаційне руйнування або відкладення накипу в зазорах між гільзою і блоком.

У подальших розділах дипломного проєкту буде детально розглянуто зношення внутрішньої поверхні циліндрів (гільз).

1.3 Вибір способу відновлення гільз

У ремонтній практиці відновлення зношених деталей автотракторної техніки виконується різними методами, і вибір конкретного способу залежить від економічних міркувань або наявних виробничих можливостей ремонтної бази (наявність відповідного обладнання та інструменту). Для ремонту гільз використовують таку послідовність технологічного процесу:

1. виправлення;
2. відновлення розмірів посадкових поясків;
3. усунення дефектів опорного буртика;
4. відновлення внутрішньої робочої поверхні;
5. нанесення цинкового покриття на зовнішню поверхню;
6. контроль якості.

В рамках цього дипломного проєкту розглядається методика відновлення внутрішньої робочої поверхні.

Відновлення внутрішньої поверхні

Незважаючи на різноманітність ремонтних операцій, багато з них можна згрупувати за загальними технологічними процесами. Це дозволяє виділити

основні методи відновлення зношених деталей за їх технологічною подібністю:

1. Відновлення деталей шляхом їх обробки до ремонтних розмірів.
2. Відновлення деталей за допомогою наплавлення.
3. Металізація як метод відновлення зношених деталей.
4. Гальванічне відновлення зношених елементів.
5. Відновлення методом роздачі або опади матеріалу.
6. Використання обороту деталі на іншу, невикористану сторону.
7. Використання додаткових елементів, таких як втулки або кільця, для відновлення деталей.
8. Заміна зношених частин новими компонентами.

Розточування під ремонтний розмір

Процедури розточування та хонінгування гільз циліндрів застосовують у випадках, коли зношування внутрішньої поверхні досягає межі, або ж при перевищенні допустимих значень овальності та конусності робочих поверхонь.

Залежно від ступеня зношування, гільзи підлягають розточуванню або шліфуванню з подальшим хонінгуванням до ремонтних розмірів. Перед усуненням дефектів гільзи очищають від бруду, корозії та накипу, а посадкові пояски і опорні поверхні буртиків обробляють до металевого блиску.

Гільзи розділяють на три групи за рівнем зносу внутрішньої поверхні:

- Перша група включає гільзи з внутрішнім діаметром у межах допуску для нових деталей.
- Друга група – з внутрішнім діаметром, що перевищує номінальний не більше ніж на 0,2 мм.
- Третя група охоплює гільзи з діаметром, що перевищує номінал на 0,15–0,4 мм.

Для охолодження під час обробки рекомендується використовувати гас з додаванням 10-20% веретенного масла. Хонінгування проводять з використанням брусків із синтетичних алмазів, що значно підвищує ефективність і точність процесу, а також зменшує шорсткість поверхні. Стійкість таких брусків значно вища, ніж у звичайних. Для початкового хонінгування підходять бруски АС12М1, а для завершальної обробки – АСМ40М1.

Групи ремонту гільз

– Гільзи другої групи підлягають хонінгуванню або шліфуванню на внутрішньошліфувальних верстатах із подальшим фінальним хонінгуванням. При початковому хонінгуванні використовуються бруски К316-8 СМ1-С1К або К340МЗК, а для завершальної обробки – К33-М20 СМ1-С1К.

– Гільзи третьої групи спочатку розточують, потім виконують попереднє та остаточне хонінгування до ремонтного розміру.

Температура нагріву гільзи під час розточування та хонінгування не повинна перевищувати 50-60°C.

Гільзи на верстаті центрують за допомогою оправки, вставленої в шпindel верстата (рис. 1.9). Кульовий кінець оправлення повинен входити в циліндр на глибину 3 - 4 мм. Виліт кульового кінця оправлення підраховують за формулою:

$$l_0 = \frac{D+d}{2}, \quad (1.1)$$

де D - діаметр гільзи, під який проводиться розточування;

d - діаметр шпинделя (оправлення).

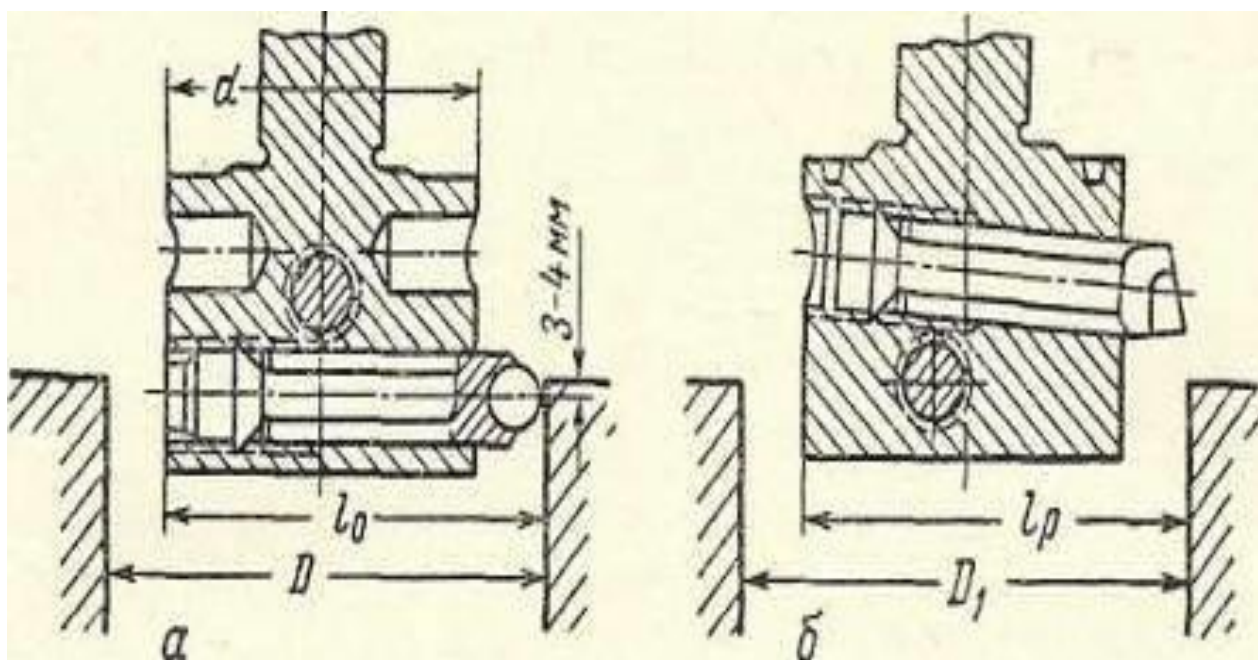


Рисунок 1.9 - Центрування гільзи (а) і установка різця (б) при розточування гільзи циліндра

Під час встановлення розточувального різця слід враховувати припуск на хонінгування, який має становити від 0,06 до 0,12 мм на діаметр. Овальність внутрішньої робочої поверхні гільзи не повинна перевищувати 0,04 мм, а конусність — 0,05 мм. Шорсткість поверхні має відповідати не нижче 6-го класу чистоти.

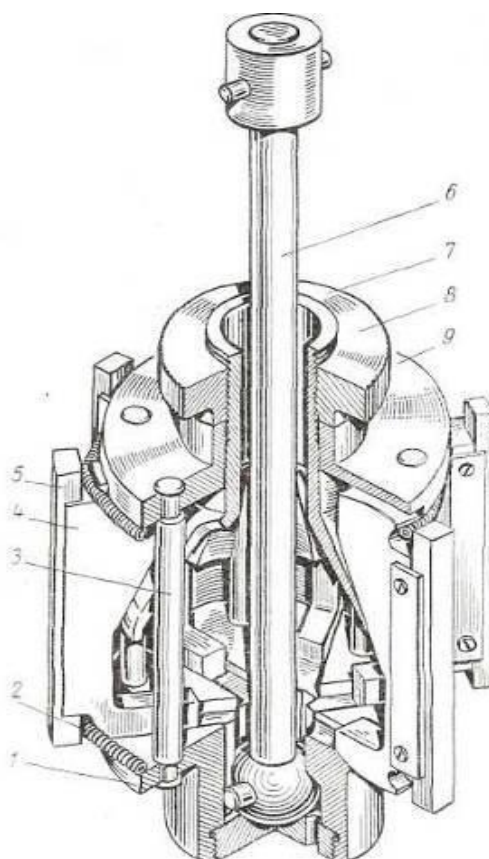


Рисунок 1.10 - Хона:

1 - нижній диск; 2 - пружина; 3 - стержень; 4 - державка; 5 - абразивні бруски; 6 - тяга; 7 - пружна коронка; 8 - натяжна гайка; 9 - верхній диск

Цей метод широко використовується під час ремонту циліндро-поршневої групи двигунів, проте якщо знос внутрішньої поверхні гільз перевищує останній ремонтний розмір, деталь вибраковують, що призводить до збільшення витрат на придбання нової запчастини.

Шліфування внутрішньої поверхні.

Замість розточування часто застосовують шліфування. Внутрішня поверхня гільзи обробляється шліфувальним каменем до повного усунення слідів зносу. Овальність поверхні гільзи в верхньому і нижньому поясах, а також конусність по всій довжині гільзи допускається до 0,06 мм. Дозволено наявність невеликих

ділянок вироблення від верхнього поршневого кільця, не оброблених шліфувальним каменем. Також допускаються незаймані каменем ділянки на висоті до 50 мм від нижнього краю гільзи загальною площею не більше 20 см².

Практика показує, що під час шліфування гільз із ремонтного фонду рідко вдається досягти зазначених технічних параметрів. Як наслідок, такі гільзи часто вибраковуюють.

Для шліфування отвору гільзу фіксують у спеціальному пристрої (рис. 3.2). Пристрій складається з чавунної склянки 5, притискного кільця 8 та поршня 3. У склянку запресовані базові сталеві загартовані кільця 1 та 6. Для забезпечення співвісності отвору гільзи зі шпинделем верстата, отвори в кільцях та торець кільця 1 шліфують після того, як пристрій закріплено на планшайбі. На великих ремонтних підприємствах один з верстатів зазвичай налаштовують для обробки гільз із ремонтними розмірами, а решта – для гільз стандартного розміру.

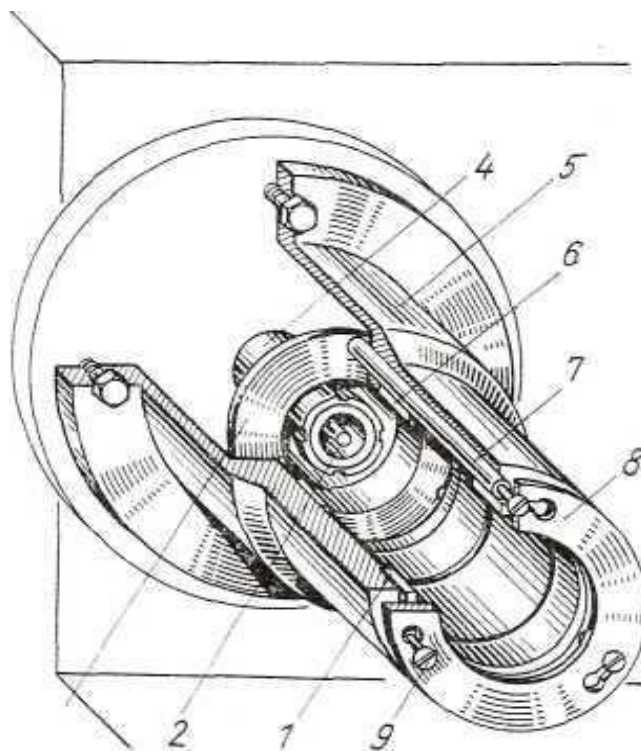


Рисунок 1.11 - Пристосування для установки гільзи при шліфуванні
робочої поверхні

Виштовхувач являє собою сталевий диск, шарнірно прикріплений до тяги 4 пневмоциліндра, закріпленого на задній частині шпинделя. До диска також приєднані три тяги 7, кожна з яких містить гвинт 9 з конічною головкою. Усередині тяги пневматичного циліндра розміщена труба 2, що забезпечує подачу охолоджуючої емульсії.

Для обробки гільзи використовується шліфувальний круг ПП-125-50-50 на керамічній зв'язці СМ1 із зернистістю 12-16. Після шліфування внутрішньої поверхні гільзи зовнішню поверхню очищують піскоструминним методом і піддають оцинкуванню.

Такий порядок виконання операцій обраний через те, що під час шліфування на деяких гільзах неможливо повністю усунути сліди зносу, і такі деталі бракують. Отже, цинкування зовнішньої поверхні гільз до шліфування є недоцільним.

Електроімпульсне нанесення покриттів.

Метод електроімпульсного нанесення покриттів базується на розряді конденсатора через дріт матеріалу, що напилюється. Внаслідок цього відбувається вибухове плавлення дроту і осадження розплавлених частинок металу на внутрішній поверхні гільзи.

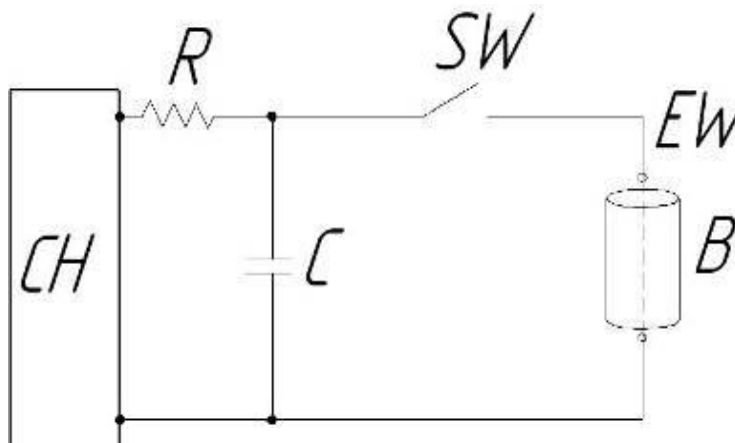


Рисунок 1.12 - Схема електроімпульсного напилення:

CH - джерело живлення для зарядки конденсатора; R - резистор; C - конденсатор; SW - вимикач; EW - металевий дріт; B - напилювана гільза де S - площа перетину металевого дроту, мм^2 ; l - довжина металевого дроту, мм; Z - ємність конденсатора, Ф; U - напруга зарядного струму, В; f - власна частота коливань електророзрядного ланцюга, Гц; K_1 , K_2 - постійні, які визначаються матеріалом дроту; $K_1 = (1 \dots 3) \cdot 10^{-3}$; $K_2 = 4$.

Відстань l від поверхні деталі до розплавленого кінця металевого дроту залежить від його діаметра d і визначається за формулою $l = 30d$. Під час розряду в оптимальному режимі близько 40% маси дроту перетворюється на газ, а решта 60% — у краплі розплавленого металу, які осідають на поверхню

основного матеріалу. Утворені краплі можна поділити на дві категорії: частинки першої групи мають розмір у кілька мікрометрів, а другої — у кілька сотих часток мікрометра. Покриття формується за рахунок осідання частинок першої групи, тоді як частинки другої випаровуються і стають аерозолем. Якщо енергія розряду недостатня, дріт розплавляється без вибуху, а при надмірній енергії повністю переходить у газоподібний стан, що унеможлиблює процес напилення.

Електролітичне нанесення покриттів.

Суть цього методу полягає в тому, що під впливом постійного електричного струму через розчин електроліту в ньому утворюються позитивно і негативно заряджені іони. Позитивні іони прямують до катода (металева деталь) і осідають на його поверхню, утворюючи міцне з'єднання. Негативні іони спрямовуються до анода і осідають на ньому. Як електроліти зазвичай використовують водні розчини солей, кислот або лугів.

Найпоширенішими електролітичними процесами є хромування та осталювання.

Хромування застосовується в тих випадках, коли потрібно забезпечити високу твердість і зносостійкість покриття. Електролітичний хром має твердість від HB 400 до HB 1200, високу зносостійкість, низький коефіцієнт тертя (0,13 при терті з бабітом і 0,16 — зі сталлю), хорошу теплопровідність і низький коефіцієнт лінійного розширення. Електрохімічний еквівалент хрому становить 0,324 г/А-год.

Осталювання забезпечує в 5-7 разів вищий вихід металу за струмом у порівнянні з хромуванням (75-95%) і швидкість осідання досягає 0,4 мм за годину. Процес нанесення осталювального покриття схожий на хромування.

Недоліками відновлення гільз електролітичними покриттями є невелика товщина шару, тривалість процесу та нерівномірність нанесення.

Гальваномеханічний метод відновлення.

Дослідження показали, що гальваномеханічний спосіб відновлення деталей машин відповідає вимогам ремонтного виробництва. Особливість методу полягає в тому, що під час електролізу поверхня деталі піддається механічному активуванню (наприклад, подряпинам) за допомогою абразивних

або алмазних інструментів у формі стрічок або брусків, які переміщуються в міжелектродному просторі.

Відновлення методом термопластичного деформування.

Цей метод полягає у швидкому нагріванні зовнішньої поверхні гільзи в індукторі до температури 700-750 °С, а потім її охолодженні в маслі. В результаті робоча частина гільзи скорочується на 0,1 мм, що дозволяє відновити необхідний розмір подальшою механічною обробкою.

Гradient температур створюється в стінці деталі поступово вздовж осі. Для цього деталь нагрівають струмом високої частоти і охолоджують водяними струменями. Процес нагрівання і охолодження виконується під час переміщення деталі зі швидкістю не більше 3-4 мм/с, при цьому максимальна температура не перевищує 870-920 °С.

На рисунку 1.13 зображена установка для реалізації цього методу.

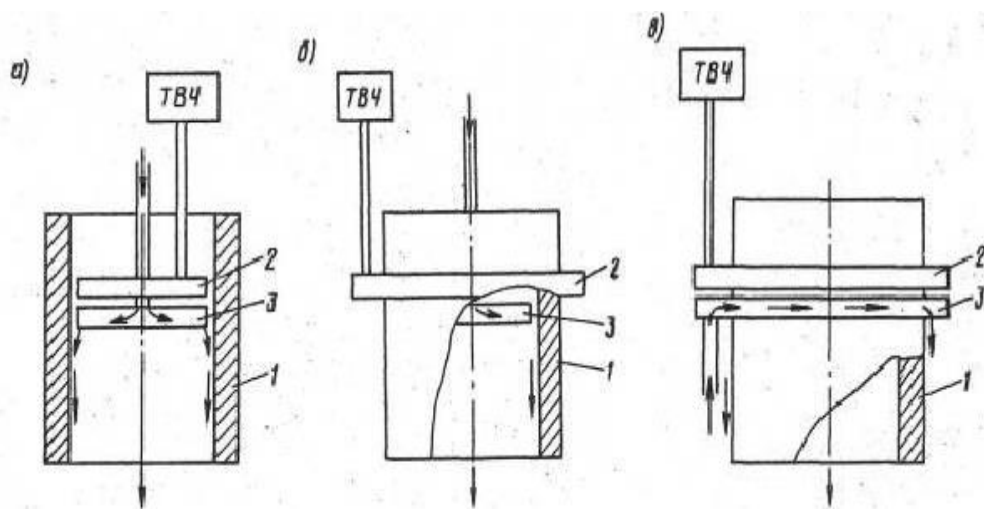


Рисунок 1.13 - Схема обробки деталей струмами високої частоти:

а - при розташуванні джерел нагріву і охолодження всередині деталі; б - при розташуванні джерела нагріву зовні деталі, а джерела охолодження всередині її; в-при розташуванні джерел нагріву і охолодження зовні деталі; 1 - відновлювана деталь; 2 - джерело нагріву; 3 - джерело охолодження.

Спосіб відновлення зношених внутрішніх циліндричних поверхонь, переважно зі сталі або чавуну, для деталей типу гільз циліндрів двигунів внутрішнього згоряння реалізується шляхом створення температурного градієнта. Це досягається впливом на деталь 1 джерела нагріву 2 та джерела охолодження 3 (рис. 3.4). Gradient температур створюється безперервно та

послідовно вздовж осі деталі: нагрів проводиться струмом високої частоти (ТВЧ), а охолодження здійснюється струменями води. Пластичні деформації спостерігаються як у чавунних, так і у сталевих деталях.

Методи встановлення ремонтних втулок.

Цей метод відновлення внутрішніх поверхонь гільз двигунів внутрішнього згоряння дозволяє збільшити кількість гільз, що підлягають повторному використанню, оскільки він надає можливість ремонтувати гільзи з внутрішнім зносом, що перевищує 0,4 мм.

На рисунку 1.14 а та б зображені гільза та ремонтна втулка на етапі підготовки; на рисунку 1.14 в показана гільза після відновлювального ремонту.

Зовнішня поверхня втулки обробляється з допусками для подальшого доведення до номінальних розмірів після напресування. Підготовлену втулку 4 нагрівають до температури 300-400 °С і напресовують на підготовлену ділянку гільзи. Після охолодження втулки відбувається її стиснення, що дозволяє відновити внутрішній діаметр гільзи. На завершальному етапі здійснюється обробка внутрішньої та зовнішньої поверхонь до номінальних розмірів.

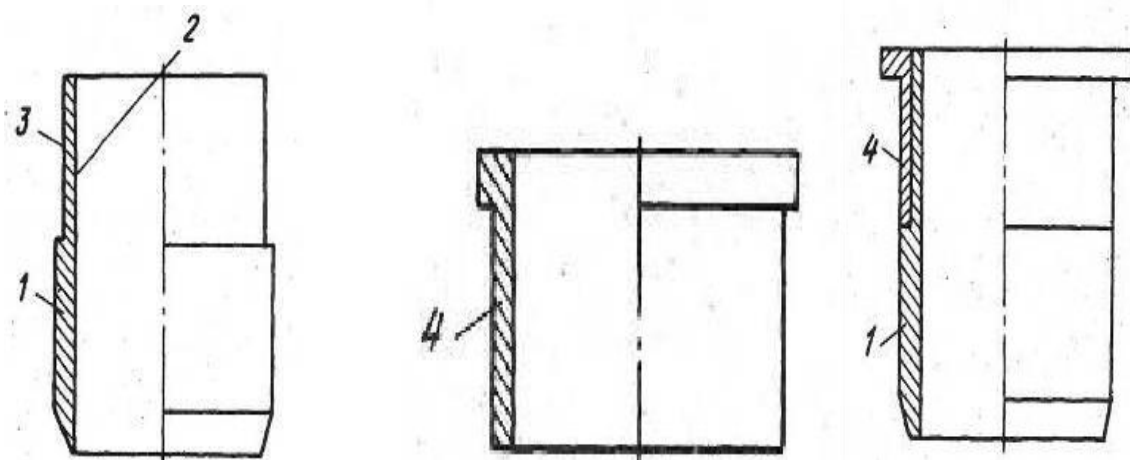


Рисунок 1.14 - Спосіб відновлення постановкою втулки:

а - гільза; б - ремонтна втулка; в - гільза з напресованною втулкою.

Цей метод є простим у виконанні та не вимагає придбання додаткового обладнання, проте він має кілька недоліків. Зокрема, погіршується охолодження гільзи через зниження теплопровідності, оскільки однорідність матеріалу порушується. Крім того, для кожної гільзи необхідно виготовляти окремі втулки, що збільшує витрати на виробництво і ускладнює технологічний процес.

1.4 Організаційно-технологічна характеристика слюсарно-механічної дільниці

Слюсарно-механічна дільниця спеціалізується на виготовленні різних кріпильних елементів, відновленні отворів корпусних деталей та здійсненні інших видів механічної обробки. Тут виготовляють такі кріпильні деталі, як гвинти, гайки, шпильки та шайби. Проводиться механічна обробка деталей після наплавлення і зварювання, розточування гальмівних барабанів, виготовлення та розточування втулок до ремонтних розмірів для відновлення гнізд підшипників і шарнірних з'єднань, а також фрезерування пошкоджених поверхонь. Відділ також виконує токарно-гвинторізні, свердлильні, універсально-фрезерні, шліфувальні та хонінгувальні роботи.

Організація робочих процесів у дільниці відповідає існуючим нормативам, а все обладнання розташоване згідно з діючими стандартами для забезпечення максимальної зручності в роботі. Для монтажу та демонтажу агрегатів використовуються спеціальні пристосування. Є стелажі для складання деталей і верстаки з навісним обладнанням.

Майстер, що відповідає за виконання робіт та дотримання техніки безпеки, керує процесом в дільниці. Однак, технологічне обладнання є застарілим і зношеним на 90%, потребує капітального ремонту або заміни. Більшість необхідного інструменту відсутня, а ті, що є, часто небезпечні для використання через зношеність і невідповідність сучасним стандартам, що ускладнює виконання робіт з високою точністю.

Також у дільниці бракує актуальних технологічних карт для виконання більшості робіт. Наявні карти були розроблені 20-25 років тому і вже не придатні для використання в сучасних умовах. Відсутність актуальної нормативної документації значно уповільнює процес виконання слюсарно-механічних робіт.

1.5 Обґрунтування необхідності розробки дипломного проекту

Серед основних недоліків організації технологічного процесу в слюсарно-механічній дільниці варто відзначити використання застарілого обладнання, застарілих планувальних рішень і технологій, а також нестачу сучасних інструментів. Наявне обладнання застаріле та надто зношене, що призводить до

високих витрат на його обслуговування, які не виправдовуються. Чимало часу витрачається на виконання навіть простих операцій, що знижує економічну ефективність. Крім того, старі верстати важкі в обслуговуванні порівняно з новими моделями.

Технологічні процеси, що використовуються в дільниці, є неефективними, оскільки вони забирають багато часу, а результати робіт не відповідають сучасним стандартам якості. Інструменти, що застосовуються, несуть високий ризик травмування через свою застарілість і зношеність, а деякі з них навіть пошкоджені, але все одно використовуються.

Сама будівля, де розташована слюсарно-механічна дільниця, перебуває в аварійному стані й також потребує капітального ремонту. Крім того, працівники дільниці часто не мають необхідних знань і навичок для роботи за новими технологіями.

Сучасні умови та вимоги до технологій ремонту диктують потребу в оновленні матеріально-технічної бази та покращенні планувальних рішень для підвищення конкурентоспроможності. Для ефективної роботи необхідно провести модернізацію: замінити застаріле обладнання й інструменти на нові, реконструювати будівлю згідно з сучасними стандартами, а також розробити нові технологічні карти для виконання робіт.

Не менш важливо навчити працівників сучасним технологіям і методам роботи, щоб вони могли вільно опановувати нові стандарти якості та ефективно використовувати нові технологічні карти в роботі слюсарно-механічної дільниці.

2 ТЕОРИТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Закручування стружки в процесі розточування

Розглянемо процес стружкоутворення в процесі виготовлення гвинтових елементів. При проведенні розрахунків ми розглядаємо не тільки зсув в площині сколювання, але і деформації в шарі зрізуваного металу. Згідно рисунку 2.1

$$AC = \frac{a}{\tan \theta}; AC = x \cdot \tan \theta;$$

де a - товщина шару, що зрізається;

θ - кут сколювання;

x - біжуча координата шляху різання.

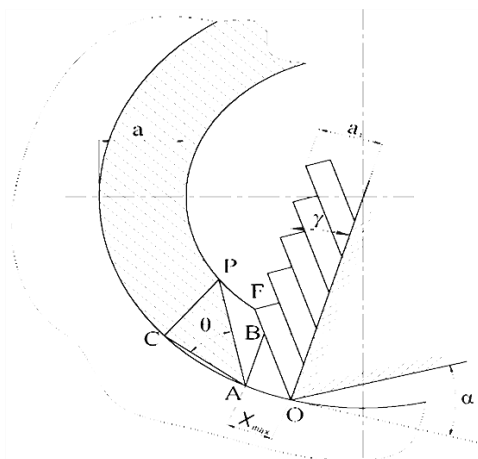


Рисунок 2.1 - Схема стружкоутворення

Згідно теорії різання [4,20] максимальне значення x , при якому проходить сколення стружки, записується виразом:

$$X_{max} = a \frac{\tau_x \cos \theta}{\sin \theta (\tau_x + \sigma_x \tan \theta)}$$

де τ_x - межа міцності металу на зріз;

σ_x - межа міцності металу при стиску.

Враховуючи, що пружна деформація стиску поширюється в зоні стружкоутворення до точки С, то відносна поздовжня залишкова деформація стиску

$$\varepsilon_1 = \frac{x}{AC + x}$$

Якщо врахувати, що $AC = a_1$, тоді

$$\varepsilon_1 = \frac{x}{a_1 + x}$$

Або

$$\varepsilon_1 = \frac{x}{\frac{a}{\operatorname{tg}\theta} + x} = \frac{1}{\frac{a}{x \cdot \operatorname{tg}\theta} + 1} \quad (2.1)$$

Відносна поперечна деформація стискування

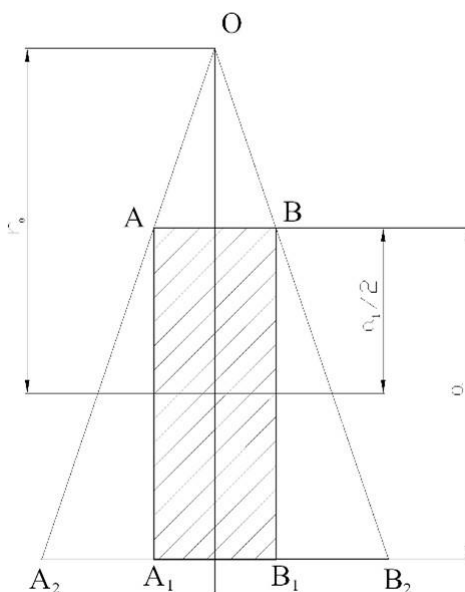
$$\epsilon = \mu \cdot \epsilon_1 = \frac{\mu}{\frac{a}{x \cdot \operatorname{tg}\theta} + 1} \quad (2.2)$$

μ - коефіцієнт Пуасона

Якщо подати схему поперечного розрізу елемента деформованої стружки (рис. 2.2), то з геометричної побудови можна записати, що поздовжня залишкова деформація стиску

$$\epsilon = \frac{A_1 A_2 + B_1 B_2}{A_1 B_1} \quad (2.3)$$

Рисунок 2.2 - Схема розрізу елемента стружки



а відносна поперечна деформація

$$\varepsilon = \frac{2B_1 B_2}{AB} \quad (2.4)$$

За теоремою пропорційності:

$$\frac{B_1 B_2}{BB_1} = \frac{A_2 B_2}{2(r_0 + \frac{a_1}{2})} \quad (2.5)$$

Зробивши наступні перетворення

$$2B_1 B_2 \cdot \left(r_0 + \frac{a_1}{2}\right) = BB_1 \cdot A_2 B_2$$

$$r_0 + \frac{a_1}{2} = \frac{BB_1 \cdot A_2 B_2}{2B_1 B_2}$$

визначимо:

$$r_0 = \frac{BB_1 \cdot A_2 B_2}{2B_1 B_2} - \frac{a_1}{2} \quad (2.6)$$

З виразу (2.39) з врахуванням рис. 2.2

$$B_1 B_2 = \frac{AB \cdot \varepsilon}{2} = \frac{x \cdot \operatorname{tg} \theta}{2} \quad (2.7)$$

Підставивши значення $B_1 B_2$ у вираз (2.6) і замінивши BB_1 на a_1 , а $A_2 B_2$ на $(2B_1 B_2 + AB)$, отримано:

$$r_0 = \frac{(2 \cdot B_1 B_2 + AB) \cdot a_1 - a_1 \cdot B_1 B_2}{2 \cdot B_1 B_2} = \frac{2 \cdot a_1 \cdot B_1 B_2 + a_1 \cdot AB - a_1 \cdot B_1 B_2}{2 \cdot B_1 B_2} = \frac{a_1}{2} \left(\frac{AB}{B_1 B_2} + 1 \right)$$

Підставимо в отриманий вираз формулу (2.7), отримано радіус завивання стружки

$$r_0 = \frac{a_1}{2} \left(\frac{AB}{\frac{AB \cdot \varepsilon}{2}} + 1 \right) = \frac{a_1}{2} \left(\frac{2}{\varepsilon} + 1 \right)$$

$$r_0 = \frac{a_1}{2} \left(\frac{2}{\varepsilon} + 1 \right)$$

Підставивши в останній вираз формулу (2.2), отримано:

$$r_0 = \frac{a_1}{2} \left[1 + \frac{2}{\mu} \left(\frac{a}{x \operatorname{tg} \theta} + 1 \right) \right]$$

Товщина стружки a_1 із врахуванням того, що передній кут γ додатний

$$a_1 = \frac{a \cdot \cos(\theta - \gamma)}{\sin(\theta)}$$

Відносну поперечну деформацію стиску ε визначено з врахуванням відносної поздовжньої залишкової деформації стиску, яку визначено за формулою (2.2) з врахуванням рисунок 2.3:

$$\varepsilon = \mu \frac{\varepsilon_1}{\cos \gamma} = \frac{\mu}{\cos \gamma} \cdot \frac{1}{\frac{a}{x \operatorname{tg} \theta} + 1} \quad (2.9)$$

Визначивши радіус витка стружки згідно з формулою (2.2), підставивши $B_1 B_2 = \frac{AB \cdot \varepsilon}{2}$, позначивши BB_1 через товщину стружки a_1 а $A_2 B_2$ замінивши на

$(2 \cdot B_1 B_2 + AB)$ отримано

$$r_0 = \frac{\left(\frac{a}{x \cdot \tan \theta} + 1\right) \cdot \left(2 \cdot \frac{AB \cdot \varepsilon}{2} + AB\right)}{AB} - \frac{a_1}{2} = \left(\frac{a}{x \cdot \tan \theta} + 1\right) \cdot (\varepsilon + 1) - \frac{a_1}{2} \quad (2.10)$$

В отриманий вираз підставимо значення ε з формули (2.9):

$$r_0 = \left(\frac{a}{x \cdot \tan \theta} + 1\right) \cdot \left(\frac{\mu}{\cos \gamma} \cdot \frac{1}{\frac{a}{x \cdot \tan \theta} + 1} + 1\right) - \frac{a_1}{2} \quad (2.11)$$

Запропонована методика дозволяє керувати якістю поверхневого шару розточеної заготовки.

2.2 Модель динамічна процесу розточування заготовок

Схему різання зображено на рисунку 2.3.

Згідно із вказаними припущеннями тангенціальна P_z та радіальна P_y сили різання визначаються за залежностями [20]:

$$\begin{cases} P_z = C_{pz} t \\ P_y = C_{py} t \end{cases} \text{ при } t > 0. \quad (2.12)$$

де C_{pz} і C_{py} - відповідно коефіцієнти пропорційності, які в значній мірі залежать від матеріалу деталі, швидкості різання, подачі, форми різця, змащувально-охолоджуючої рідини тощо;

t - глибина різання.

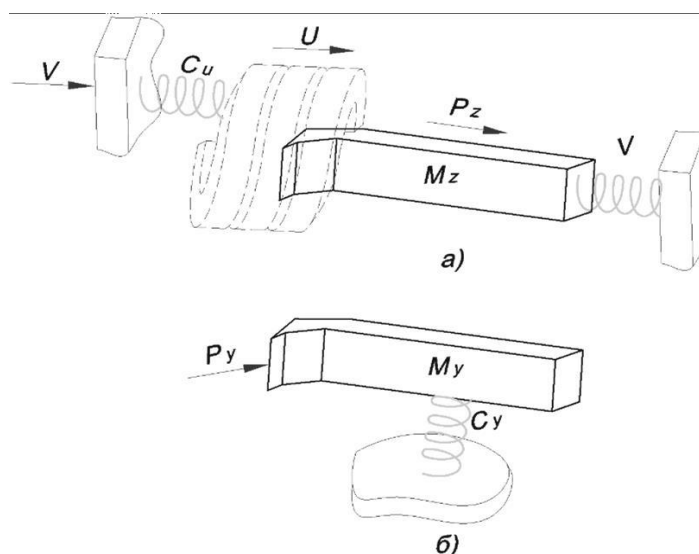


Рисунок 2.3 - Схема розрахункова в площині:

а) тангенційне зусилля P_z ; б) радіальне зусилля P_y

З врахуванням координат зони врізання та виходу інструменту розрахункова глибина різання визначається за залежностями:

$$t_y = \begin{cases} t_0 \left(\frac{x}{l_1} \right) & 0 < x < l_1, \text{ (врізання)} \\ t_0, & l_1 \leq x \leq l_2, \\ t_0 \left(1 - \frac{x-l_2}{l-l_2} \right), & l_2 < x < l, \text{ (вихід)} \\ 0, & x \leq 0 \text{ або } x \geq l, \end{cases} \quad (2.13)$$

де t_0 - глибина різання для зняття розрахункового припуску;

$l = \frac{h}{\sin \gamma}$ - повна довжина різання;

h - товщина тіла нежорсткої гвинтової заготовки;

l_1 і l_2 - розрахункові координати зон врізання та виходу інструменту;

$x = u - z$ - координата розташування різця відносно тіла нежорсткої гвинтової деталі;

γ - кут підйому гвинтової лінії нежорсткої гвинтової заготовки на внутрішньому діаметрі.

Реальна глибина різання залежить також від радіального зміщення різцетримача

його поперечного згинання $\rho_{\text{поп}}$. В деякому наближенні $\rho_{\text{поп}}$ рівне:

$$\rho_{\text{поп}} = (R_2 - R_1) \cdot \left(1 - \cos \frac{u - v\tau}{R_2 - R_1} \right) \quad (2.14)$$

де R_2, R_1 - радіуси отвору деталі відповідно до і після розточування;

u - координата руху ЗАГОТОВОК;

τ - біжучий час.

Дійсну глибину визначаємо:

$$t = t_y - \rho_{\text{поп}} - y. \quad (2.15)$$

Рівняння руху диференційні різцетримача записано у такому вигляді:

$$M_z \ddot{z} = -c_z z + P_z; \quad (2.16)$$

$$M_y \ddot{y} = -c_y y + P_y; \quad (2.17)$$

де M_z, M_y - зведена маса різцетримача у тангенціальному та радіальному напрямках;

c_z, c_y - зведена жорсткість різцетримача у тангенціальному та радіальному напрямках;

z, y - тангенціальна та радіальна координати

Рівняння нежорсткої гвинтової деталі в русі:

$$M_U \ddot{u} = -c_u(u - v\tau) - P_z, \quad (2.18)$$

де M_U - маса витка гвинтової деталі;

c_u - жорсткість витка гвинтової заготовки;

u - координата руху заготовки;

v - швидкість обертання пристрою який використовується для фіксації гвинтової деталі.

Добутки відповідних жорсткостей на деформації пружних елементів визначають динамічні зусилля, які виникають в них.

Система рівнянь (2.14, 2.15) враховуючи залежності (2.13, 2.14) здійснює опис процесів початкового розточування гвинтових заготовок.

Тому:

$$z_0 = 0; y_0 = 0; u_0 = 0; \dot{z}_0 = 0; \dot{y}_0 = 0; \dot{u}_0 = 0. \quad (2.19)$$

Для аналізу зручно застосувати метод інтегрування системи диференціальних рівнянь. Тому систему (2.16, 2.18) необхідно звести до систем (5.19) диферівнянь.

Отримані результати чисельного інтегрування для даних, представлених у таблиці 1, наведено на графіках (рис. 2.4, 2.7).

На графіку (рис. 2.6) зображено відповідні деформації різцетримача у тангенційному (крива 1) та радіальному (крива 2), які за характером відповідають зусиллям (рис.2.7).

Таблиця 2.1 - Числові значення коефіцієнтів у рівняннях

c_U	1 000 000 Н/м	C_{PZ}	10 000 000 Н/м
c_Z	100 000 000 Н/м	C_{PY}	5 000 000 Н/м
c_Y	10 000 000 Н/м	v	3.15 м/с
M_U	0.1 кг	R_1	0.03 м
M_Z	30 кг	R_2	0.06 м
M_Y	30 кг	t_0	0.001 м
h	0.005 м	γ	0.5

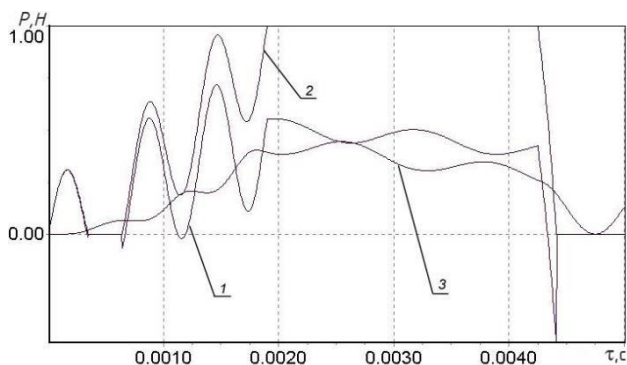


Рисунок 2.4 - Залежність глибини різання (1), відхилення ГД (2) та глибини різання (3) в часі

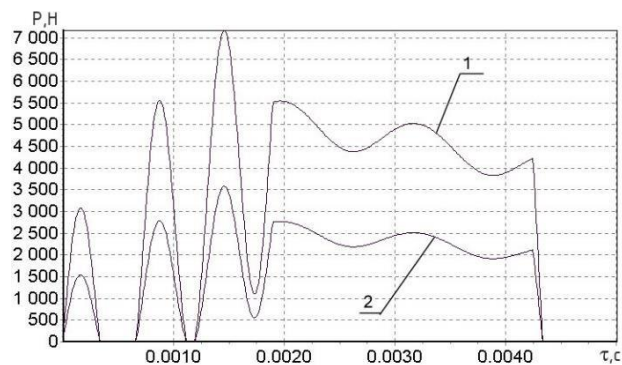


Рисунок 2.5 - Змінення тангенціальної (1) та радіальної (2) сили різання в інтервалі часу

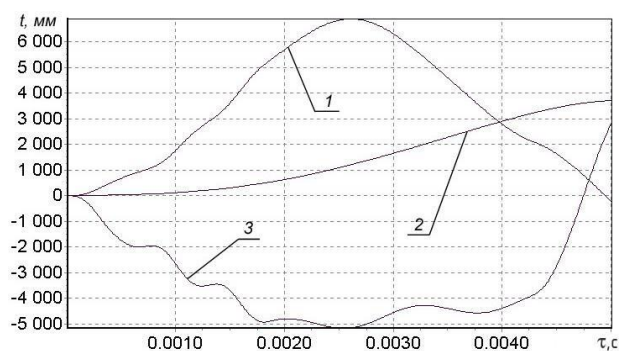


Рисунок 2.6 - Зміна складових динамічних зусиль

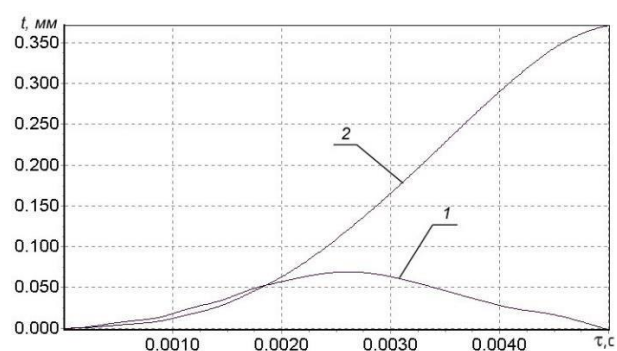


Рисунок 2.7. Деформаційна складова тримача різця у часі

2.3 Моделювання процесу різання

Якщо у якості вхідних величин прийняти задані параметри процесу різання: глибину H_z , подачу S_z і швидкість V_z а у якості вихідних величин - складові P_x , P_y і P_z сили різання, то процес різання можна представити функціональною схемою (рис.2.8).

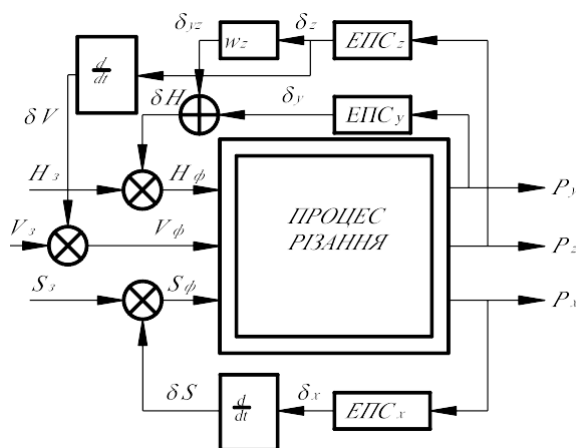


Рисунок 2.8 - Функціональна схема процесу різання

Еквівалентна пружна система (ЕПС) представлена блоками, що відображають її реакцію на складові сили різання за осями координат.

Швидкість зміни складової P_x деформації $ЕПС_x$ впливає на фактичну подачу

$$S_\phi = S_3 - \frac{d\delta_x}{dt}. \quad (2.20)$$

Аналогічно, швидкість зміни складової P_z деформації $ЕПС_z$ впливає на фактичну швидкість різання

$$V_\phi = V_3 - \frac{d\delta_z}{dt}. \quad (2.21)$$

Деформація $ЕПС_y$ безпосередньо впливає на фактичну глибину різання, а вплив деформації $ЕПС_z$ можна визначити за геометричною схемою (рис.2.9). Так, з геометричних співвідношень (рис.5.10) отримано:

$$\delta_{yz} = \sqrt{R^2 + \delta_z^2} - R. \quad (2.22)$$

Таким чином, вплив деформації всієї ЕПС на фактичну глибину різання визначено за залежністю:

$$H_\phi = H_3 - (\delta_y + \sqrt{R^2 + \delta_z^2} - R). \quad (2.23)$$

де H_ϕ - фактична глибина різання, мм;

H_3 - загальна глибина різання, мм.

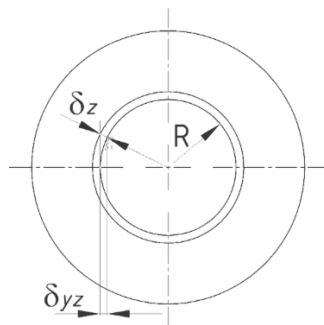


Рисунок 2.9 - Схема впливу деформації P_z на H_ϕ

Процес різання можна описати відомою з теорії різання залежністю:

$$P_z = C_{Pz} \frac{H_\phi^{x_{pz}} S_\phi^{y_{pz}} V^n}{k}, \quad (2.24)$$

де C_{Pz} , k – емпіричні коефіцієнти;

x_{pz} , y_{pz} , n – показники степеня.

Скориставшись відомим співвідношенням $P_{xy} = 0,6P_z$ та геометричним розташуванням складових сили різання [20], отримано залежності для розрахунку складових P_y та P_x сили різання:

$$P_y = \sqrt{\frac{D_y^2}{1 + \tan^2(\varphi + \eta)}}; \quad (2.25)$$

$$P_x = P_y \cdot \tan(\varphi + \eta), \quad (2.26)$$

де φ – головний кут в плані різця;

η – кут сходу стружки.

ЕПС в першому наближенні зображаємо одномасовою системою, що має три ступеня рухомості відповідно до координатної системи XYZ (рис.2.10).

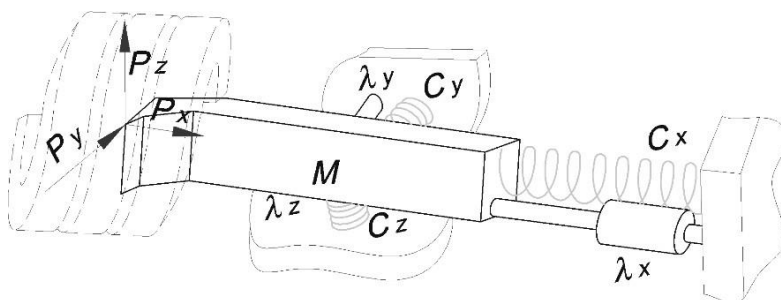


Рисунок 2.10 - Розрахункова динамічна модель

За кожною координатою зв'язок маси m з основою представлено приведеною жорсткістю c та коефіцієнтом в'язкого тертя, тобто такого, для якого

сила тертя пропорційна швидкості відносного руху. Рух системи за кожною координатою описується трьома диференційними рівняннями другого порядку:

$$\begin{cases} \frac{d^2 b_x}{dt^2} m + \lambda_x \frac{db_x}{dt} + c_x b_x = P_x \\ \frac{d^2 b_y}{dt^2} m + \lambda_y \frac{db_y}{dt} + c_y b_y = P_y \\ \frac{d^2 b_z}{dt^2} m + \lambda_z \frac{db_z}{dt} + c_z b_z = P_z \end{cases} \quad (2.27)$$

З наведених вище залежностей (2.20 – 2.27) отримано математичну модель процесу різання в замкненій пружній ТОС, яка повністю відповідає функціональній схемі (рис.2.8). Для зручності використання відомих чисельних методів інтегрування диференційних нелінійних рівнянь (наприклад, методу Рунге-Кутта четвертого порядку) варто представити систему (2.25) за допомогою змінних стану. Прийmemo наступні змінні стану динамічної моделі: $x_1 = \delta_x$, $x_2 = s\delta_x$, $x_3 = \delta_y$, $x_4 = s\delta_y$, $x_5 = \delta_z$, $x_6 = s\delta_z$, де $s = d/dt$. Тоді систему (2.24) доцільно представити у матричній формі, яка є найприйнятнішою для використання чисельних методів:

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \\ \dot{x}_5 \\ \dot{x}_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -c_x/m & -\lambda_x/m & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -c_y/m & -\lambda_y/m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -c_z/m & -\lambda_z/m \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1/m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/m & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/m \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{pmatrix}$$

Математичну модель реалізовано за алгоритмом, узагальнену схему якого представлено на рисунок 2.11.



Рисунок 2.11 - Узагальнений алгоритм.

Копію екрану монітору під час функціонування програми представлено на рисунок 2.12.

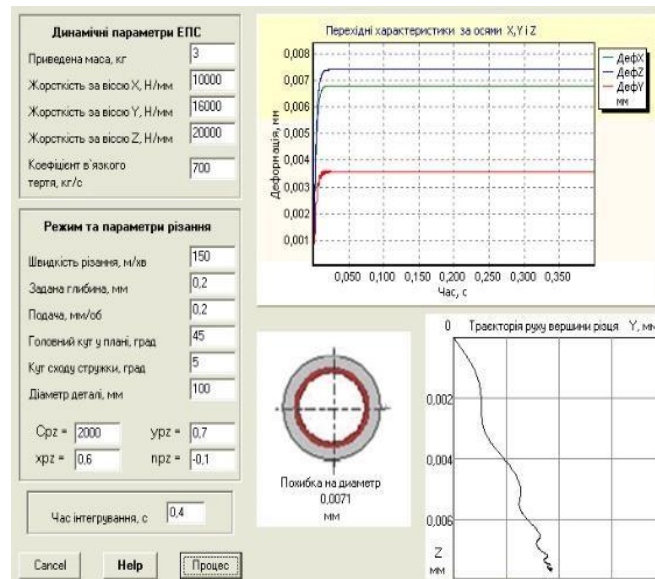


Рисунок 2.12 - Головний інтерфейс програми для дослідження динамічних характеристик процесу розточування

В моделюванні численних ТОС за допомогою розробленої програми було встановлено, що найбільші коливання динамічної системи відбуваються за координатою Z, а найменші – за координатою X (рис.2.13).

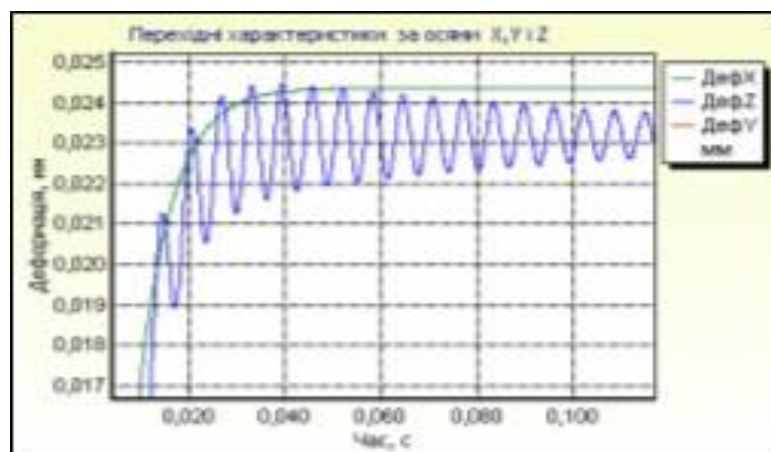


Рисунок 2.13 - Коливання ТОС за координатами Z і X

3 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка організаційно-аналітичних рішень

3.1.1 Розрахунок виробничої програми

Кількість рухомого складу розділена на три групи, по яких і виконується розрахунок. Вихідні дані зведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані

Параметри	Значення по типах рухомого складу				
	Умовне позн.	Одиниці виміру	КамАЗ- 5511	ЗИЛ- 130	ГАЗ- 53
1 Автомобілів	A _{об}	шт	5	8	15
2 Пробіг за добу	l _{с-д}	Км	130	150	120
3 Пробіг від початку експлуатація	доля L _{кр}		(1-1,25,)	(0,75- 1)	(0,5- 0,75)
4 К-ть днів робочих автомобіля	D _р	дні	305		
5 К-ть зон ТО і ПР	D _{р.з}	дні	256		
6 Категорія умов експлуатації	КУЕ		ІІІ		
7 Кліматична зона	ПКЗ		Помірно тепла		
8 Зона проектуємої ділянки	-		Слюсарно-механічна ділянка		
9 Техпроцес	-		Відновлення гільз циліндрів двигуна ГАЗ-53		

Здійснюємо вибирання та корегування нормативних даних технічного обслуговування.

Нормативні дані обслуговування, кілометраж до ремонту капітального, трудомісткості технічного обслуговування і поточного ремонту корегують з допомогою корегуючих коефіцієнтів K₁ – K₅:

Для автомобілів ГАЗ-53:

$$K_{L_{TO}} = 0,8 \cdot 1 = 0,8;$$

$$K_{L_{KP}} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 0,88;$$

$$K'_4 = 1;$$

$$K_{t_{TO}} = 1,0 \cdot 1,3 = 1,3;$$

$$K_{t_{пр}} = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 1,4.$$

Коефіцієнти корегування зводимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Коефіцієнти корегування

Вид корегування	Умовне позначення	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	Результ.
КамАЗ-5511							
1 Пробіг до ТО	$K_{L_{TO}}$	0,8	—	1	—	—	0,8
2 Пробіг до КР	$K_{L_{кр}}$	0,8	0,85	1,1	—	—	0,75
3 Дні простою в ТО і КР	K'_4	—	—	—	1,3	—	1,3
4 Трудомісткість ТО	$K_{t_{TO}}$	—	1,15	—	—	1,3	1,5
5 Трудомісткість ПР	$K_{t_{пр}}$	1,2	1,15	0,9	1,3	1,3	2,1
ЗИЛ-130							
1 Пробіг до ТО	$K_{L_{TO}}$	0,8	—	1	—	—	0,8
2 Пробіг до КР	$K_{L_{кр}}$	0,8	0,85	1,1	—	—	0,75
3 Простой в ТО і КР	K'_4	—	—	—	1,2	—	1,2
4 Трудомісткість ТО	$K_{t_{TO}}$	—	1,15	—	—	1,3	1,49
5 Значення трудомісткості ПР	$K_{t_{пр}}$	1,2	1,15	0,9	1,2	1,3	1,94
ГАЗ-53							
1 Пробіг до ТО	$K_{L_{TO}}$	0,8	—	1,0	—	—	0,8
2 Пробіг до КР	$K_{L_{кр}}$	0,8	1,0	1,1	—	—	0,88
3 Дні простою в ТО і КР	K'_4	—	—	—	1	—	1
4 Трудомісткість ТО	$K_{t_{TO}}$	—	1,0	—	—	1,3	1,3
5 Трудомісткість ПР	$K_{t_{пр}}$	1,2	1,0	0,9	1,0	1,3	1,4

Для КамАЗ 5511 :

$$\alpha_B = 0,909 \cdot \frac{305}{365} = 0,76;$$

Для ЗИЛ-130:

$$\alpha_B = 0,904 \cdot \frac{305}{365} = 0,76;$$

Для ГАЗ-53:

$$\alpha_B = 0,94 \cdot \frac{305}{365} = 0,79;$$

$$\alpha_B = \frac{0,76 \cdot 5 + 0,76 \cdot 8 + 0,79 \cdot 15}{5 + 8 + 15} = 0,78.$$

Визначаємо річний пробіг автомобілів.

Пробіг автомобілів річний технологічно сумісної групи (однієї):

$$L_p = A_{\text{обс}} \times l_{\text{С-Д}} \times D_k \times \alpha_B \quad (3.1)$$

де $A_{\text{обл}}$ – число автомобілів однієї сумісної групи .

Для автомобілів КамАЗ 5511 :

$$L_p = 5 \cdot 130 \cdot 365 \cdot 0,76 = 180310 \quad (\text{км}) ;$$

Для автомобілів ЗИЛ-130:

$$L_p = 8 \cdot 150 \cdot 365 \cdot 0,76 = 332880 \quad (\text{км}) ;$$

Для автомобілів ГАЗ-53 :

$$L_p = 15 \cdot 120 \cdot 365 \cdot 0,79 = 519030 \quad (\text{км}) ;$$

де $K_{\text{доп}} = 20...30$ – коефіцієнт робіт допоміжних.

Автомобілів КамАЗ 5511 :

$$T_{\text{доп}} = 3218,53 \cdot \frac{25}{1000} = 804,63 \quad (\text{люд} \cdot \text{год.});$$

Автомобілів ЗИЛ-130:

$$T_{\text{доп}} = 2583,15 \cdot \frac{25}{1000} = 645,79 \quad (\text{люд} \cdot \text{год.});$$

Для автомобілів ГАЗ-53 :

$$T_{\text{доп}} = 2688,58 \cdot \frac{25}{1000} = 672,15 \quad (\text{люд} \cdot \text{год.}).$$

В таблицю 3.3 необхідно звести дані.

Таблиця 3.3 - Об'єм робіт по поточному ремонту рухомого складу річний

	Коефіцієнти		Річний пробіг L_{pkm}	Трудомісткість		
	α_T	α_B		$T_{пр}$	$T_{доп}$	$T_{сум}$
КамАЗ 5511	0,909	0,76	180310	3218,53	804,63	4023,16
ЗИЛ-130	0,904	0,76	332880	2583,15	645,76	3228,91
ГАЗ-53	0,94	0,79	519030	2688,58	672,15	3360,73
АТП	0,92	0,78	1032220	8490,26	2122,54	10612,79

Користуючись таблицями розподілу робіт знаходимо:

$$T_B = T_N \cdot \frac{C}{100} \quad (3.4)$$

де T_B - трудомісткість в залежності від виду робіт, люд-год;

T_N – трудомісткість в рік, люд-год;

C – частина виду робіт від трудомісткості за рік, %.

Таблиця 3.4 - Розподіл трудомісткостей робіт по видам робіт

	Види робіт	доля робіт %	Трудомісткість люд-год.
ПР	постові роботи		
	діагностичні	2	169,81
	регулювальні	1	84,9
	розбирально - збиральні	35	2971,59
	зварювально-жерстяницькі	2	169,81
	малярні	5	424,51
	і того	45	3820,62
	дільничні роботи		
	агрегатні (без ремонту двигунів)	6	509,42
	ремонт двигунів	10	849,03
	слюсарно-механічні	13	1103,73
	електротехнічні	5	424,51
	аккумуляторні	1	84,9
	рем. приладів системи живлення	4	339,61

	шиномонтажна	1	84,9
	вулканізаційні (ремонт камер)	1	84,9
	ковальсько-ресорні	3	254,71
	мідницькі	2	169,81
	зварювальні	1	84,9
	жерстяницькі	1	84,9
	арматурні	1,5	127,35
	деревообробні	3,5	297,16
	Обійні	2	169,81
	і того	55	4669,64
	Всього	100	8490,26

3.1.2 Розрахунок кількості робочих

Кількість робочих залежить в основному від фонду часу працівника та об'єму робіт.

Фонди робочого часу $\Phi_{\text{я}}$ і $\Phi_{\text{ш}}$ явочного і штатного працівників:

$$\Phi_{\text{я}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{в}} - D_{\text{св}}) \times t_{\text{зм}} - D_{\text{пс}} \times t_{\text{ск}}; \quad (3.7)$$

де $D_{\text{к}}$ - календарні дні;

$D_{\text{пс}}$ - передсвяткові ;

$t_{\text{зм}}$ - тривалість зміни ;

$D_{\text{в}}$ - вихідні;

$D_{\text{св}}$ - святкові;

$t_{\text{ск}}$ - час скорочення зміни у суботу та передсвяткові, год.

Вставляючи значення:

$$\Phi_{\text{я}} = (365 - 104 - 8) \times 8 - 8 \times 1 = 2016 \text{ (год.)};$$

$$\Phi_{\text{п}} = (365 - 104 - 4) \times 8 - 8 \times 1 = 1840 \text{ (год.)}.$$

Штатна і явочна чисельність виробничих робочих визначається:

$$P_{\text{я}} = \frac{T_i}{\Phi_{\text{я}}}; \quad (3.8)$$

$$P_{\text{ш}} = \frac{T_i}{\Phi_{\text{ш}}}. \quad (3.9)$$

де T_i – річний об'єм робіт в дільниці

Виходить :

$$P_{\text{я}} = \frac{1103,73}{2016} = 0,54(\text{люд.});$$

$$P_{\text{ш}} = \frac{1103,73}{1840} = 0,59 (\text{люд.}).$$

Приймаємо штатну і явочну кількість робітників в дільниці у кількості 1 чоловік.

3.1.3 Розробка технології робіт на слюсарно-механічній дільниці

Слюсарно-механічна дільниця призначена для відновлення отворів у корпусних деталях, а також для проведення інших видів механічної обробки. Основні роботи, що виконуються на цій дільниці, охоплюють виготовлення та ремонт різних кріпильних елементів, таких як гвинти, шпильки, гайки, шайби, а також виконання механічної обробки деталей після наплавлення та зварювання.

У слюсарно-механічній дільниці проводяться універсальні фрезерні, токарно-гвинторізні та свердлильні роботи. Це дозволяє виконувати широкий спектр механічних операцій, необхідних для відновлення та ремонту деталей різних конструкцій.

Нижче наведено перелік основного технологічного обладнання, яке використовується в слюсарно-механічній дільниці (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 - Табелъ технологічного обладнання для слюсарно-механічної дільниці

Назва обладнання та оснастки	Модель	К-ть	Габар. розм.	Площа, м ²		Потужн. кіловат		Вартість
				Од.	Зага.	Од.	Зага.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Основне технологічне обладнання								
Верстат токарно-гвинторізний	16к20р	1	3160×1185	3,74	3,74	10	10	780
Верстат вертикально-свердильний	Мінсто-кін	1	870×590	0,51	0,51	1,7	1,7	9400
Хонінгувальний	3Г833	1	1150×980	1,12	1,12	5,2	5,2	9000
Вертикально-розточувальний	2А78Н	1	930×600	0,55	0,55	2,5	2,5	4500
Технологічна оснастка								
Стелаж	-	1	500 × 500	0,25	0,25	-	-	120
Інструментальна шафа	-	1	800 × 450	0,36	0,36	-	-	80
Ящик для ганчірок	-	1	500 × 500	0,25	0,25	-	-	50
Смітєвий ящик	-	1	500 × 500	0,25	0,25	-	-	50
Перевірочна плита	-	1	1000 × 630	0,63	0,63	-	-	110
Звичайний верстак	01-060А	1	1200 × 800	0,96	0,96	-	-	240
Використовуємі пристрої								
Гільзовідновлювач	ПГ	1	-	-	-	-	-	490
Хонінг	ГХ 53	1	-	-	-	-	-	800
Набір інструментів	-	1	-	-	-	-	-	110
Головки	-	2	-	-	-	-	-	35

Продовження таблиці 3.5

Бруски	-	2	-	-	-	-	-	105
Набір головок	—	1	—	—	—	—	—	25

Площа сумарна: $\sum F_{\text{обл}} = 8,87 \text{ м}^2$; Потужність: $\sum P_{\text{обл}} = 8,87 \text{ кВт.В}$
 відділенні працює один робітник.

Таблиця 3.6 - Об'єми робіт

№ робочого місця	Перелік робіт що виконуються	Трудо-місткість	Число виконавців	Спец. розряд
1	Дефектування, розточування гільз	275,93	1	Токар універсал V
2	Хонінгування гільз (чорнове, чистове, протифрикційне)	386,31		
3	Сверлильні роботи, зенкування та інші	220,75		
4	Відновлення різьб, виготовлення гвинтів, гайок, шпильок та інше	220,75		
	Всього	1103,73		

3.1.4 Технологічне планування слюсарно-механічної дільниці

Виробничі дільниці:

$$F_{\text{д}} = K_{\text{щ}} \times \sum F_{\text{об}} \quad (3.10)$$

де $K_{\text{щ}}$ – коефіцієнт щільності обладнання;

$\sum F_{\text{об}}$ - площа приміщення, м^2 .

В дільниці працює 4 працівники. Площа– 8,87. Коефіцієнт щільності 4 .

$$F_{\text{д}} = 4 \times 8,87 = 35,2 (\text{м}^2) .$$

Отже площа– 36 м^2 .

Розмір дільниці приймається з сіткою колон 6×6 м. Колони розміром 400×400 мм , стіни товщиною 250 мм , двері 380 мм , висота 4,8 м.

3.2 Розробка конструкторських рішень

3.2.1 Призначення гільзи циліндра

Гільза циліндра (рис. 3.1) є однією з ключових деталей двигуна внутрішнього згоряння, що виготовлена із сірого чавуну з підвищеною міцністю. Її основне призначення — забезпечення герметичності та створення робочого простору для поршня, а також захист блока циліндрів від зносу. Гільза виконує важливу роль у системі охолодження двигуна, оскільки між гільзою та блоком циліндра є простір, крізь який циркулює охолоджувальна рідина. Це допомагає підтримувати оптимальну робочу температуру двигуна і запобігає перегріву.

Торцевий пояс гільзи (елемент 5 на рисунку) трохи виступає над блоком циліндра і слугує точкою, до якої притиснута прокладка для забезпечення герметичності з'єднання з блоком двигуна.

Гільза виконана у формі циліндра і належить до деталей класу "порожнисті стрижні", характерною ознакою яких є наявність концентричних внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь. Такі деталі працюють в умовах інтенсивного тертя та циклічних змін температур. Основними факторами руйнування гільзи є тертя, агресивне середовище (високі температури і гази) та постійні температурні коливання.

Основні причини зношення гільзи циліндра:

1. Зношення поршневих кілець. Під час роботи двигуна відбувається прорив газів під верхнє поршневе кільце, що збільшує тиск на внутрішню поверхню гільзи, викликаючи інтенсивне тертя та зношення.
2. Газова корозія. Під час згоряння робочої суміші на стінки гільзи діє висока температура та агресивні гази. Це призводить до поступового руйнування внутрішньої поверхні гільзи.
3. Надмірне нагрівання. Підвищена температура вибуху робочої суміші спричиняє зменшення в'язкості мастила, що, в свою чергу, знижує міцність масляної плівки на поверхні гільзи. Це посилює зношення через недостатнє мастило.

Згодом, через постійне тертя та вплив агресивних середовищ, гільза набуває неправильну конусоподібну форму, а також овалюється по загальному

діаметру. Це порушує нормальну роботу двигуна і вимагає своєчасного ремонту або заміни гільзи.

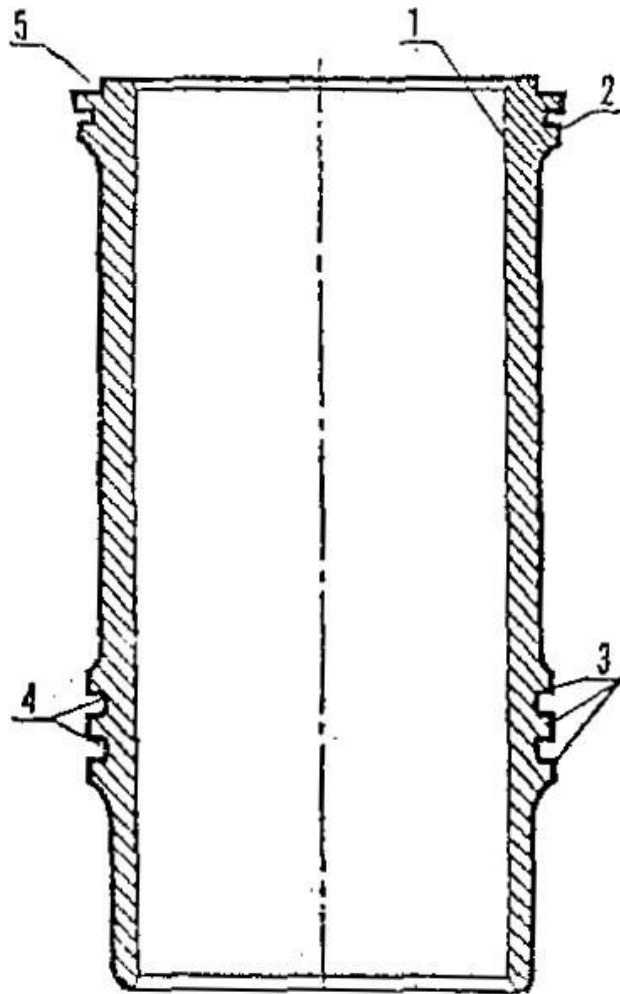


Рисунок 3.1 - Гільза циліндра двигуна: 1 - поверхня гільзи; 2 і 3 - верхній і пояски 4 - канавки для кілець; 5 - кільцевий пояс;

3.2.2 Опис конструкції і принципу роботи пристрою для облицювання

Для виконання облицювання деталей поясами зі сталі на підприємстві використовуються спеціальні пристосування, що забезпечують точне формування та надійне кріплення металевих пластин до оброблюваних поверхонь. Основні елементи обладнання включають: прес-форму, захвати з пристроєм для попереднього згортання пластини, центруюче кільце, калібровану ступінчасту оправку та гідравлічний прес.

З метою пересування пояску застосовують прес гідравлічний.

3.2.3 Технічні розрахунки пристрою для облицювання

Визначимо розміри прес-форми і ступінчастою оправлення. Для цього не-

обхідно розрахувати діаметр отвору під пластинування.

Діаметр отвору під пластинування визначаємо в два етапи. Розраховуємо наближене значення діаметра:

$$D_p = D + 2 \cdot h, \quad (3.11)$$

де D – діаметр поверхні отвору, мм;

h – товщина пластини.

Пластини параметри визначають:

$$h_{\min} \leq h \leq h_{\max}, \quad (3.12)$$

де $h_{\min}$ – найменше допустиме значення h за умовами експлуатації гільзи циліндра;

$h_{\max}$ – найбільше допустиме значення h за умовами здійснення процесу облицювання отвори гільзи пластиною

Товщина пластини $h_{\min}$ мусить бути рівною зносу робочої поверхні або більше нього. Приймаємо:

$$h_{\min} = (1,5 \dots 2,0) \cdot I, \quad (3.13)$$

$$h_{\min} = 1,5 \cdot 0,75 = 0,75 \text{ мм}$$

Найбільше значення товщини пластини:

$$h_{\max} = [\sigma_2] \cdot (1 - \mu^2) \cdot (D + 2 \cdot h_{\min}) / E_1, \quad (3.14)$$

де σ_2 – міцність на розрив пластини;

$\sigma_2 = 430 \div 780$ МПа – для легированих конструкційних сталей;

μ, E_1 – коефіцієнти;

$$\mu = 0,25 \dots 0,33;$$

$$E_1 = 210 \text{ ГПа.}$$

$$h_{\max} = 780 \cdot (1 - 0,25^2) \cdot (110 + 2 \cdot 0,75) / (210 \cdot 10^3) = 0,85 \text{ мм.}$$

З умови (3.2) приймаємо товщину пластини рівній 0,8 мм.

$$D_p = 110 + 2 \cdot 0,8 = 111,6 \text{ мм.}$$

Потім розрахуємо значення діаметру отвору під встановлення пластин способом встановлення поправок зв'язаних з на деформацією і обробкою:

$$D_p = D'_p - 2 \cdot (0,5 \cdot T_h + t) + \lambda_1 - \lambda_2 - 1,2 \cdot (R_{z1} + R_{z2}) \quad (3.15)$$

де T_h – допуск на товщину пластини;

$$T_h = 0,6 \text{ мкм;}$$

λ_1 – зменшення діаметра D робочої поверхні гільзи;

λ_2 – збільшення діаметра D р після установки згорнутої пластини з натягом;

t – припуск на обробку пластини, встановленої в гільзу циліндрів (на сторону);

R_{z1}, R_{z2} –шорсткості пластини і робочої поверхні, $1,2 \times (R_{z1} + R_{z2}) = 5 \times (R_{a1} + R_{a2})$.

$$\lambda_1 = \frac{D+2 \cdot h}{E_1} * ([\sigma_2] - \mu_1 * \frac{\sigma_2}{2}) \quad (3.16)$$

$$\lambda_1 = \frac{110 + 2 * 0,8}{210000} * (780 - 0,25 * \frac{780}{2}) = 0,3 \text{ мм.}$$

$$\lambda_2 = \frac{p * d_{\text{нц}} * (D + 2 * h)^2}{E_2 * [d_{\text{нц}}^2 - (D + 2 * h)^2]} , \quad (3.17)$$

де $d_{\text{нц}}$ - зовнішній діаметр гільзи циліндра;

$d_{\text{нц}} = 124,5 \text{ мм}$;

p – нормальний тиск на стінки циліндра;

$$p = 2 * [\sigma_2] * h / (D + 2 * h); \quad (3.18)$$

$$p = 2 * 750 * 0,8 / (110 + 2 * 0,8) = 10,8 \text{ МПа.}$$

$$\lambda_2 = \frac{10,8 * 124,5 * (110 + 2 * 0,8)^2}{210000 * [124,5^2 - (110 + 2 * 0,8)^2]} = 0,026 \text{ мм.}$$

$$D_p = 111,6 - 2 * (0,5 * 0,0006 + 0,04) + 0,3 - 0,026 - 5 * (0,00032 + 0,00032) = 111,8 \text{ мм.}$$

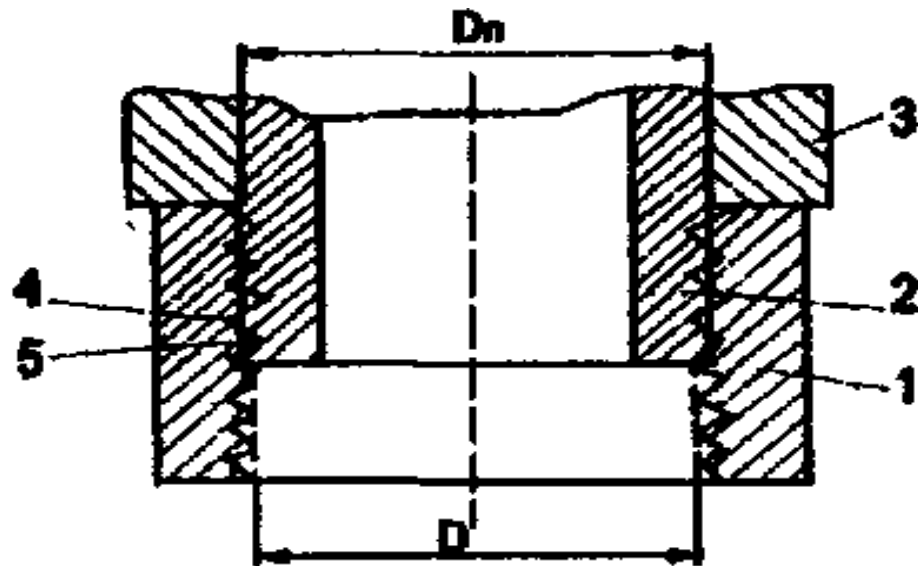


Рисунок – 3.2 Діаметр прес-форми та зміна гільзи при встановленні пластин в гільзу з натягом: 1 - гільза; 2 - поясок; 3 - прес-форма; 4 - западина поверхні; 5 - виступ.

Мінімальний діаметр прес-форми визначаємо з умови, що діаметр пластини, яку згорнули і пластини радіально обтисненої, що поміщена в прес-форму, має дорівнювати або трохи менше діаметра отвору, обробленого для пластинування.

$$D_{\text{п}} \leq D_{\text{р}}, \quad (3.19)$$

де $D_{\text{п}}$ - внутрішній діаметр прес-форми. Приймаємо $D_{\text{п}}=111,75\text{мм}$.

У даному разі забезпечується безперешкодний і досить плавний введення Пластинки, яку згорнули в отвір гільзи.

Розрахуємо прес-форму на міцність. Тиск на стінки прес-форми при Запресовуванні пластинки $p_{\text{в}}=10,8\text{ МПа}$

Визначимо нормальні напруження $\sigma_r, \sigma_{\theta}$:

$$\sigma_r = \frac{1}{r_{\text{н}}^2 - r_{\text{в}}^2} [P_{\text{н}} * r_{\text{н}}^2 * \left(1 - \frac{r_{\text{в}}^2}{r^2}\right) + P_{\text{в}} * r_{\text{в}}^2 * \left(\frac{r_{\text{н}}^2}{r^2} - 1\right)] \quad (3.20)$$

$$\sigma_{\theta} = -\frac{1}{r_{\text{н}}^2 - r_{\text{в}}^2} [P_{\text{н}} * r_{\text{н}}^2 * \left(1 + \frac{r_{\text{в}}^2}{r^2}\right) - P_{\text{в}} * r_{\text{в}}^2 * \left(\frac{r_{\text{н}}^2}{r^2} + 1\right)] \quad (3.21)$$

Де $p_{\text{в}}$ і $p_{\text{н}}$ -внутрішнє і зовнішнє тиск на стінки прес-форми($p_{\text{н}} = 0$)
 $r_{\text{в}}$ і $r_{\text{н}}$ -радіуси прес-форми ($r_{\text{в}} = 0,0558\text{м}$ и $r_{\text{н}} = 0,122\text{м}$);
 r - відстань від осі деталі, на якому необхідно визначити напруги.

$$\sigma_r = -\frac{1}{0,122^2 - 0,05588^2} * \left[\left(10,8 * 10^6 * 0,0558^2 * \left(\frac{0,122^2}{r^2} - 1 \right) \right) \right] = -2,88 * 10^6 * \left(\frac{0,122^2}{r^2} - 1 \right)$$

$$\sigma_\theta = -\frac{1}{0,122^2 - 0,05588^2} * \left[\left(-10,8 * 10^6 * 0,0558^2 * \left(\frac{0,122^2}{r^2} + 1 \right) \right) \right] = 2,88 * 10^6 * \left(\frac{0,122^2}{r^2} + 1 \right)$$

За допомогою отриманих виразів знаходимо:

при $r = r_b = 0,0558 \text{ м}$

$\sigma_r = -10,5 \text{ МПа}; \sigma_\theta = 16,4 \text{ МПа};$

при $r = 0,089 \text{ м}$

$\sigma_r = -6,7 \text{ МПа}; \sigma_\theta = 8,3 \text{ МПа};$

при $r = r_n = 0,122 \text{ м}$

$\sigma_r = 0 \text{ МПа}; \sigma_\theta = 2,88 \text{ МПа}.$

Побудовані за цим значенням епюри σ_r і зображені на рисунку 3.3.

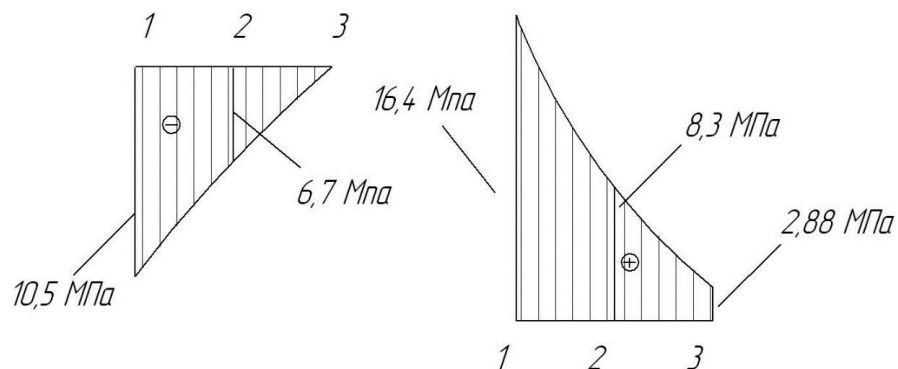


Рисунок – 3.3 Епюри напружень σ_r і σ_θ .

Небезпечними є точки у внутрішній поверхні гільзи, в яких діють головні напруження $\sigma_1 = \sigma_\theta = 16,4 \text{ МПа}$ и $\sigma_3 = \sigma_r = -10,5 \text{ МПа}$.

За третьою теорії міцності [4]:

$$\sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma], \quad (3.22)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження, $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$ – для сталі.

$$16,4 + 10,5 = 26,9 \text{ МПа} \leq 150 \text{ МПа}.$$

Отже, міцність прес-форми забезпечена.

Каліброване ступінчаста оправлення має два ступені. Різниця між діаметрами ступенів дорівнює подвоєною товщині пластини. Діаметри ступенів визначають за формулами [6]:

$$d_1 = D - S_1, \quad (3.23)$$

$$d_2 = D_p - S_2, \quad (3.24)$$

де d_1 – діаметр першого ступеня оправлення, що входить у внутрішню частину поясу пластин;

S_1 – зазор між внутрішньою поверхнею поясу пластин і поверхнею першого ступеня оправлення;

$$S_1 = 0,02 \dots 0,03 \text{ мм};$$

d_2 – діаметр другого ступеня калібру, що входить в отвір деталі;

S_2 – зазор між поверхнею отвори деталі і поверхнею другого ступеня;

$$S_2 = 0,02 \dots 0,03 \text{ мм}.$$

$$d_1 = 110 - 0,03 = 109,97 \text{ мм};$$

$$d_2 = 111,8 - 0,03 = 111,77 \text{ мм}.$$

3.2.4 Обґрунтування прийнятої конструкції пристрою для затиску деталі в процесі хонінгування

При виборі пристрою для затиску гільзи під час процесу хонінгування враховано низку факторів, які впливають на ефективність та зручність виконання операцій. Основною задачею пристрою є забезпечення надійного закріплення та точного центрування гільзи циліндра на столі верстата, що дозволяє знизити витрати часу на встановлення та підготовку до обробки, а також забезпечує високу якість результату. У дипломному проекті спроектовано універсальний пристрій для встановлення та розміщення гільз циліндрів двигунів, який вирізняється зручністю у застосуванні та високою ефективністю під час виконання робіт з відновлення гільз. Основними перевагами цього пристрою є його здатність використовуватись для гільз різних типів двигунів, що робить його універсальним інструментом для слюсарно-механічної дільниці.

Основні характеристики пристрою:

1. Універсальність: Пристрій дозволяє встановлювати гільзи різних моделей двигунів, що скорочує потребу у використанні різних спеціалізованих інструментів для кожного типу двигуна.

2. Швидкість і точність центрування: Під час центрування гільзи використовуються такі поверхні, як посадочні та центрувальні, а також верхній торець буртика циліндра. Це забезпечує точне та швидке позиціонування гільзи, що значно економить час на підготовку до обробки.

3. Мінімізація зносу: Конструкція пристрою передбачає використання поверхонь, які не піддаються зносу, що гарантує довговічність та стабільність результатів обробки.

4. Зручність у застосуванні: Для встановлення та зняття гільзи не потрібно використовувати додаткові інструменти, що підвищує зручність роботи з пристроєм. Також пристрій легко встановлюється на різні столи верстатів і станків, що дозволяє його інтегрувати у різні виробничі процеси без потреби в додаткових налаштуваннях.

Завдяки цим особливостям пристрій є надійним і ефективним інструментом для роботи в умовах ремонтних ділянок, забезпечуючи високу точність обробки та економію часу на проведення операцій.

3.2.5 Опис будови та роботи пристрою

Пристрій для затиску гільз під час процесу хонінгування є важливим елементом забезпечення якісної та точної обробки. Основна мета пристрою полягає в забезпеченні надійного кріплення та точного центрування гільз циліндра під час таких операцій, як розточування та хонінгування.

1. Корпус пристрою (1): Основна частина, на якій розміщуються всі інші компоненти. Він забезпечує стабільність та жорсткість всієї конструкції.

2. Втулка для встановлення (2): Служить для точного позиціонування та фіксації гільзи в потрібному положенні на корпусі пристрою.

3. Спеціальний кронштейн (3): Допоміжний елемент, який забезпечує стабільне кріплення гільзи в заданій позиції.

4. Коротка вісь (4): Забезпечує точне обертання та рух елементів пристрою під час процесу встановлення та зняття гільзи.

5. Відкидний гвинт (5) та відкидна гайка (7): Ці елементи використовуються для швидкої фіксації та звільнення гільзи без використання додаткових інструментів, що значно спрощує експлуатацію пристрою.

6. Кільце кругле (9): Центрує гільзу під час її встановлення та забезпечує правильне розташування.

7. Прижимний елемент (8): Забезпечує надійне затискання гільзи на пристрої для уникнення зсувів під час обробки.

8. Сферична плоска шайба (10): Забезпечує рівномірний розподіл зусиль під час затиску гільзи.

9. Шпилька коротка (12) та гвинти (18): Забезпечують додаткову фіксацію елементів конструкції. Ця конструкція дозволяє швидко й точно встановлювати гільзи для обробки, забезпечуючи надійність кріплення та точність обробки.

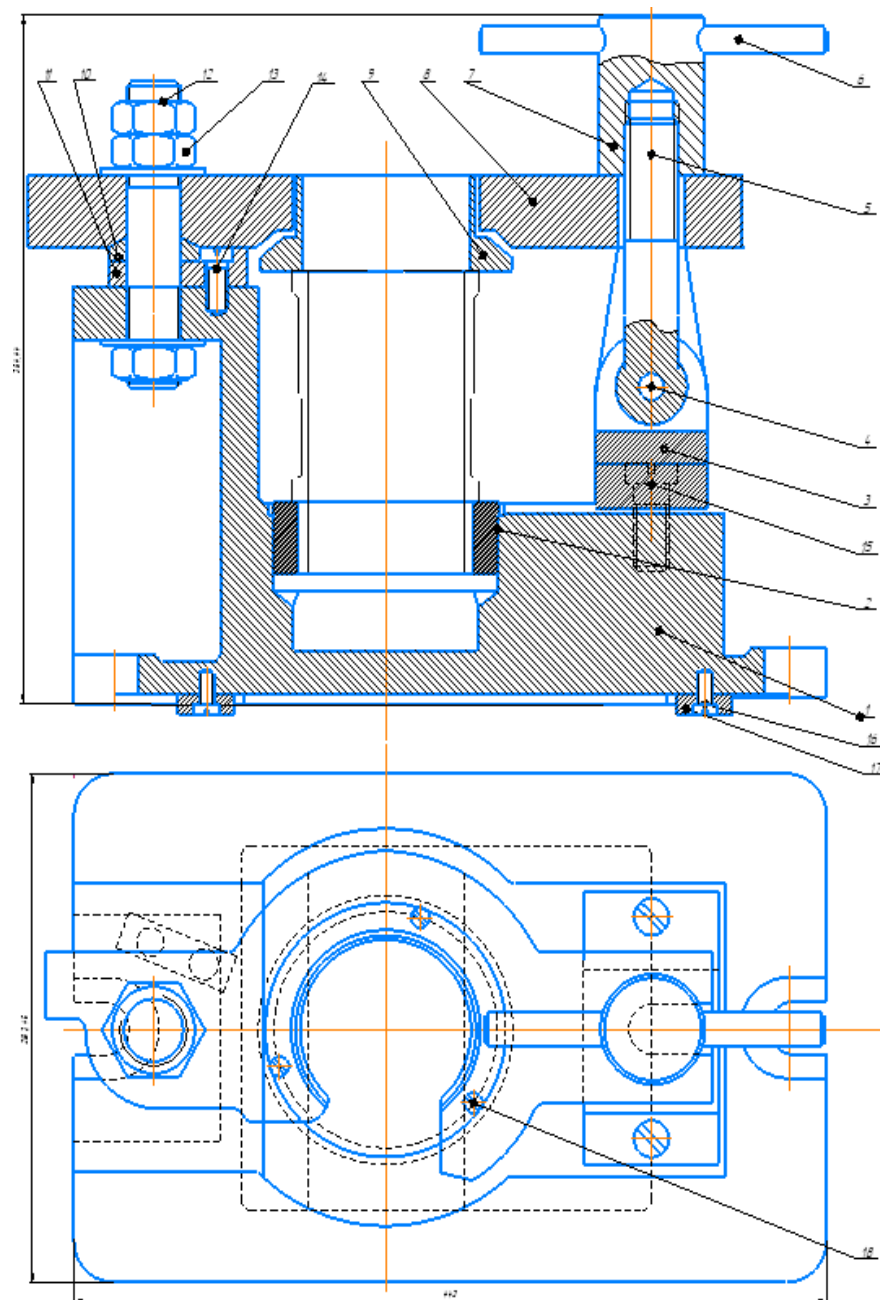


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд пристрою

Внизу корпусу 1 запресована втулка 2. Вверху корпусу встановлений прижим 8, що здатний повертатись на шайбах 10 по колу шпильки 12. Кільце 9 сидить в прижимах на пружинних елементах і утримується трьома гвинтами 18. Задля зафіксування прижиму використовується гвинт відкидний 5, що здатний

обертатись навколо осі 4, яка закріплена в кронштейні 3.

На початку встановлення гільзи прижимний елемент повинен бути відведеним в бік. Гільзу яку обробляють вставляють у втулку 2 до упору та прокрутивши прижимний елемент, загвинчують відкидну гайку 7. Кільце 9, впираєсьбся виступами у верхній торець гільзи, його надійно фіксує.

Щоб зняти гільзи з пристосування послаблюють гайку що відкидається 6, відводять гвинт 5 з прорізу прижимного елементу 8, та повертають останній в початкове положення.

3.2.6 Розрахунок на міцність ключових деталей

У цьому розділі проводиться розрахунок на міцність відповідальних елементів пристрою, призначеного для затиску гільз під час обробки. Основна мета – перевірка, чи забезпечують вибрані розміри та матеріали достатню міцність деталей при максимальному навантаженні, яке виникає під час фіксації гільзи.

Етапи виконання розрахунку на міцність:

1. Підготовка розрахункової схеми: Спочатку розробляється розрахункова схема, яка відображає взаємодію основних деталей пристрою під дією навантажень. Серед основних елементів, що потребують розрахунку:

- Корпус пристрою (1)
- Втулка (2)
- Прижимний елемент (8)
- Відкидний гвинт (5)
- Кільце (9)

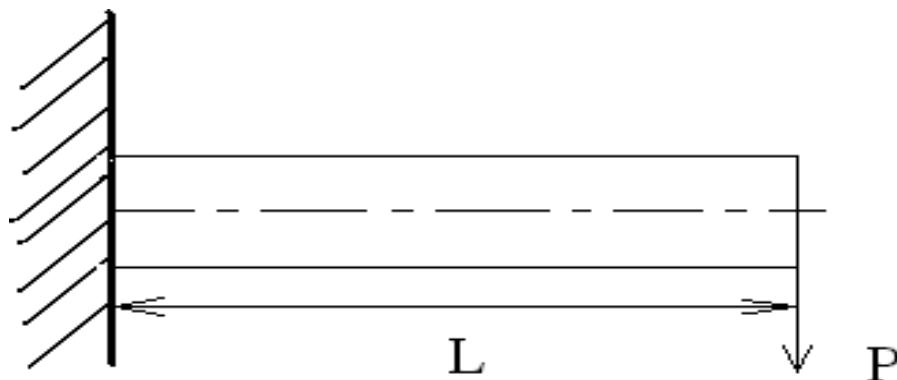


Рисунок 3.5 – Схема важеля довжиною

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{on}}{\dots}$$

де n – коефіцієнт міцності $n = n_1 + n_2 + n_3$

n_1 – коефіцієнт врахування ступені точності навантаження 1,2...1,3;

n_2 – коефіцієнт відхилення характеристик механічних матеріалу 1,2...1,5;

n_3 – коефіцієнт ступені відповідальності деталі 1,0...1,2.

$$n = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 2;$$

При згинанні

$$\sigma_{оп} = 1,2 \times \sigma_T$$

$$\sigma_T \text{ для сталей рівна } 10 = 210 \text{ кс/мм}^2;$$

$$M_{зг} = 100 \times 200 = 20000 \text{ Н·мм};$$

$$W - \text{опору момент} = 0,1ДЗ$$

Д – діаметр зовнішній важеля 15 мм, тоді:

$$W = 0,1 \times 3375 = 338 \text{ мм}^3;$$

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W} = \frac{20000}{338} = 59 \text{ нс/мм}^2;$$

$$\sigma_{оп} = 162 \times 210 = 252 \text{ нс/мм}^2;$$

$$[\sigma] = \frac{252}{2} = 126 \text{ нс/мм}^2;$$

$$[\sigma] > \sigma_{зг} \text{ себто } 126 \text{ нс/мм}^2 > 59 \text{ нс/мм}^2.$$

Умова викона.

3.3 Розробка проектних рішень

3.3.1 Опис будови кривошипно-шатунного механізму

Кривошипно-шатунний механізм (КШМ) багатоциліндрового двигуна включає такі основні деталі: картер з головкою та ущільнювальними прокладками, поршневу групу, шатуни, колінчастий вал, маховик і піддон картера.

Картер є найбільшою і однією з найважливіших частин двигуна. Це коробчатий елемент, який служить основою для робочих деталей та механізмів, а також захищає їх від забруднень. У випадку, коли циліндри виготовлені разом із картером, цей елемент називається блок-картером.

Блок циліндрів зазвичай виготовляють із чавуну або алюмінієвих сплавів. У нього вставляють гільзи, що контактують із охолоджуючою рідиною, через що їх називають "мокрими". Ці гільзи, виконані із сірого чавуну, мають вставки із спеціального антикорозійного чавуну для збільшення стійкості до корозії та зменшення зношування.

Поперечні перегородки розташовані в середній частині блока, що надає йому додаткової жорсткості. Площина розняття картера зазвичай розташована нижче від колінчастого вала для посилення конструкції.

V-подібні двигуни мають дві головки блока циліндрів для кожного ряду циліндрів, виготовлені з алюмінієвих сплавів. У головках карбюраторних двигунів розташовані камери згоряння з різьбовими отворами для свічок запалювання, а в дизельних двигунах – отвори для форсунок.

Головки циліндрів прикріплюються до блоку шпильками через сталеві азбестові прокладки. Момент затягування шпильок становить 73-78 Н·м. Верхні частини головок закриті кришками, які закріплені гайками і ущільнюються гумовими прокладками.

Верхня кришка блоку циліндрів, виготовлена з алюмінієвого сплаву, розташовується у розвалі блоку і має впускні трубопроводи, які омиваються охолоджуючою рідиною для підігріву паливної суміші.

Опис поршневої групи кривошипно-шатунного механізму:

Поршнева група включає в себе такі деталі, як поршні, поршневі кільця та поршневі пальці.

Поршень – це металевий елемент у вигляді стакана, який верхньою частиною (днищем) звернений догори. Його головне завдання – приймати тиск газів, що утворюються при згоранні палива, і передавати його на колінчастий вал через поршковий палець і шатун. Верхня частина поршня, яка витримує високий тиск і температуру, називається головкою, а нижня, яка забезпечує спрямування поршня в циліндрі, – юбкою. Поршні виготовляють з алюмінієвих сплавів, а для покращення зношування їх бічна поверхня покрита тонким шаром олова.

У бобиках поршня (спеціальних вушках) виконані отвори для встановлення поршневого пальця. Цей отвір зазвичай зміщений на 1,5 мм вбік по ходу автомобіля, що дозволяє зменшити навантаження на стінки циліндра і подовжити термін служби всієї циліндро-поршневої групи.

Поршневі кільця виконують кілька важливих функцій: вони запобігають прориву газів через зазор між поршнем і стінкою циліндра та видаляють надлишки мастила зі стінок циліндрів, що перешкоджає потраплянню мастила в камеру згоряння. Всі компресійні кільця виготовляються з чавуну, а верхні кільця

додатково покривають пористим хромом для збільшення зносостійкості. Маслознімні кільця мають складену конструкцію, яка складається з двох плоских сталевих кілець і двох розширників.

Поршневий палець використовується для шарнірного з'єднання поршня з шатуном і може мати різні конструкції залежно від моделі двигуна. Для зменшення маси поршневі пальці роблять порожнистими всередині. Вони виготовляються з вуглецевих цементованих або азотованих сталей, а також із високолегованих сталей, які обробляються індукційним загартуванням струмами високої частоти. У деяких випадках для підвищення міцності пальця його піддають термохімічній обробці та полірують зовнішню поверхню.

Для уникнення осьового зміщення поршневого пальця в поршні застосовуються різні методи, зокрема палець плаваючого типу, який не закріплюється жорстко ні в бобиках поршня, ні у верхній головці шатуна, що забезпечує йому деяку свободу руху.

Переміщення деталі утримується за допомогою стопорних пружинних кілець, встановлених у канавках, які проточені в отворах корпусу шокowego поршня. Шатун, що передає зусилля від поршня до колінчастого вала, виготовляється з легованої або вуглецевої сталі шляхом штампування, має двотавровий переріз і складається з верхньої головки, стержня і нижньої головки.

У верхню частину шатуна впресована бронзова втулка для поршневого пальця. Для забезпечення мастила тертьових поверхонь, у головці й втулці виконані спеціальні отвори. Нижня частина шатуна є рознімною, а площина розняття розташована перпендикулярно до осі шатуна. Вона має отвір для скидання мастила на стінку циліндра й кулачки розподільного вала. Кришка кріпиться до нижньої частини шатуна двома болтами.

Для шатунних підшипників використовуються тонкостінні сталеві вкладиші з алюмінієвим покриттям. Від зміщення їх захищають виступи, які вставляються в пази на шатуні та кришці. Гайки болтів шатуна необхідно затягувати динамометричним ключем з моментом 68–75 Н•м.

Колінчастий вал, який приймає зусилля від шатунів і передає його маховику, виготовляється з магнієвого чавуну. Він включає в себе носок, корінні й шатунні шийки, противаги й фланець для кріплення маховика. Корінні й шатунні шийки

вала піддаються загартуванню струмами високої частоти. У щоках вала просвердлені канали для подачі оливи від корінних підшипників до шатунних. Оливні порожнини служать для затримки частинок бруду, які відкидаються до периферії порожнин, тоді як чиста олива поступає до шатунних підшипників.

На носку колінчастого вала кріпляться храповик пускової рукоятки, шестірня приводу газорозподільного механізму та шків привода вентилятора й водяного насоса. Корінні підшипники колінчастого вала виготовлені зі сталі.

Тонкостінні вкладиші конструктивно схожі на шатунні. Момент затягування болтів кришок корінних підшипників складає 100–110 Н·м. Маховик – це чавунний диск, що кріпиться до фланця колінчастого вала болтами і виконує функцію забезпечення рівномірності обертання вала. Крім того, він допомагає двигуну долати короточасні перевантаження, наприклад, при старті автомобіля, накопичуючи енергію під час обертання. На ободі маховика встановлений сталевий зубчастий вінець для обертання вала стартером під час запуску двигуна. Маховик також містить мітки для визначення верхньої мертвої точки першого циліндра і канали для точного визначення позицій.

Піддон картера виконує функцію захисного кожуха для кривошипно-шатунного механізму та служить резервуаром для зберігання оливи. Його виготовляють методом штампування з листової сталі. Отвір для зливу оливи закритий пробкою з магнітом, який збирає металеві частинки на дні піддона.

Картер зчеплення і маховика також є захисним кожухом, зробленим з алюмінієвого сплаву, і кріпиться до задньої частини блоку циліндрів. Для точної фіксації картера щодо коробки передач і зчеплення, в блок циліндрів запресовані штифти.

Кріплення двигуна до рами автомобіля повинно бути надійним і одночасно забезпечувати амортизацію поштовхів, які виникають під час роботи двигуна і руху автомобіля. Підвіска двигуна до рами виконується в трьох або чотирьох точках. До картера двигуна прикріплюють спеціальні кронштейни (лапи), а задні опори часто виконують роль кронштейнів зчеплення або подовжувачів коробки передач. Під опори встановлюються гумові подушки або пружини для поглинання вібрацій.

Підвіска двигуна на еластичних опорах забезпечена обмежувачами для запобігання поздовжньому переміщенню, які можуть бути виконані у вигляді тяг або скоб. Часто для фіксації двигуна щодо рами використовуються спеціальні кріплення.

Кривошипно-шатунний механізм працює у вкрай важких умовах, оскільки процес згоряння паливно-повітряної суміші відбувається безпосередньо в циліндрах двигуна.

Під час роботи двигуна кривошипно-шатунний механізм піддається значному нагріванню, тому всі його деталі повинні бути термостійкими. Гільзи циліндрів двигуна ЗМЗ-53 омиваються охолоджувальною рідиною безпосередньо, тому вони мають бути стійкими до корозії.

Основні елементи механізму, такі як колінчастий вал, поршень, шийки шатунів та внутрішня поверхня гільз, постійно взаємодіють між собою, утворюючи тертя. Для запобігання передчасному зносу і продовження терміну служби цих деталей необхідно забезпечувати їх постійне змащування мастилом.

У процесі експлуатації двигуна на блок циліндрів і гільзи впливають різноманітні чинники: тертя, внутрішні напруження в металі, вібрації, а також агресивне середовище. Це може призводити до зношування, пошкодження поверхонь і порушення геометричних форм, що негативно впливає на роботу механізму.

3.3.2 Відмови та несправності кривошипно-шатунного механізму

Справний двигун здатен розвивати повну потужність і працювати стабільно навіть при максимальних навантаженнях та на холостому ході. Несправності кривошипно-шатунного механізму можна визначити за допомогою зовнішніх ознак без потреби розбирати двигун.

Основні ознаки несправностей кривошипно-шатунного механізму:

- Сторонні стуки та шуми;
- Зниження потужності двигуна;
- Підвищена витрата мастила;
- Надмірне споживання палива;
- Поява диму у відпрацьованих газах.

Причини стуків і шумів у двигуні:

- Підвищене зношування основних деталей;
- Збільшення зазорів між взаємодіючими деталями.

Зокрема, через зношування поршня і стінок циліндра, а також збільшення зазору між ними, з'являється дзвінкий металічний стук, який добре чути під час роботи холодного двигуна. Якщо спостерігається різкий металічний стук на всіх режимах роботи двигуна, це може свідчити про збільшення зазору між поршневим пальцем і втулкою головки шатуна. Посилення стуку при різкому збільшенні обертів двигуна також вказує на цю проблему.

Стуки в районі колінчастого вала можуть свідчити про зношування вкладишів корінних або шатунних підшипників. Якщо вкладиші корінних підшипників зношені, звук буде більш глухим. Різкий стук у двигуні, який не зникає і супроводжується зниженням тиску оливи, може свідчити про виплавлення підшипників. Шуми та стуки в двигуні можна прослухати за допомогою стетоскопа.

Причини зниження потужності двигуна

Зменшення потужності двигуна найчастіше спричиняється зниженням компресії – тиску робочої суміші наприкінці такту стискання в циліндрі. Основні причини зниження компресії:

- Порушення ущільнення прокладкою головки циліндрів, яке може статися через слабе або нерівномірне затягування гайок, а також через пошкодження прокладки.
- Пригорання поршневих кілець в канавках поршня через накопичення смолистих відкладень та нагару.
- Зношування, поломка або втрата пружності поршневих кілець.
- Зношування стінок циліндрів.

Як перевірити компресію вручну:

Для перевірки компресії вручну за допомогою компресометра необхідно:

1. Викрутити свічки запалювання, залишивши свічку в циліндрі, який перевіряється.
2. Обертаючи колінчастий вал пусковою рукояткою, визначити компресію за опором прокручуванню.
3. Повторити цю процедуру для решти циліндрів.

Як перевірити компресію за допомогою компресометра:

1. Прогріти двигун до робочої температури.
2. Викрутити свічки запалювання.
3. Повністю відкрити дросельну і повітряну заслінки.
4. Вставити гумовий наконечник компресометра в отвір свічки і провести вимірювання.

Для перевірки компресії у циліндрах за допомогою компресометра необхідно:

- Прокрутити колінчастий вал на 8-10 обертів, спостерігаючи за показаннями компресометра. У справному циліндрі компресія повинна становити 0,70–0,78 МПа після кількох обертів.

- Послідовно перевірити компресію у всіх циліндрах.

Ці проблеми можуть виникнути через залягання поршневих кілець або їхнє зношування. Поршневі кільця не виконують свої функції, що призводить до втрати герметичності і збільшення витрати мастила, а також до утворення диму у вихлопних газах.

Тріщини можуть з'явитися через:

- Замерзання охолоджувальної рідини.
- Заповнення охолоджувальної системи холодною рідиною, коли двигун ще гарячий.
- Порушення якості поверхонь (задирки, риси, корозія).
- Механічні пошкодження, такі як тріщини та відколювання.

3.3.3 Виявлення дефектів

Дефекти кривошипно-шатунного механізму можуть бути визначені як за зовнішніми ознаками без розбирання двигуна, так і під час візуального огляду та проведення різних вимірювань після його розбирання.

- Розвиток повної потужності;
- Стабільна робота при максимальних навантаженнях і на холостому ході;
- Відсутність перегріву;
- Відсутність диму у вихлопних газах;
- Відсутність витоків охолоджуючої рідини через ущільнення.

Будь-яке відхилення від цих параметрів свідчить про несправність двигуна. Виявлення дефектів кривошипно-шатунного механізму може також здійснюватися шляхом прослуховування сторонніх шумів і стуків у двигуні за допомогою спеціальних пристроїв, таких як стетоскопи.

Після розбирання двигуна дефекти виявляються через мікрометричні вимірювання робочих поверхонь деталей (наприклад, поршня, циліндрів, валів), а також візуальним оглядом на наявність механічних пошкоджень або зношування. Це дає змогу точно оцінити стан деталей і визначити необхідність ремонту або заміни.

Огляд деталей кривошипно-шатунного механізму включає перевірку основних робочих поверхонь, таких як: Внутрішні поверхні гільз циліндрів,

Корінні та шатунні шийки колінчастого вала, Верхня та нижня головки шатуна, Зовнішній діаметр поршня.

Також здійснюється перевірка прилягання поверхонь нижньої та верхньої кришок шатуна.

Дефектування гільз циліндрів:

Можливість обробки гільзи під певний ремонтний розмір визначається під час дефектування. Для цього діаметри гільз вимірюють у трьох поясах і двох взаємно перпендикулярних площинах:

- Одна площина вимірювань проходить у найбільш зношеній частині циліндра (перпендикулярно до осі колінчастого вала),
- Інша площина паралельна поздовжній осі колінчастого вала.
- Овальність – відхилення циліндричної форми від ідеальної округлості.
- Конусність – звуження або розширення циліндра вздовж його осі.

Ці спотворення впливають на роботу механізму й вимагають належної обробки або заміни деталей для відновлення правильної форми.

3.3.4 Вибір і обґрунтування методів відновлення працездатності кривошипно-шатунного механізму

Для забезпечення подальшої експлуатації кривошипно-шатунного механізму виконуються такі операції: шліфування шатунних і корінних шийок колінчастого валу, розточування та хонінгування внутрішніх отворів гільз циліндрів, а також фрезерування площин прилягання нижньої кришки шатуна з наступним

розточуванням нижнього отвору.

Колінчастий вал піддають шліфуванню до одного з трьох ремонтних розмірів, які змінюються через 0,25 мм. Після цього обирають підшипники ковзання, що відповідають ремонтному розміру, як для шатунів, так і для корінних підшипників.

Для гільз циліндрів двигуна ЗМЗ-53 завод-виробник передбачив три ремонтні розміри, що збільшуються через 0,5 мм. Номінальний діаметр складає 92.000-92.012 мм.

Можливість обробки гільзи під певний ремонтний розмір визначається під час дефектування. При цьому вимірювання діаметра гільз здійснюють на трьох поясах. Відповідно до визначеного ремонтного розміру, підбираються поршні необхідного діаметра, а для кожного поршня окремо обираються поршневі пальці.

Якщо знос перевищує допустимий ремонтний інтервал, можливе розточування до наступного ремонтного розміру.

Всі ремонтні розміри та методи відновлення деталей розроблені заводом-виробником з метою продовження терміну експлуатації деталі до її заміни. Ці методи є економічно доцільними, оскільки вартість відновлення значно нижча за вартість нової деталі, а строк служби відновленої деталі майже не поступається новій.

3.3.5 Складання маршрутної технології усунення дефекту

Маршрутна технологія є най прогресивнішою формою управління технологічними процесами ремонту деталей на автомобільному виробництві. Розробка маршрутної технології усунення всіх дефектів полягає у тому, що ремонтні операції необхідно розставити в найбільш раціональній послідовності.

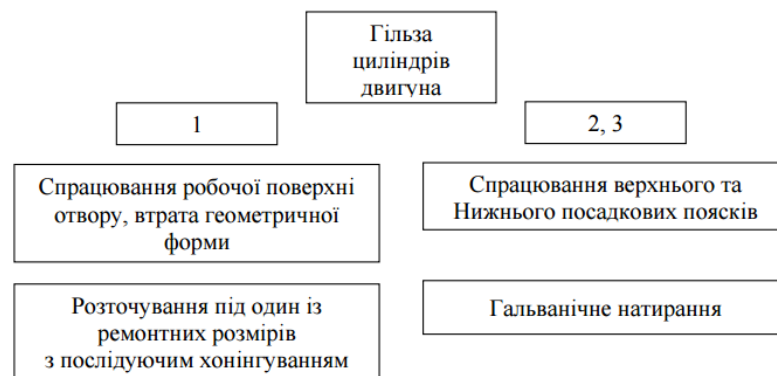


Рисунок 3.6 - Схема усунення дефектів гільзи циліндрів двигуна

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Шкідливі фактори, що впливають на життєдіяльність людини

В процесі роботи на працівників впливають різноманітні шкідливі фактори виробничого середовища. Вони можуть бути фізичними, хімічними, біологічними або психофізіологічними за характером свого впливу.

До фізичних факторів належать такі параметри, як температура, вологість і швидкість руху повітря в приміщенні, вібрація, шум, нетоксичний пил, пара, різні види випромінювання та освітленість. Хімічні фактори включають токсичний пил, пари та гази. Біологічні фактори зумовлені впливом мікроорганізмів, бактерій, а також рослинних або тваринних речовин, які зустрічаються під час обробки натуральних волокон, шкіри або хутра. До психофізіологічних факторів належать фізичні та нервово-психічні навантаження, які виникають під час важкої або монотонної роботи.

Кожен із цих факторів здатний впливати на організм людини, викликаючи функціональні зміни, професійні захворювання або навіть отруєння.

Гігієна праці — це наука, яка досліджує вплив умов виробництва і навколишнього середовища на працівників. Її мета — розробка заходів для створення найбільш сприятливих умов праці, підтримки здоров'я та високого рівня працездатності.

Виробнича санітарія — це система організаційних та технічних заходів, спрямованих на усунення небезпечних факторів та запобігання професійним захворюванням і отруєнням. До організаційних заходів належить дотримання вимог охорони праці для жінок та неповнолітніх (осіб віком до 18 років).

- Проведення попередніх та періодичних медичних оглядів для осіб, що працюють у шкідливих умовах праці.
- Надання лікувально-профілактичного обслуговування працівникам, зайнятим на шкідливих виробництвах.

Технічні заходи включають:

- Регулярне підтримання чистоти як у приміщеннях, так і на робочих місцях.
- Розробку та встановлення обладнання, яке запобігає виділенню пилу, газів, пари та інших шкідливих речовин на робочих місцях.

- Дотримання санітарно-гігієнічних стандартів щодо якості повітря у виробничих приміщеннях.
- Організацію систем вентиляції та кондиціювання на робочих місцях, де присутні шкідливі умови праці.
- Захист працівників від негативного впливу шуму, ультра- та інфразвукових хвиль, вібрації та різних видів випромінювання.

Таким чином, комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на поліпшення повітряного середовища, дотримання гігієнічних вимог та забезпечення особистої безпеки працівників, допомагає запобігти професійним захворюванням та отруєнням.

Шум — це сукупність звуків різної сили та частоти, які заважають сприймати важливі сигнали. Вплив шуму негативно позначається на організмі людини, викликаючи різні захворювання, такі як приглухуватість або глухота. Під його впливом у людини прискорюються пульс і дихання. Тривала дія шуму може призводити до порушень у роботі центральної нервової системи та серцево-судинної системи, викликаючи симптоми перевтоми, зниження уваги та підвищену нервозність.

- Під впливом шуму підвищується збудливість нервової системи, знижується працездатність, а також можуть виникати розлади роботи шлунково-кишкового тракту.
- Нормативний рівень виробничого шуму не повинен перевищувати 85 дБ. При цьому рівень шуму до 20 дБ не впливає на розбірливість мови, а при збільшенні шуму до 70 дБ і вище стає складно зрозуміти мову.
- Шум на виробництві часто виникає через роботу машин, механізмів та інструментів, конструкція яких недосконала або їхні деталі зношені.
- Найефективніший спосіб боротьби з шумом — це зниження його рівня безпосередньо в джерелі. Для цього шумні технологічні процеси або обладнання замінюють на ті, що створюють менше шуму. Для зменшення рівня шуму на виробництві застосовують такі методи, як звукоізоляція, звукопоглинання, використання екранів, глушників шуму, а також індивідуальні засоби захисту від шуму.

4.2 Розрахунок вентиляції приміщення

Слюсарно-механічна дільниця класифікується як приміщення середньої шкідливості, оскільки в ньому присутні випари паливно-мастильних матеріалів. Система вентиляції поділяється за такими критеріями:

- За способом переміщення повітря: природна, механічна (штучна) або комбінована (поєднання природної та механічної вентиляції).
- За напрямом повітряного потоку: припливна, витяжна, припливно-витяжна.
- За охопленням приміщення: загальнообмінна, місцева або комбінована.
- За функціональністю: робоча або аварійна.

Для зменшення загального повітрообміну в приміщенні доцільно уловлювати шкідливі речовини безпосередньо в місцях їх виділення. Природна вентиляція забезпечує повітрообмін завдяки різниці щільності теплого внутрішнього повітря та холодного зовнішнього.

4.3 Розрахунок природного та штучного освітлення

Залежно від джерела освітлення виробниче освітлення може бути :

1. Природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу ;
2. Штучним, що створюється електричними джерелами світла ;
3. Суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Організація раціонального освітлення робочого місця - одне з основних питань охорони праці. При незадовільному освітленні різко знижується виробничий процес, можливі нещасні випадки, швидка втомлюваність.

Штучне освітлення повинно розташовуватись на відстані 2 лампа від лампи.

Потужність ламп визначається за формулою :

$$P = S \cdot P_1; \quad (4.1)$$

де, S – площа приміщення, m^2 ;

P_1 – потужність лампи на одиницю площі, 31 – 42 Вт.

Кількість ламп на дільниці визначається згідно сітки будівлі 6×6 :

$$n_n = \left(\frac{6}{2} + \frac{6}{2} \right) \cdot 2 = 12 \text{ ламп.}$$

Потужність однієї лампи визначаються по формулі :

$$P_{\text{л}} = \frac{P}{n_{\text{л}}}; \quad (4.2)$$

$$P_{\text{л}} = \frac{1368}{12} = 114 \text{ Вт.}$$

Природне освітлення визначається кількістю вікон.

Площа світлового потоку :

$$\sum F_{\text{с..п.}} = F_{\text{п}} \cdot \alpha; \quad (4.3)$$

де $F_{\text{п}}$ – площа підлоги приміщення, м^2 ;

α – коефіцієнт природного освітлення, $\alpha = 0,2 - 0,25$;

$$\sum F_{\text{с..п.}} = 36 \cdot 0,25 = 9.$$

Висота вікон знаходиться по формулі :

$$h_{\text{в}} = H - (h_{\text{під}} + h_{\text{над}}); \quad (4.4)$$

де, H – висота будівлі, м ;

$h_{\text{під}}$ – розмір підвіконного простору, м ;

$h_{\text{над}}$ – розмір надвіконного простору, м ;

$$h_{\text{в}} = 4,8 - (0,9 + 0,5) = 3,4 \text{ м.}$$

Площа вікна :

$$F_{\text{в}} = h_{\text{в}} \cdot B; \quad (4.5)$$

де B – ширина вікна, $B = 2,153 \text{ м}$.

$$F_{\text{в}} = 3,4 \cdot 2,153 = 7,3 \text{ м}^2.$$

Кількість вікон :

$$h = \frac{\sum F_{\text{с.к.}}}{F_{\text{в}}} \quad (4.6)$$

$$h = \frac{9}{7,3} \approx 2 \text{ вікна}$$

4.4 Техніка безпеки та електробезпека

Безпечність виробничого обладнання — це його здатність відповідати вимогам охорони праці під час монтажу, демонтажу та експлуатації відповідно до умов, встановлених нормативною документацією.

Загальні вимоги щодо безпеки виробничого обладнання визначені у стандарті ГОСТ 12.2.003-91. Відповідно до цього документа, безпечність обладнання досягається завдяки правильному вибору принципів роботи, конструктивних схем, елементів інструкцій; використанню механізованих,

автоматизованих та дистанційних засобів керування; а також впровадженню захисних засобів у конструкцію обладнання.

Захист обладнання забезпечується дотриманням ергономічних вимог, включенням норм безпеки в технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування та зберігання, а також використанням безпечних та нешкідливих матеріалів у конструкції.

При проектуванні важливо враховувати умови експлуатації, щоб під впливом вологи, сонячної радіації, механічних вібрацій, екстремальних температур, агресивних речовин тощо, обладнання не становило загрози для безпеки. Контактні елементи обладнання не повинні мати гострих країв, нерівних або перегрітих поверхонь. Тепловиділення та шкідливі викиди не мають перевищувати допустимих рівнів у робочій зоні.

Для уникнення небезпеки при раптовому включенні джерел енергії, всі робочі елементи та пристрої, що використовуються для захоплення, затискування або підйому деталей, повинні бути оснащені захисними механізмами. Важливо виключити можливість самовільного запуску обладнання після відновлення енергопостачання.

Конструкція має забезпечувати захист від ураження електричним струмом і накопичення статичної електрики. Обладнання повинно бути оснащене сигналізацією про порушення режиму роботи та, в разі необхідності, автоматичними системами зупинки, гальмування та вимкнення. Для видалення шкідливих речовин або запобігання аваріям обладнання слід обладнати спеціальними пристроями.

Безпечність виробничого процесу — це здатність процесу відповідати вимогам охорони праці в умовах, визначених нормативною документацією.

Виробничі процеси не повинні забруднювати довкілля шкідливими або небезпечними викидами, а також створювати загрозу вибухів чи пожеж. Виникнення небезпек під час виконання технологічного процесу зазвичай є наслідком помилок, допущених ще на етапі розробки та проектування. Тому під час проектування, організації та проведення виробничих процесів слід передбачити такі заходи:

- усунення прямого контакту працівників з вихідними матеріалами, напівфабрикатами, готовою продукцією та відходами, що мають шкідливий або небезпечний вплив;
- заміну технологічних операцій, пов'язаних із виникненням небезпечних чи шкідливих чинників, на процеси з їх відсутністю або меншою інтенсивністю;
- впровадження комплексної механізації, автоматизації та комп'ютеризації виробництва;
- застосування дистанційного керування процесами та операціями в умовах наявності небезпечних чи шкідливих факторів;
- використання засобів колективного захисту працівників;
- раціональну організацію праці та відпочинку для запобігання монотонності й гіподинамії, а також зменшення фізичної важкості роботи;
- забезпечення своєчасного отримання інформації про появу небезпечних або шкідливих факторів на окремих етапах технологічного процесу.
- впровадження систем управління технологічними процесами, які забезпечують захист працівників і аварійне вимкнення обладнання;
- своєчасне видалення та утилізацію відходів, які є джерелами небезпечних і шкідливих факторів;
- забезпечення пожежної та вибухонебезпеки.

Використання новітніх нешкідливих і негорючих матеріалів, замкнених безвідходних технологій, комплексної механізації, автоматизації та комп'ютеризації виробничих процесів, а також створення оптимальних умов праці сприяє зменшенню або усуненню несприятливих виробничих факторів. Це допомагає запобігати нещасним випадкам, отруєнням, професійним захворюванням, аваріям та пожежам.

5 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

5.1 Розрахунок вартості основних виробничих фондів

Розрахунок витрат на придбання та монтаж нового обладнання та оснастки слюсарно-механічної дільниці.

Таблиця 5.1 - Кошторис витрат

Статті витрат	Норматив	Сума, грн.
1.Вартість нового обладнання	Розділ 2 (ПЗ)	25845
2 Вартість транспортних витрат	10% від П1	2584,5
3 Вартість монтажних робіт	60% від П1	15507
4 Разом вартість обладнання $V_{обл}$	$П1+П2+П3$	43936,5

Розрахунок загальної вартості будівель.

$$V_{буд} = V \cdot Ц1м^3 ; \quad (5.1)$$

де V - об'єм слюсарно-механічної дільниці, $м^3$;

$$Ц1м^3 = 100-200 \text{ грн.}$$

$$V_{буд} = 172,8 \cdot 100 = 17280 \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості інструменту.

$$V_{інстр} = n_{інстр} \cdot V_{обл} \quad (5.2)$$

де $n_{інстр}$ – норматив вартості інструментів в % від вартості обладнання, $n_{інстр} = 0,08-0,12$.

$$V_{інстр} = 0,1 \cdot 43936,5 = 4393,65 \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості інвентарю.

$$V_{інв} = n_{інв} \cdot V_{обл} \quad (5.3)$$

де $n_{інв}$ - норматив вартості інвентарю в % від вартості обладнання,

$$n_{інв} = 0,01 - 0,02$$

$$V_{інв} = 0,01 \cdot 43936,5 = 439,37 \text{ грн.}$$

Тоді загальна вартість основних виробничих фондів дільниці дорівнює:

$$V_{осн.ф} = V_{обл} + V_{буд} + V_{інстр} + V_{інв} \quad (5.4)$$

$$V_{осн.ф} = 43936,5 + 17280 + 4393,65 + 439,37 = 66049,52 \text{ грн.}$$

Розрахункові дані заносимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 - Структура основних виробничих фондів

Групи основних фондів	Умов. позначення	Сума, грн..
1 Обладнання	$V_{обл}$	43936,5
2 Будівлі	$V_{буд}$	17280
3 Інструмент	$V_{інстр}$	4393,65
4 Інвентар	$V_{інв}$	439,37
ВСЬОГО	$V_{осн.ф}$	66049,52

5.2 Розрахунок собівартості робіт в слюсарно-механічній дільниці

Розрахунок фонду оплати праці.

Таблиця 5.3 – Штатний розклад основних робітників

Посада	Тарифний розряд	Кількість робітників, чол.	Тарифна ставка за год., грн	Премія %
Токар універсал	V	1	3,03	28
	Разом	$\Sigma = 1$	$T_{год}^{ср} = 3,03$	28

Для визначення мінімальної тарифної ставки, тобто тарифної ставки першого розряду використовується наступна формула:

$$T_{ст}^1 = \frac{ЗП_{мін}}{ФРЧ_{н}^м}; \quad (5.5)$$

де $ЗП_{мін}$ – мінімальна заробітна плата, грн.

$ФРЧ_{н}$ - номінальний місячний фонд робочого часу одного працівника, год.

$$T_{ст}^1 = \frac{420}{168} = 2,5 \text{ грн.}$$

Для розрахунку тарифної ставки інших розрядів використовуються тарифні коефіцієнти та формула :

$$T_{ст}^i = T_{ст}^1 \cdot K_T^i; \quad (5.6)$$

$T_{ст}^i$ – тарифна ставка і-го розряду, грн. за год.;

$K_{ст}^i$ – тарифний коефіцієнт і-го розряду.

$$T_{ст}^i = 2,5 \cdot 1,21 = 3,03 \text{ грн.}$$

Фонд оплати праці складається з :

Фонду основної заробітної плати $ЗП^{ОСН}$;

Фонду додаткової заробітної плати $ЗП^{ДОД}$.

$$ФОП = ЗП^{ОСН} \cdot ЗП^{ДОД} \quad (5.7)$$

Фонд основної заробітної плати включає в себе :

$$ЗП^{ОСН} = ЗП^{ТАР} + Д^{УМ.ПР} + Д^{ПР.М} + П \quad (5.8)$$

де $ЗП^{ТАР}$ - заробітна плата по тарифу, грн.,

$Д^{УМ.ПР}$ - доплати за шкідливі умови праці, грн.,

$Д^{ПР.М}$ - доплата за професійну майстерність, грн.,

$П$ – сума нарахованої премії, грн.,

Заробітна плата по тарифу :

$$ЗП^{ТАР} = T_{ГОД}^{сер} \cdot ФРЧ \cdot Ч ; \quad (5.9)$$

$T_{ГОД}^{сер}$ - середня тарифна ставка за годину, грн.;

$ФРЧ$ – ефективний фонд робочого часу, год.;

$Ч$ – загальна чисельність робітників, чол.

$$T_{ГОД}^{сер} = \frac{T_{ГОД}^1 \cdot Ч_{РЕМ.ПЕР}^1 + T_{ГОД}^2 \cdot Ч_{РЕМ.ПЕР}^2}{Ч_{РЕМ}} \quad (5.10)$$

де $T_{ГОД}^1, T_{ГОД}^2$ - годинна тарифна ставка в залежності від розряду, грн.;

$Ч_{РЕМ.ПЕР}^1, Ч_{РЕМ.ПЕР}^2$ - чисельність робітників в залежності від розряду, грн.;

$Ч_{РЕМ.ПЕР}$ - загальна чисельність робітників, чол..

$$T_{ГОД}^{сер} = \frac{3,03 \cdot 1}{1} = 3,03 \text{ грн.}$$

$$ЗП^{ТАР} = 3,03 \cdot 1840 \cdot 1 = 5575,2 \text{ грн.}$$

Доплати за шкідливі умови праці :

$$Д^{УМ.ПР} = \frac{\%Д^{УМ.ПР}}{100} \cdot ЗП^{ТАР}; \quad (5.11)$$

де $Д^{УМ.ПР}$ - середній % доплат за шкідливі умови.

$$\%Д_{сер}^{УМ.ПР} = \frac{\%Д_{УМ.ПР}^1 \cdot Ч_{РЕМ.ПЕР}^1 + \%Д_{УМ.ПР}^2 \cdot Ч_{РЕМ.ПЕР}^2}{Ч_{РЕМ.ПЕР}} \quad (5.12)$$

$\%Д_{УМ.ПР}^1, \%Д_{УМ.ПР}^2$ – %доплат за шкідливі умови праці в залежності від розряду;

$Ч_{РЕМ.ПЕР}^1, Ч_{РЕМ.ПЕР}^2$ – чисельність робітників в залежності від розряду, чол.;

$$\%Д_{сер}^{УМ.ПР} = \frac{22 \cdot 1}{1} = 22\%$$

$$Д^{УМ.ПР} = \frac{22}{100} \cdot 5575,2 = 1226,54 \text{ грн}$$

Виплати за професійну майстерність:

$$Д^{ПР.М} = \frac{\%Д^{ПР.М}}{100} \cdot ЗП^{ТАР}; \quad (5.13)$$

$\%Д^{ПР.М}$ – середній % доплат за професійну майстерність,

$$\%Д^{ПР.М} = \frac{\%Д_{ПР.М}^1 \cdot Ч_{РЕМ.ПЕР}^1 + \%Д_{ПР.М}^2 \cdot Ч_{РЕМ.ПЕР}^2}{Ч_{РЕМ.ПЕР}} \quad (5.14)$$

де $\%Д_{ПР.М}^1, \%Д_{ПР.М}^2$ - %доплат за професійну майстерність в залежності від розряду.

$$\%Д^{ПР.М} = \frac{20 \cdot 1}{1} = 20 \%$$

$$Д^{ПР.М} = \frac{20}{100} \cdot 5575,2 = 1115,04 \text{ грн.}$$

Розрахунок суми премій :

$$П = \frac{\%П}{100} \cdot (ЗП^{ТАР} + Д^{УМ.ПР} + Д^{ПР.М}) \quad (5.15)$$

де $\%П$ – відсоток нарахування премії, %.

$$П = \frac{28}{100} \cdot (5575,2 + 1226,54 + 1115,04) = 2216,7 \text{ грн.}$$

Тоді фонд основної заробітної плати складає:

$$ЗП^{ОСН} = 5575,2 + 1226,54 + 1115,04 + 2216,7 = 10133,48 \text{ грн.}$$

Фонд додаткової заробітної плати складається з оплати відпусток та оплати за виконання державних обов'язків:

$$ЗП^{ДОД} = \frac{\%ЗП^{ДОД}}{100} \cdot ЗП^{ОСН}; \quad (5.16)$$

$$ЗП^{ДОД} = \frac{8}{100} \cdot 10133,48 = 810,68 \text{ грн..}$$

Тоді фонд оплати праці складає :

$$ФОП = 10133,48 + 810,68 = 10944,16 \text{ грн..}$$

Відрахування на соціальне страхування та інші фонди.

Ці відрахування складаються з відрахувань до :

- фонду соціального страхування 2,5 %

- пенсійного фонду 32 %
 - страхування на випадок безробіття 2,5 %
 - страхування від нещасних випадків 1,64 %
- 38,64 %

$$B^{с.с} = \frac{38,64}{100} \cdot \text{ФОП}; \quad (5.17)$$

$$B^{с.с} = \frac{38,64}{100} \cdot 10944,16 = 4228,82.$$

Розрахунок витрат на матеріали.

Для зони ПР цей розрахунок проводиться для окремих технологічно сумісних груп автомобілів по формулі :

$$B_M^{пр} = \frac{H_M^{пр} \cdot L_{річн} \cdot K1 \cdot K_{р.ф}}{1000} \quad (5.18)$$

де $H_M^{пр}$ - норми витрат на матеріали для виконання Пр на 1000 км пробігу, грн.

$L_{річн}$ - річний пробіг автомобіля, км.

$K1$ - коефіцієнт, який враховує категорії умов експлуатації .

$K_{р.ф}$ – коефіцієнт ремонтного фонду $K_{р.ф} = 1.1$

Для автомобілів КамАЗ35511 :

$$B_M^{пр} = \frac{36,2 \cdot 180310 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{1000} = 8615,93 \text{ грн.}$$

Для автомобілів ЗИЛ-130:

$$B_M^{пр} = \frac{2,32 \cdot 332880 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{1000} = 1019,41 \text{ грн}$$

Для автомобілів ГАЗ-53

$$B_M^{пр} = \frac{18,1 \cdot 519030 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{1000} = 12400,66 \text{ грн}$$

$$\sum B^{пр} = ({}^1B_M^{пр} + {}^2B_M^{пр} + \dots) \quad (5.19)$$

де ${}^1B_M^{пр}, {}^2B_M^{пр}$ - витрати на матеріали в залежності від марки автомобіля, грн.

$$\sum B_M^{пр} = 8615,93 + 1019,41 + 12400,66 = 22036 \text{ грн..}$$

Для визначення витрат на матеріали для дільничних робіт треба загальну суму витрат помножити на питому вагу трудомісткості постових робіт у загальній трудомісткості ПР.

$$\sum V_M^{\text{дільн}} = \frac{\%T_{\text{дільн}}}{100} \cdot \sum V_M^{\text{ПР}} \quad (5.20)$$

$$\sum V_M^{\text{дільн}} = \frac{13}{100} \cdot 22036 = 2864,68 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на запасні частини.

Цей розрахунок проводиться по формулі:

$$V_{\text{зч}}^{\text{пр}} = \frac{N_{\text{зч}}^{\text{пр}} \cdot L_{\text{річн}} \cdot K_1 \cdot K_{\text{р.ф}}}{1000} \quad (5.21)$$

де $N_{\text{зч}}^{\text{пр}}$ - норми витрат на запасні частини для виконання ПР на 1000 км пробігу, грн.

Для автомобілів КамАЗ 5511:

$$V_{\text{зч}}^{\text{пр}} = \frac{56,25 \cdot 180310 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{1000} = 13388,02 \text{ грн}$$

Для автомобілів ЗИЛ-130:

$$V_{\text{зч}}^{\text{пр}} = \frac{2,32 \cdot 332880 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{1000} = 1019,41 \text{ грн}$$

Для автомобілів ГАЗ-53

$$V_{\text{зч}}^{\text{пр}} = \frac{18,1 \cdot 519030 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{1000} = 12400,66 \text{ грн}$$

Загальна сума витрат на запасні частини для слюсарно-механічної дільниці складає :

$$\sum V_{\text{зч}}^{\text{пр}} = ({}^1V_{\text{зч}}^{\text{пр}} + {}^2V_{\text{зч}}^{\text{пр}}); \quad (5.22)$$

де ${}^1V_{\text{зч}}^{\text{пр}}, {}^2V_{\text{зч}}^{\text{пр}}$ - витрати на запасні частини в залежності від марки автомобіля, грн.

$$\sum V_{\text{зч}}^{\text{пр}} = 13388,02 + 1019,41 + 12400,66 = 26808,09 \text{ грн.}$$

Для окремої дільниці чи постових робіт :

$$\sum B_{зч}^{дильн} = \frac{\%T_{дильн}}{1000} \cdot \sum B_{зч}^{пр} \quad (5.23)$$

де $H_a^{інвент}$ - норма амортизації будівлі, %;
 $H_a^{інвент} = 6\%$

$$A^{інвент} = \frac{6 \cdot 439,37}{100} = 26,36 \text{ грн}$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань.

Ці відрахування визначаються в %-му відношенні від балансової вартості основних фондів.

Амортизація обладнання розраховується:

$$A^{обл} = \frac{H_a^{обл} \cdot B_{обл}}{100} \quad (5.24)$$

де $H_a^{обл}$ - норма амортизації обладнання, %;

$H_a^{обл} = 15\%$

$$A^{обл} = \frac{15 \cdot 43936,5}{100} = 6590,48 \text{ грн.}$$

Амортиція будівель розраховується:

$$A^{буд} = \frac{H_a^{буд} \cdot B_{буд}}{100} \quad (5.25)$$

Де $H_a^{буд}$ - норма амортизації будівлі, %

$H_a^{буд} = 5\%$

$$A^{буд} = \frac{5 \cdot 17280}{100} = 864 \text{ грн}$$

Амортизація інструменту розраховується:

$$A^{інстр} = \frac{H_a^{інстр} \cdot B_{інстр}}{100} \quad (5.26)$$

де $H_a^{буд}$ - норма амортизації будівлі, %;

де - $H_a^{буд}$ норма амортизації будівлі, %;

$H_a^{буд} = 10\%$.

$$A^{інстр} = \frac{10 \cdot 4393,65}{100} = 439,37 \text{ грн}$$

Амортизація інвентарю розраховується:

$$A^{інвен} = \frac{H_a^{інвент} \cdot B_{інвент}}{100}$$

Таким чином, сума амортизаційних відрахувань складає:

$$A_{\text{заг}} = A^{\text{обл}} + A^{\text{буд}} + A^{\text{інстр}} + A^{\text{інвент}}; \quad (5.28)$$

$$A_{\text{заг}} = 6590,48 + 864 + 439,37 + 26,36 = 7920,21 \text{ грн.}$$

Розрахунок накладних витрат.

Сума накладних витрат приймається в розмірі 30-50% від фонду оплати праці загального .

$$V_{\text{накл}} = \frac{\%V_{\text{накл}}}{100} \cdot \text{ФОП} \quad (5.29)$$

$$V_{\text{накл}} = \frac{40}{100} \cdot 10944,16 = 4377,66 \text{ грн.}$$

5.3 Кошторис витрат виробництва в слюсарно-механічній дільниці

Таблиця 5.4 - Кошторис витрат виробництва

№	Статті витрат	Сума, грн..	Питома вага, %
1	Фонд оплати праці	10944,16	32,35
2	Відрахування на соціальне страхування	4228,82	12,5
3	Витрати на ремонтні матеріали	2864,68	8,47
4	Витрати на запасні частини	3485,05	10,3
5	Амортизація	7920,21	23,41
6	Накладні витрати	4377,66	12,94
	Разом $\sum S_{\text{заг}}$	33820,58	100

Таким чином, собівартість одного технічного впливу складає:

$$\bar{S}_{\text{пр}} = \frac{\sum S_{\text{заг}} \cdot 1000}{L_{\text{заг}}} \quad (5.30)$$

$$S_{\text{пр}} = \frac{33820,58 \cdot 1000}{1032220} = 32,76 \text{ грн.}$$

5.4 Розрахунок показників економічної ефективності проекту

До показників ефективності проекту відносяться :

- нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень $E_n = 0,15$;
- нормативний термін окупності капітальних вкладень $T_n = 6,6$ року;
- рівень рентабельності виробництва
- фондоддача

Визначення суми нормативних оборотних коштів виконується за допомогою таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Нормовані оборотні кошти

Структура оборотних коштів	Річні витрати (грн.)	Ододенні витрати (грн.)	Нормативні запасу	Сума нормованих витрат (грн.)
1 Ремонтні матеріалу	2864,68	7,85	45 днів	353,18
2 Запасні частини	3485,05	9,55	75 днів	716,25
3 Інші оборотні кошти	-	-	20%	213,89
Усього(В _{об.к.})	-	-	-	1283,32

Визначення планової відпускної ціни на виконання ПР:

$$Ц_{\text{в}}^{\text{ПР}} = \overline{S}_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{рент}} \quad (5.31)$$

де $K_{\text{рент}}$ - коефіцієнт рентабельності

$$Ц_{\text{в}}^{\text{ПР}} = 32,76 \cdot 1,25 = 40,96 \text{ грн.}$$

Визначення планової відпускної ціни з ПДВ:

$$Ц_{\text{в.з.ПДВ}}^{\text{ПР}} = Ц_{\text{в.}} + \text{ПДВ} \quad (5.32)$$

де ПДВ = 20% від $Ц_{\text{в.}}$

$$Ц_{\text{в.з.ПДВ}}^{\text{ПР}} = 40,96 + 8,16 = 49,15 \text{ грн.}$$

Визначення суми річного доходу від діяльності слюсарно-механічної дільниці

$$Д = \frac{Ц_{\text{в}} \cdot L_{\text{заг}}}{1000}; \quad (5.33)$$

$$Д = \frac{49,15 \cdot 1032220}{1000} = 50733,61$$

Визначення балансового прибутку.

$$П_{\text{б}} = Д - \sum S_{\text{заг}}; \quad (5.34)$$

$$П_{\text{б}} = 50733,61 - 33820,58 = 16913,03 \text{ грн.}$$

Визначення показників фондівдачі основних виробничих фондів:

$$\Phi_{\text{в}} = \frac{Д}{В_{\text{осн.ф}}}; \quad (5.35)$$

$$\Phi_{\text{в}} = \frac{50733,61}{66049,52} = 0,77$$

Визначення рентабельності діяльності слюсарно механічної дільниці:

$$P_v = \frac{\Pi_6}{B_{\text{осн.ф}} + B_{\text{об.к}}} \cdot 100\%; \quad (5.36)$$

$$P_v = \frac{16913,03}{6049,52 + 1283,146} \cdot 100\% = 25,1\%.$$

Визначення розрахункового коефіцієнту економічної ефективності E_p :

$$E_p = \frac{E_{\text{ум.річн}}}{K}; \quad (5.37)$$

де $E_{\text{ум.річн}}$ - умовна річна економія від зниження собівартості обслуговування в дільниці;

K – капітальні вкладення в технічне переобладнання.

Визначення умовної річної економії для слюсарно-механічної дільниці:

$$E_{\text{ум.річн}}^{\text{пр}} = (\bar{S}_{\text{до}} - \bar{S}_{\text{після}}) \cdot L_{\text{заг}} / 1000; \quad (5.38)$$

де $S_{\text{до}}$ – собівартість виконання робіт до технічного переобладнання, грн.;

$S_{\text{після}}$ – собівартість робіт після переобладнання, грн.;

$$E_{\text{ум.річн}}^{\text{пр}} = (41,82 - 32,47) \cdot 1032220 / 1000 = 9651,26 \text{ грн.}$$

$$E_p = \frac{9651,26}{43936,5} = 0,21$$

Визначення розрахункового терміну окупності капітальних вкладень:

$$T_p = \frac{1}{E_p} \quad (5.39)$$

$$T_p = \frac{1}{0,21} = 4,8 \text{ років}$$

Висновок: Оскільки в результаті проведених розрахунків : $E_p > E_n$, а $T_p < T_n$, та $\Phi_v = 0,77$, $P_v = 25,1$ то технічне переобладнання слюсарно-механічної дільниці економічно доцільне.

ВИСНОВОК

У дипломному проєкті виконано розробку слюсарно-механічної дільниці автотранспортного підприємства (АТП), включаючи організацію технологічного процесу відновлення гільз циліндрів 4022.1002023 та дослідження динаміки процесу розточування.

У загальнотехнологічному розділі проєкту представлено особливості конструкції гільз циліндрів, охарактеризовано основні дефекти та причини їх виникнення, а також обґрунтовано вибір методу відновлення гільз.

Технологічний розділ охоплює розрахунок виробничої програми, розробку технологічного процесу виконання робіт на дільниці, а також представлено планування слюсарно-механічної дільниці.

У розділі розробки конструкторських рішень детально описано призначення циліндра та умови його роботи, наведено процес відновлення поверхні гільзи, розроблено методику хонінгування, описано конструкцію та принцип роботи пристрою для облицювання. Також виконано технічні розрахунки цього пристрою, обґрунтовано вибір конструкції затискного пристрою для фіксації деталі під час хонінгування, охарактеризовано його будову і функціонування, проведено розрахунок на міцність відповідальних елементів.

У теоритичному розділі здійснено аналіз характеру закручування стружки під час розточування заготовок, розроблено динамічну модель процесу розточування гвинтових заготовок та виконано моделювання процесу різання.

Проектний розділ включає опис механізму, умови роботи кривошипно-шатунного механізму, вибір і обґрунтування методів відновлення механізму, а також розробку маршрутної технології усунення дефекту.

У проєкті проведено контроль якості виконаних робіт, розроблено технологічну карту та визначено місячний обсяг партії деталей.

Розділ обґрунтування економічної ефективності містить розрахунки вартості основних виробничих фондів, собівартості робіт на слюсарно-механічній дільниці, а також складений кошторис та обчислені ключові економічні показники проєкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Книга 1. К.: „Знання-Прес”, 2003 р.
2. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Книга 2. К.: „Знання-Прес”, 2004 р.
3. Канарчук В.Є., Лудченко О.А. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1. К.: „Вища школа”, 1994 р.
4. Канарчук В.Є., Лудченко О.А. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2. К.: „Вища школа”, 1994 р.
5. Газарян А.А. Технічне обслуговування автомобілів. Т.: „Третій Рим” 2003 г.
6. Кукурудзяк Ю.Ю. Технічне обслуговування автомобілів. Методичний посібник по курсовому проектуванню. ВПТ, 2001 р.
7. Рудь О.В. Методичні вказівки до виконання економічного розрахунку дипломного проекту. Вінниця: ВПТ, 2003 р.
8. Михайленко В.Е. Інженерна графіка. Київ: Вища школа, 2002.
9. Ванін В.В., Блюк А.В., Гнітецька Г.О. Оформлення конструкторської документації: Навч. Посібник. - К.: Каравела, 2003. – 160 с.
10. Салов А.І. Охорона праці підприємствах автомобільного транспорту. К.: „Транспорт”, 1995. – 351 с.
11. Автомобілі КамАЗ. Технічне обслуговування та ремонт/В.М. Трашин.-К. Транспорт, 2001.
12. Болотін Г.М., Токаренко В.М. Оформлення матеріалів самостійної роботи. Рекомендації для студентів вузів та учнів технікумів. - К.: Вища школа. Головне вид-во, 1994.
13. Трибков В.М., Карпекін П.А. Довідник з обладнання для технічного обслуговування та поточного ремонту автомобілів. - К.: Агропромвидавництво, 1994.

14. Канарчук В.Є., Чигиринець А.Д. Довідник по усуненню несправностей автомобілів. К.: Урожай, 1992.
15. Карташов В.П. Технологічне проектування автотранспортних підприємств. Навчальний посібник для технікумів.– К.: Транспорт, 2001.
16. Каталог спеціалізованого технологічного обладнання для технічного обслуговування та ремонту автомобілів / Мінавтотранс УРСР. – Київ, 1988.
17. Колесник П.А., Шейнін В.А. Технічне обслуговування та ремонт автомобілів. Підручник для вузів. – К.: Транспорт. 1995.
18. Островський Ю. В. Дослідженням динаміки процесу розточування / Ю. В. Островський // Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 27-28 листопада 2019 року — Т. : ТНТУ, 2019 — Том I. — С. 123-124.
19. Технологічне забезпечення виготовлення нежорстких гвинтових заготовок: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.02.08 / В.З. Гудь ; Терноп. держ. техн. ун-т ім. І.Пулля. — Т., 2006. — 20 с.