



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

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

Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ляшук О.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«29» вересня 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Пишному Роману Петровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для ремонту плунжерних пар паливного насосу високого тиску 236-1111005 з дослідженням процесу спрацювання плунжерних пар.

Керівник роботи Гевко І.Б., д.т.н., проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» вересня 2020 року № 4/7-690

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 грудня 2020

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту плунжерних пар паливного насосу високого тиску 236-1111005

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

Паливний насос високого тиску 236-1111005 – 1А1.

Плунжер ПНВТ 236-1111076-А – 1А1.

Стенд для притирання плунжерних пар – 2А1.

Характеристики зносу плунжерних пар зміцнених різними способами – 1А1.

Схема сполучення "втулка-плунжер". Характер дії сил – 1А1.

Зношування елементів сполучення "плунжер-втулка". Залежність зносу від діаметрального зазору – 1А1.

Проект ділянки по ремонту паливної апаратури – 1А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		

7. Дата видачі завдання 29.09.2020**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	15.10.2020	
2	Технологічний розділ	29.10.2020	
3	Конструкторський розділ	11.11.2020	
4	Науково-дослідний розділ	25.11.2020	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	09.12.2020	
6	Оформлення графічної частини	11.12.2020	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	21.12.2020	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Пишний Р.П.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Гевко І.Б.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Проект ділянки ремонтного цеху для ремонту плунжерних пар паливного насосу високого тиску 236-1111005 з дослідженням процесу спрацювання плунжерних пар.».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н., професор Гевко І.Б.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 59 сторінок формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 5 сторінок додатків.

Ключові слова: точність, тиск, працездатність, підгонка, спрацювання.

## ЗМІСТ

<b>Вступ.....</b>	<b>7</b>
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>8</b>
1.1 Аналіз причин зношування деталі. Характер, вид та величина зносу.....	8
1.2 Характеристика технологічних особливостей плунжерних пар ПНВТ двигуна ЯМЗ-236.....	10
1.3 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу.....	12
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>13</b>
2.1 Технічні умови на відновлення деталі.....	13
2.2 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення деталі.....	14
2.3 Аналіз базового технологічного процесу відновлення плунжерних пар....	16
2.4 Розробка структурної послідовності запропонованого технологічного процесу відновлення плунжерних пар.....	17
2.5 Вибір установчих баз при виконанні технологічних операцій.....	18
2.6 Обґрунтування вибору технологічного обладнання, ріжучого, вимірювального і контрольного інструменту.....	18
2.7 Розрахунок і вибір режимів виконання технологічних операцій відновлення плунжерних пар.....	21
2.8 Визначення трудо затрат при виконанні ТП.....	26
2.9 Розрахунок кількості робочих місць, робітників, обладнання.....	27
2.10 Техніко-економічне обґрунтування впроваджуваного технологічного процесу по відновленню деталі.....	31
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>32</b>
3.1 Обґрунтування вибору та призначення пристосування.....	32
3.2 Порядок роботи станда для притирання плунжерних пар.....	33
3.3 Основні розрахунки проектуємої конструкції.....	33
<b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>41</b>
4.1 Гідроабразивне зношування деталей плунжерної пари.....	41
4.2 Величина і характеристика зносу робочих поверхонь деталі.....	43
4.3 Підвищення ресурсу плунжерної пари технологічними методами.....	48

<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>52</b>
5.1 Техніка безпеки при роботі з електролітами.....	52
5.2 Медичні засоби захисту.....	54
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>58</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ.....</b>	<b>59</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

Подовження строків служби машин та підвищення якості їх експлуатації, є однією з найбільш важливих проблем автомобільного господарства, та машинно-тракторного парку в Україні.

Тому, дуже важливим і доцільним в даний час, є те, щоб великі державні підприємства мали в своєму складі власні ремонтні майстерні по ремонту, обслуговуванню та частковому відновленню агрегатів, вузлів та деталей машин.

Українські заводи в останні роки не тільки збільшили випуск автомобілів, тракторів, дорожніх та сільськогосподарських машин, а і значно поліпшили їх техніко-економічні показники. Крім того, на балансі державних, колективних, приватних та інших підприємств залишились машини та механізми 20-ти – 30-ти річної давності, яким теж необхідно проводити ТО та ремонти. Деякі з таких машин давно знято з виробництва і запасні частини до них якщо і можливо знайти, то в дуже малих кількостях. Це говорить про те, що ремонт та відновлення таких деталей підприємства могли б виконувати власними силами.

## 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Аналіз причин зношування деталі. Характер, вид та величина зносу

При збиранні секції паливного насосу від монтажних зусиль штуцера високого тиску робоча внутрішня поверхня втулки плунжера деформується. При зтяжці натискного штуцера з рекомендованим моментом  $120 \text{ Н}\cdot\text{м}$  зазор у перерізі вікон зменшується до  $1,5 \text{ мкм}$ , а на ділянці, розташованій на  $10\dots 15 \text{ мм}$  нижче вікон, він збільшується до  $3 \text{ мкм}$ . Такий характер деформації пояснюється конструктивними особливостями втулки, впускне та відсичне вікно якої роблять найбільш значний вплив на зміну прецизійної поверхні втулки.

На поверхні втулки поряд з впускним та відсичним вікнами внаслідок пружної деформації виникають відносно вузькі гострі виступаючі кромки. У момент нагнітання палива, коли впускне вікно ще повністю не перекрите, паливо з великою швидкістю і під високим тиском починає потрапляти в нього, викликаючи гідроабразивний знос його кромки.

При зношуванні кромки збільшується витікання палива в компресорну частину.

Збільшення моменту зтяжки штуцера високого тиску до  $140\dots 150 \text{ Н}\cdot\text{м}$  прискорює зношування плунжерних пар рядних паливних насосів на  $20\%$  у порівнянні з деталями, змонтованими з величиною  $100\dots 200 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

У плунжерних пар з зазором  $0,5\dots 1 \text{ мкм}$  вже при монтажу з моментом зтяжки  $60 \text{ Н}\cdot\text{м}$  виникає зависання плунжера біля вікон втулки. Однак в процесі нагнітання палива заклинювання не відбувається. У значної частини плунжерних пар, маючих зазор  $1\dots 1,5 \text{ мкм}$ , після зтяжки штуцерів високого тиску з зусиллям  $12\dots 15 \text{ Н}\cdot\text{м}$  виникає затискання плунжера в компресійній частині втулки. Відмічене явище виникає внаслідок неспівпадання геометричних осей втулки та плунжера через згин компресійної частини втулки під дією монтажних зусиль.

В процесі робочого ходу плунжера, при перекритті випускного отвору



гільзи починається процес вприскування палива у циліндр двигуна. В пошкоджених плунжерних парах процес початку впорскування запізнюється, тому що після перекривання впускного отвору паливо почине перетікати назад у канали даного місця зношування.

В процесі переміщення плунжеру у гору геометричні розміри зношеного місця зменшуються, тому в результаті якого зазори в даному місці стають меншими, протікання зменшуються і в певний час з запізненням поступає паливо. Чим більша величина місцевого зносу плунжерних пар, тим сильніше зворотне перетікання палива, і тому внаслідок чого, більше сапізнення початку впорскування.

У випадку максимальної величини зношування плунжеру та втулок кут випередження впорскування палива може запізнюватися до  $5^\circ$  по кулачковому валу паливного насоса.

окрім даного, знос плунжерної пари значно знижує їх продуктивність через підтікання палива, насамперед в процесі запуску двигуна. Зростання підтікання палива із зменшенням обертів обумовлюється тим, що в процесі повільного руху плунжеру час на перетікання палива збільшується.

Плунжерна пара у ПНВТ зношуються неоднаково, в такому випадку перетікання палива в пошкоджених місцях буде неоднаковим, від чого підвищується нестабільна подача палива. У випадку збільшених зносів деталей плунжерної пари нерівномірність може збільшитися у 3 рази на номінальних обертах та у 5 раз при пуску двигуна.

Зношування плунжерної пари супроводжується значними зниженнями тиску палива яке подається. При пуску двигуна нові пари повинні розвивати тиск подачі палива не нижче 50...60 МПа, а при зношуванні воно знижується у 4...5разів. Якщо плунжерна пара не розвиває тиск до 30 МПа і вище, її необхідно замінити.

На запізнення моменту впорскування впливають також зноси штовхача кулачкового валу, нагнітального клапана та інших деталей.

## 1.2 Характеристика технологічних особливостей плунжерних пар ПНВТ двигуна ЯМЗ-236

Плунжерна пара паливного насосу високого тиску, що складається з плунжера та гільзи, є його основним робочим органом. Плунжерні пари прецизійні, комплектуються із однієї розмірної групи методом селективного (без притирання) підбирання. Таке підбирання забезпечує необхідну щільність з'єднання для подачі палива під великим тиском (зазор по спряженому площинам не повинен бути більше 0,001...0,003 мм). Деталі плунжерної пари невзаємозамінні і не розукомплектовуються.

Гільзу плунжера виготовлено з високою точністю із високоякісної легованої сталі та термічно оброблено до високої твердості. Верхня її частина, що підлягає великому внутрішньому тиску, стовщена. Це стовщення являє собою зовнішній посадочний буртик під опорну поверхню у гнізді корпусу насоса. У верхній частині гільзи є два діаметрально протилежні вікна (всмоктувальне та перепускне). Через всмоктувальне вікно у підплунжерний простір надходить паливо, а через перепускне виконується відсікання подачі палива та перепускання його.

Плунжер виконано з високою точністю з тієї ж сталі, що і гільзу, та термічно оброблено до високої твердості. Кожен плунжер має два отвори та два симетрично розташованих спіральних пази, при чому один з них оброблений і служить для зміни кількості палива, що впорскується в циліндр. Необроблений паз плунжера вирівнює питомий тиск палива, що діє на бокову поверхню насоса під час роботи. Хімічний склад та механічні властивості сталі з якої виготовлено плунжерну пару приведені в таблиці 1.1 та 1.2.

Для виготовлення деталей застосовується високолегована корозійностійка сталь 25Х5МА. Перші дві цифри вказують на середній вміст вуглецю в сотих долях процента, а літери за цифрами означають, що у складі сталі знаходяться легуючі елементи. Цифри, що стоять після букв, вказують приблизний вміст легуючого елемента у цілих одиницях відсотка. Якщо вміст легуючого елемента менше 1,5% - цифра відсутня. Літера А в кінці позначення марок вказує, що сталь високоякісна.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 25X5MA ГОСТ 5632-72

Сталь	Склад, %						
	C	Cr	Mo	Mn	Si	S	P
25X5MA	0,22...0,32	4...6	0,4...0,5	0,3...0,7	0,8	0,025	0,03

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 25X5MA ГОСТ 5632-72

Сталь	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %
25X5MA	735	932	12

Поверхня плунжера азотується. Глибина шару 0,1...0,5 мм. Твердість Нv 820...1000. Твердість серцевини HRC 24...30. Крихкість Нv не більше 2. Овальність поверхонь не більше 0,0002 мм.

Втулка (236-1111078) та плунжер (236-1111076А) складають пару, у якій заміна однієї деталі будь-якою іншою деталлю з другої пари після проведення комплектації забороняється.

Плунжер пари, після її ретельного промивання та змазування чистим дизельним паливом, висунутий на 20...25 мм з втулки у вертикальному положенні плавно, без затримок повинен опуститися до упору, під дією власної ваги (перевіряти у різних положеннях по куту повороту плунжера у втулці).

При переміщенні плунжера у втулці ніякі місцеві опори та охвачування у будь-якому положенні по всій довжині та куту повороту не допускається.

Плунжерну пару плунжер-втулка піддати гідравлічному випробуванню при температурі 18...22°C профільтрованою сумішшю дизельного пального по ГОСТ 4749-49 з веретенним мастилом по ГОСТ 1707-51 або авіаційним мастилом по ГОСТ 1013-49, або тракторним керосином по

ГОСТ 1842-52, який має в'язкість 1,8...1,9 умовних одиниць при температурі 20°C. Перед випробуванням деталі пари ретельно промити у профільтрованому дизельному паливі. На поверхні плунжера та втулки остатків вазеліну та інших видів змазки не допускається.

Гідравлічне випробування виконувати при герметично закритому отворі втулки зі сторони торця Е під навантаженням на плунжер силою Р, яка

відповідає тиску суміші у 195...205кг/см<sup>2</sup>. Положення вісі виступів деталі (236-1111076А) відносно осі отворів у деталі (дет. 236-1111078) повинно відповідати вказаному на кресленні.

Повне підняття плунжера до моменту відсікання під дією цієї сили, яке супроводжується витисканням палива через зазори між плунжером та втулкою повинно проходити на протязі 20 сек. не менше.

Плунжерну пару зі щільність більше 40 сек., яку змазано профільтованим дизельним паливом, встановити у вертикальному положенні торцем Б на стіл завчасно підложивши лист чистого паперу, або картону.

Після 5ти хвилинної витримки, при піднятті пари за хвостовик плунжера, втулка повинна сповзати з плунжера під дією власної ваги.

### **1.3 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу**

Проаналізувавши систему ремонту плунжерних пар паливного насосу високого тиску 236-1111005, що ремонтується, конструктивно-технологічні особливості, призначення, було зроблено наступні висновки та було поставлено наступні завдання, які слід вирішити в процесі виконання магістерської роботи:

- в технологічному розділі вибрати метод та послідовність ремонту.
  - в конструкторському розділі розробити пристосування для притирання відновлених плунжерів;
- провести дослідження процесу спрацювання плунжерних пар.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Технічні умови на відновлення деталі

Технічні умови на відновлення деталі повинні забезпечувати надійну і довговічну роботу плунжера в спряженні.

Технічні умови, звичайно, містять інформація про точність виготовлення плунжера, твердість робочих поверхонь, допуски на взаємне розташування робочих поверхонь. Наведемо основні відомості:

1. Затупити гострі кромки крім особисто вказаних;
2. Азотувати. Глибина шару 0,1...0,5 мм. На поверхні E і на глибині більше 0,1 мм. Від поверхні M допускається відсутність азотованого шару.
3. Твердість H<sub>v</sub> 820...1000; твердість серцевини HRC 24...30.
4. Крихкість H<sub>v</sub> не більше 2.
5. На поверхнях лисок виступів P допускається твердість H<sub>v</sub> не менше 700.
6. Допускається оксидування. Оксидна плівка повинна бути міцною, відшарування не допускається. Поверхню M від оксидування закрити.
7. Овальність та огранка не більше 0,0002 мм., допускається в зоні неробочої частини (зона кільцевих канавок), огранка не більше 0,0004 мм.
8. Комплектування плунжера із втулкою виконувати по розміру діаметра у робочій зоні плунжера. Найбільший діаметр плунжера в неробочій зоні не повинен перевищувати діаметр у робочій зоні.
9. Непрямолінійність утворюючої поверхні M не більше 0,0002 мм.
10. Конусність утворюючої поверхні M не більше 0,0004 мм. Допускається збільшення діаметра у бік торця H.
11. При контролі неозброєним оком поверхня M повинна мати рівний відблиск. Сліди шліфування наявність неметалічних включень і тріщин не допускається.
12. Відхилення осі виступів P та осі поверхні M від положення в одній площині не більше 0,02 мм.

13. Неперпендикулярність поверхні І відносно поверхні М не більше 0,05 мм.
14. Неперпендикулярність торця Н відносно поверхні М не більше 0,02 мм.
15. Відхилення відсічної кромки ПД заданої геометричної форми не більше  $\pm 0,01$  мм по напрямку утворюючої поверхні М.
16. Неперпендикулярність поверхні Л відносно поверхні М не більше 0,01 мм.(забезпечити технологією).
17. Биття поверхні П відносно поверхні М не більше 0,1 мм.
18. Неспіввісність поверхонь М та О не більше 0,1 мм.
19. Відхилення осі отвору О від положення в діаметральній площині поверхні М не більше 0,1 мм.
20. Поверхні, які не оброблюються після термічної обробки, ретельно очистити від окалини.
21. Всі кромки поверхні М повинні бути без загусениць та зазубрин. Допускається зі сторони торця Н притуплення не більше 0,05 мм.
22. Правка не допускається.
23. Готову деталь ретельно промити.
24. Розміри поміщені в лапки відносяться до двох пазів з двох сторін деталі.

## **2.2 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення деталі**

Для підвищення надійності та довговічності капітально відремонтованих машин велике значення мають науково обґрунтовані способи і технологічні процеси відновлення деталей.

На відміну від технологічного процесу виготовлення деталей процес їхнього відновлення має багато специфічних особливостей. При виготовленні сировиною для деталі служить заготовка, в той час як при відновленні заготовкою є сама деталь. Тому основною задачею технологічного процесу відновлення деталей є не перетворення заготовки в готову деталь, а повернення деталі втраченої працездатності найбільш раціональним способом, що

забезпечує їй необхідну довговічність при найменшій вартості процесу відновлення. Отже, вибір раціонального способу є одним з основних питань при розробці технологічних процесів відновлення деталей.

Вибір способів відновлення залежить від конструктивно-технологічних особливостей і умов роботи деталей, величини їх зносів, експлуатаційних властивостей, що визначають довговічність відремонтованих деталей, і вартість їх відновлення.

При виборі способу відновлення стосовно ремонтних підприємств рекомендується методика, запропонована доктором технічних наук М.А.Масино, в основу якої покладені критерії, розглянуті проф. Шадричевим В.А. Сутність рекомендацій полягає в наступному. Розглядають різні, потенційно-можливі способи відновлення, вибирають ті, що відповідають критеріям застосовності ( $K_T = 1$ ) і які забезпечують необхідний ресурс відновлених деталей ( $K_d \geq 0,85$ ). З способів, що відповідають коефіцієнту застосовності та значенню коефіцієнта довговічності, остаточно вибирають ті, що відповідають найбільшому значенню коефіцієнта техніко-економічної ефективності ( $K_{T,ef}$ ).

Спосіб відновлення  $V_{cb}$ , вибраний для спеціалізованого підприємства по централізованому відновленню деталей, характеризується функціональною залежністю:

$$V_{cb} = f(K_T, K_d, K_{T,ef}).$$

Керуючись цим методом для відновлення плунжера приходимо до висновку, що найбільш доцільним способом відновлення плунжера є спосіб гальванічного нарощування з попереднім шліфуванням для видалення слідів зносу і шліфуванням робочої поверхні плунжера після гальванічної обробки до номінального розміру.

Спосіб гальванічної обробки найбільш раціонально забезпечує необхідну працездатність, надійність та довговічність плунжера у відповідності з технічними умовами на відновлення.

Знос робочої поверхні плунжера доцільно відновлювати методом хромування або остальювання з наступним шліфуванням. Торець плунжера

також необхідно шліфувати до виведення слідів зносу. Кожний з цих способів має певні недоліки. Покриття на основі заліза мають недостатнє зчеплення з основним металом деталі. Процес залізнення потребує складної підготовки поверхні. Хромування значно краще залізнення по зносостійкості й вихід його по струму набагато нижчий. Розчини, що застосовуються, сильно забруднюють стічні води. Електроліти потребують частого корегування і вартість компонентів, що входять до їхнього складу, вища залізних електролітів.

З метою збільшення ресурсу деталі та підвищення надійності плунжерних пар застосовуємо метод хромування холодним електролітом.

### **2.3 Аналіз базового технологічного процесу відновлення плунжерних пар**

Базовий технологічний процес відновлення плунжерів наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Базовий технологічний процес відновлення плунжерних пар паливного насосу високого тиску ЯМЗ-236

№ операції	№ переходу	Зміст операції
005	1	Підбір пар селективним методом
010	1	Притирання пар до зникнення рисок
015	1	Випробування пари на щільність

Базовий технологічний процес ремонту пар полягає у притиранні та підбиранні плунжерів та втулок під ремонтний розмір, після цього пари перевіряють на щільність приладом КП-1640А. Технічний стан плунжерної пари по тиску, який вона розвиває визначають максиметром чи манометром на зібраному насосі. При неможливості притирання, чи при неможливості підбору та низькому тиску на виході, деталі пари бракувати.



## 2.4 Розробка структурної послідовності запропонованого технологічного процесу відновлення плунжерних пар

Розробка структурної послідовності є важливим етапом проектування технологічного процесу. Від правильності вибору послідовності технологічних операцій залежить не тільки економічність і скорочення часу циклу, а й можливість дотримання технічних умов на відновлення деталі.

Технологічний процес відновлення повинен забезпечити правильне і повне використання технічних можливостей ремонтпридатних деталей, технологічного обладнання, інструменту і робочого часу.

Таблиця 2.4 – Запропонований технологічний процес відновлення та зміцнення плунжерних пар ПНВТ двигуна ЯМЗ-236

№ операції	№ переходу	Зміст операції
005	1	Шліфувати робочу поверхню плунжера до розмірів $\varnothing 8^{+0,0}$ мм.
010	1	Наплавити поверхню плунжера до розмірів 9,5 мм.
015	1	Шліфувати робочу поверхню плунжера до розмірів $\varnothing 9^{+0,0}$ мм.
020	1	Перевірка розмірів плунжера оптиметром
025	1	Захист поверхонь, що не підлягають відновленню
030	1	Встановлення деталей на підвісні пристрої
035	1	Знежирювання робочої поверхні плунжера
040	1	Промивання у гарячій протічній воді
045	1	Промивання у холодній протічній воді
050	1	Декапування зворотнім струмом
055	1	Хромування
060	1	Промивання в дистильованій воді
065	1	Промивання у холодній протічній воді

070	1	Промивання у гарячій протічній воді
075	1	Сушка та розбирання підвісок
080	1	Термічна обробка для зниження оксидної крихкості (Загартування у масляній ванні)
085	1	Шліфування оброблених поверхонь плунжера до розмірів $9^{+0,020}$
090	1	Контроль, притирання та порівнювання відновлених плунжерів із гільзами

## 2.5 Вибір установчих баз при виконанні технологічних операцій

Під установчими базами розуміють поверхні деталей, якими вони встановлюються для обробки у визначеному положенні відносно обладнання і інструменту, що обробляє.

Високу точність обробки можна досягнути тоді, коли всі технологічні процеси обробки ведуться від однієї бази з найменшою кількістю переобладнань. В більшості випадків це є неможливим, і тоді необхідно звести до мінімуму кількість установчих баз.

В даному випадку базування слід проводити по поверхням, що не зношуються, які не приймають участь в процесі експлуатації, такими поверхнями у деталі служать торцеві поверхні плунжера.

## 2.6 Обґрунтування вибору технологічного обладнання, ріжучого, вимірювального і контрольного інструменту

Вибір типу обладнання регламентується наступними принципами: можливістю виконання технічних вимог по точності обробки, форми і класу шорсткості поверхні, продуктивністю, використанню по потужності, програмою випуску деталей.

При невеликих програмах випуску деталей в ремонтному виробництві використовується універсальне розповсюджене обладнання і інструмент.

Основним принципом вибору вимірювального інструменту є: точність заміру і лінійні розміри деталі, продуктивність праці при виконанні контрольних операцій. Вимірювальний інструмент може бути універсальний або спеціальний.

Дані по вибору технологічного інструменту і обладнання наведені в таблицях 2.5, 2.6.

Таблиця 2.5 – Перелік технологічного обладнання і інструмента, що використовується при відновленні клапанів

Номер і найменування операції	Найменування і марка обладнання	Габарити	Інструмент
005,015,085	Круглошліфувальний станок 3А151	3100x2100	Коло шліфувальне ПП150x40x80 Э24СМ1К ГОСТ2424-83
010	Пальник ВНПО “Ремдеталь” 021-4 - Обертач с/ч	-	Порошок ПТ-10Н-01
020	Вертикальний оптиметр ОВО-1 (ИКВ) ГОСТ 5405-75	-	-
025	-	-	Емаліт, цапон-лак (розчин целулоїди в ацетоні), пластикат та ін.
030	-	-	Підвісний пристрій
035	Ванна для знежирювання	-	Їдкий натрій, сода, декстрин
040,070	Кран з гарячою водою	-	Гаряча вода
045, 065	Кран з холодною водою	-	Холодна вода

050	Ванна для декапування, катодна штанга		Хромовий ангідрид, сірчана кислота
055	Ванна для хромування		Хромовий ангідрид, сірчана кислота, тривалентний хром
060	Ванна з дистильованою водою		Дистильована вода
075	Сушильний шкаф		
080	Ванна з мінеральним мастилом		Мінеральне мастило
090	Вертикальний оптиметр ОВО-1 (ИКВ) ГОСТ 5405-75 Стенд для притирання		Гільзи плунжера, Дизельне паливо

Таблиця 2.6 – Перелік вимірального інструменту, який використовується при відновленні плунжерних пар.

Номер і найменування операції	Найменування марки вимірювального інструменту	ГОСТ або інший документ
005,015,085 Шліфувальна	Мікрометр МКО-25	ГОСТ 868-80
010 Наплавочна	Лупа ЛП-6	ГОСТ 2739-82
055 Гальванічна	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-0-0.05-320	ГОСТ 166-83
090 Контрольна	Мікрометр МКО-25,	ГОСТ 868-80

## 2.7 Розрахунок і вибір режимів виконання технологічних операцій відновлення плунжерних пар

005 Шліфувальна

Знаходимо припуск на шліфування за формулою [4]:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де  $D$  – діаметр поверхні, що обробляється, мм;

$d$  – діаметр поверхні після обробки, мм.

$$h = \frac{8,99 - 8,7}{2} = 0,145 \text{ мм.}$$

Глибина шліфування вибирається за таблицею [ ]  $t = 0,02$  мм, при цьому глибина шліфування являється і поперечною подачею

Повздовжня подача при шліфуванні визначається за формулою [ ]:

$$S_{\text{пр}} = B_{\text{к}} \cdot \beta,$$

де  $B_{\text{к}}$  – ширина шліфувального кола, мм;

$\beta$  – повздовжня подача в долях шліфувального кола,  $\beta = 0,4$ .

$$S_{\text{пр}} = 40 \cdot 0,4 = 16 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо число проходів за формулою [ ]:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,145}{0,02} = 8.$$

Швидкість різання при шліфуванні визначаємо за таблицею [ ] в

залежності від повздовжньої подачі, глибини шліфування і діаметра поверхні, що шліфується  $V = 28$  м/хв.

Розраховуємо число обертів деталі за формулою [ ]:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \frac{28}{8,7} = 1023,45 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближчі оберти по паспортним даним станка 3А151  $n = 1080$  об/хв.

Перераховуємо швидкість різання у відповідності до прийнятого числа обертів:

$$V = \frac{n \cdot d}{318},$$

$$V = \frac{1080 \cdot 8,7}{318} = 29,55 = 30 \text{ м/хв.}$$

#### 010 Газопорошкове наплавлення

Основними режимами при газопорошковому наплавленні являються:

- 1 Витрата ацетилену – 300 л/год;
- 2 Витрата кисню – 330 л/год;
- 3 Число обертання деталі при обертанні – 3 об/хв

За формулою [ ] розраховуємо швидкість наплавлення:

$$V = \frac{n \cdot d}{318}.$$

Для плунжера  $V = \frac{3 \cdot 9,5}{318} = 0,09$  м/хв.

#### 015 Шліфувальна

Знаходимо припуск на шліфування за формулою [4]:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де  $D$  – діаметр поверхні, що обробляється, мм;

$d$  – діаметр поверхні після обробки, мм.

$$h = \frac{9,5 - 8,9}{2} = 0,3 \text{ мм.}$$

Глибина шліфування вибирається за таблицею 84 [ ]  $t = 0,02$  мм, при цьому глибина шліфування являється і поперечною подачею

Повздовжня подача при шліфуванні визначається за формулою [ ]:

$$S_{\text{пр}} = B_{\text{к}} \cdot \beta,$$

де  $B_{\text{к}}$  – ширина шліфувального кола, мм;

$\beta$  – повздовжня подача в долях шліфувального кола,  $\beta = 0,4$ .

$$S_{\text{пр}} = 40 \cdot 0,4 = 16 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо число проходів за формулою [ ]:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,3}{0,02} = 15$$

Швидкість різання при шліфуванні визначаємо за таблицею [ ] в залежності від повздовжньої подачі, глибини шліфування і діаметра поверхні, що шліфується

$$V = 28 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо число обертів деталі за формулою [ ]:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \frac{28}{8,9} = 1000,45 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближчі оберти по паспортним даним станка 3A151  $n = 1080$  об/хв.

Перераховуємо швидкість різання у відповідності до прийнятого числа обертів:

$$V = \frac{n \cdot d}{318},$$

$$V = \frac{1080 \cdot 8,9}{318} = 30,55 = 31 \text{ м/хв.}$$

#### 050 Декапування

Декапування плунжерів проводять анодною обробкою у ванні, яка заповнюється залишками хромових електролітів, на протязі 41-61 сек. Партія деталей завантажують на катодну штатив, там вони тримаються 1-2 хв. без струму, тому, щоб деталі зрівнялися з температурою електролітів. Міняється полярність і протягом 2-3 хв є анодом при щільності струму 26-61а/дм<sup>2</sup>

#### 055 Хромування.

Хромування проводять покровим періодом при 55-58° у ємності з такими компонентами: хромовий ангідрид – 50 – 60 г/л, сірчана кислота – 0,5 – 0,6 г/л.

#### 080 Термічна обробка (загартування у масляній ванні)

Плунжери на протязі 90 хв. знаходяться у мінеральному мастилі при  $t=140-160^\circ$  для видалення водневої крихкості.

#### 085 Шліфувальна

Знаходимо припуск на шліфування за формулою [4]:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де  $D$  – діаметр поверхні, що обробляється, мм;

$d$  – діаметр поверхні після обробки, мм.

$$h = \frac{9,040 - 9,02}{2} = 0,01 \text{ мм.}$$



Глибина шліфування вибирається за таблицею [ ]  $t = 0,01$  мм, при цьому глибина шліфування являється і поперечною подачею

Повздовжня подача при шліфуванні визначається за формулою [ ]:

$$S_{\text{пр}} = B_{\text{к}} \cdot \beta,$$

де  $B_{\text{к}}$  – ширина шліфувального кола, мм;

$\beta$  – повздовжня подача в долях шліфувального кола,  $\beta = 0,4$ .

$$S_{\text{пр}} = 40 \cdot 0,4 = 16 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо число проходів за формулою (19) [ ]:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,01}{0,01} = 1.$$

Швидкість різання при шліфуванні визначаємо за таблицею [ ] в залежності від повздовжньої подачі, глибини шліфування і діаметра поверхні, що шліфується  $V = 28$  м/хв.

Розраховуємо число обертів деталі за формулою [ ]:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \frac{28}{9,02} = 987,14 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближчі оберти по паспортним даним станка 3А151  $n = 1080$  об/хв.

Перераховуємо швидкість різання у відповідності до прийнятого числа обертів:

$$V = \frac{n \cdot d}{318},$$

$$V = \frac{1080 \cdot 9,02}{318} = 30,6 = 31 \text{ м/хв.}$$

### 090 Притиральна

Перевіряють шорсткість плунжера, щільність його з гільзою. Плунжер пари, після її ретельного промивання та змазування чистим дизельним паливом, висунутий на 20...25 мм з втулки у вертикальному положенні плавно, без затримок повинен опуститися до упору, під дією власної ваги (перевіряти у різних положеннях по куту повороту плунжера у втулці).

При переміщенні плунжера у втулці ніякі місцеві опори та охватування у будь-якому положенні по всій довжині та куту повороту не допускається.

## 2.8 Визначення трудо затрат при виконанні ТП

На дільниці ремонту паливної апаратури відновлюють базові деталі апаратури слюсарною та механічною обробкою, виконують збирання і випробування вузлів, загальне збирання ПНВТ, регулювання його і випробування. Дільниця ремонту паливної апаратури - об'єднує слюсарно-ремонтну дільницю, збирання і випробувальну. По вимогам техніки безпеки ремонтна дільниця розміщується в ізольованому приміщенні.

Найбільш придатною формою організації виробництва є спеціалізоване виробництво на рівні поточної лінії. В даному проекті річна програма ремонту паливних насосів високого тиску - складає 3500 штук.

Роботи на дільниці організуються таким чином, щоб при ремонті насосів забезпечувалась послідовність і синхронізація виконання збиральних операцій технологічного процесу .

Загальну трудомісткість визначаємо з добутку річної програми випуску насосів та трудомісткості капітального ремонту одного насосу згідно [6]

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{н}} \cdot N,$$

де  $T_{\text{н}}$  – трудомісткість капітального ремонту одного ПНВТ, люд.-год.;

$N$  – річна програма відновлення насосів,  $N = 3500$  шт.

$$T_{\text{н}} = (T_{\text{нп}} \cdot 6) + 5,85 = (1,903 \cdot 6) + 5,85 = 17,268 \text{ люд-год};$$

де 5,85 – трудомісткість збирання одного ПНВТ, люд-год;

$T_{\text{нп}}$  – трудомісткість відновлення однієї плунжерної пари;

6 – кількість пар у насосі.

$$T_{\text{заг}} = 17,268 \cdot 3500 = 60438 \text{ люд.-год.}$$

## 2.9 Розрахунок кількості робочих місць, робітників, обладнання

Загальна кількість робочих місць поточної лінії визначаємо за формулою

$$\eta_{\text{р.м.}} = \frac{t}{\tau \cdot m},$$

де  $t$  – норма часу на збирання одного насосу з попередньо зібраних вузлів, год;

$m$  – кількість одночасно працюючих на одному робочому місці,  $m = 1..2$  чол;

$\tau$  – загальний такт поточної лінії збирання.

$$\eta_{\text{р.м.}} = \frac{5,85}{0,569 \cdot 2} = 5$$

$$\tau = \frac{\Phi_{\text{д}}}{N_1},$$

де  $\Phi_{\text{д}}$  – дійсний річний фонд часу роботи лінії збирання;

$N_1$  – число насосів, що збираються за рік.

$$\tau = \frac{1990,6}{3500} = 0,569$$

Заявочна та спискова кількість основних робітників визначається по трудомісткості за формулами

$$P_z = \frac{T}{\Phi_n \cdot k};$$

$$P_d = \frac{T}{\Phi_d \cdot k},$$

де Т – трудомісткість робіт, люд.-год.;

$\Phi_n, \Phi_d$  – відповідно номінальний та дійсний фонди часу робітників, год;

к – коефіцієнт перевиконання норм виробітку,  $k = 1,05 \dots 1,15$ , приймаємо  $k = 1,12$ .

Визначимо заявочну та списочну кількість робітників

$$P_z = \frac{60438}{2052,2 \cdot 1,15} = 25,7 \text{ роб.}, \text{ приймаємо } 26 \text{ чол.}$$

$$P_d = \frac{60438}{1650,4 \cdot 1,05} = 34,9 \text{ роб.}, \text{ приймаємо } 35 \text{ чол.}$$

Основне обладнання дільниці ремонту паливної апаратури яка підібрана за типовими проектами, відштовхуючись від програм складання, переліку працівників, визначеною переліком робочих місць, виробничої необхідності. Відомість технологічного обладнання наведена у табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Відомість обладнання дільниці

Найменування обладнання	Марка	Кі-сть	Габарити	Площа, м <sup>2</sup>	Потужність, кВт	Номер на плані
Ванна для хромування	11-НИИМШ	1	3,425x1,49	5,1	-	1
Ванна для уловлювання електроліту	2327	1	0,68x0,58	0,4	-	2
Ванна для холодної	2239	1	1,21x0,5	0,63	-	3

води			2			
Шкаф сушильний	2274	1	0,7x0,55	0,39	-	4
Ванна для гарячої води	2239	1	1,21x0,5 2	0,63	-	5
Стіл для вагів		1		1	-	6
Стіл конторський		1		1	-	7
Ванна для електролітичного знежирювання	11-НИИМАНШ	1	3,425x1,49	5,1	-	8
Ванна для декапування	11-НИИМАНШ	1	3,425x1,49	5,1	-	9
Стелажі для деталей	2247	2	1,4x0,45	1,26	-	10
Стенд для притирання плунжерних пар	АИСЕ71В 4	2	0,412x0,87 2	0,72	0,34	11
Електродвигун – генератор постійного струму	АНД1500/75 0	1	1,557x0,55 6	0,867	9,0	12
Верстак для розбирання та збирання паливної апаратури	2320	2	0,715x0,31	0,443	-	13
Прес гідравлічний, швидкодіючий	ОКС-1522	1	0,9x0,6	0,54	1,7	14
Прес рейковий ручний	ОКС-918	1	0,37x0,2	0,074	-	15
Стіл для нанесення ізоляції	С3709-02	2	1,25x0,8	2	-	16
Стіл для монтажу деталей на підвісній пристрої	С3702-12	2	1,25x0,8	2	-	17
Стіл для контролю та мийки прецизійних пар	2232	2	1,0x0,75	1,5	-	18
Мийна машина для	0800	1	1,9x0,9	1,71	4,5	19

деталей паливної апаратури							
Ванна для мийки деталей керосином	2230	1	1,85x0,75	1,388	-		20
Стелаж для ПНВТ	ОРГ1468 004-035	2	2,0x0,5	2	-		21
Верстак слюсарний	ОПР2280	3	1,8x0,7	3,78	-		22
Настільно-свердлильний станок	НС-12А	2	0,76x0,46	0,7	0,5		23
Конвеєр пульсуючий для збирання паливних насосів	ОПР-2898	1	18,4x1,5	27,6	-		24
Стенд універсальний для випробування та регулювання ПНВТ	(СДТА-2) КИ-921М	1	1,2x0,6	0,72	-		25
Стенд для розбирання та збирання ПНВТ	СО-1606А	2	0,5x0,5	0,5	-		26
Токарно-гвинторізний станок для наплавлення під шаром флюсу	ІА62	2	3,17x1,58	10,02	7,0		27
Круглошліфувальний станок	3А423	2	3,93x1,795	14,11	7,7		28
Ящик для інструментів	-	1	0,4x0,6	0,24	-		29
Тумбочка інструментальна	В/в	2	0,4x0,8	0,64	-		30
Кран-балка	2189	1	-	-	5,5		31
Кран консольний	КПК-05	1	0,5x0,6	0,3	1,0		32
Разом				92,462	52,78		

Площу ділянки ремонту паливних насосів розраховуємо за сумарною площею під обладнанням

Розрахунок виробничої площі дільниці ремонту паливної апаратури визначаємо за формулою [ ]

$$F = f_0 \cdot k_3,$$

де  $f_0 = 93 \text{ м}^2$  – сумарна площа, що займає обладнання;

$k_3 = 4,0$  – коефіцієнт робочої зони для дільниці ремонту паливної апаратури.

Тоді

$$F = 93 \cdot 4 = 372 \text{ м}^2.$$

Приймаємо (з врахуванням сітки колон  $6 \times 6$ )  $12 \times 18 = 450 \text{ м}^2$ .

Обладнання на дільниці ремонту паливної апаратури розташовуємо у відповідності з переміщенням базисних деталей ПНВТ і зокрема корпусів насосів. Проектуємо технологічне планування дільниці капітального ремонту виходячи з розрахованої площі, враховуючи вимоги техніки безпеки та промсанітарії.

Підібране технологічне обладнання розташовуємо вздовж конвеєра у відповідності з напрямком його руху.

## **2.10 Техніко-економічне обґрунтування впроваджуваного технологічного процесу по відновленню деталі**

В даному випадку вартість технологічного процесу відновлення однієї плунжерної пари становитиме 28,36 грн за одиницю. Собівартість виготовлення нової деталі – 32,8 грн. Порівняні собівартості відновленої та нової деталі, отримаємо:

Можна зекономити в процесі відновлення деталі, складатиме 4 грн. 44 коп., в такому випадку даний метод відновлення – є економічно доцільним.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Обґрунтування вибору та призначення пристосування

Після остаточного відновлення плунжерів, необхідно перевірити щільність прилягання плунжера до стінок гільзи. Крім того не допускається заїдання плунжера у гільзі. Для забезпечення якісної і стабільної роботи відновлених прецизійних пар необхідно провести притирання плунжерів разом із гільзами до встановлення їх на паливний насос високого тиску.

Для притирання пропонується використання стенду власного виробництва для притирання плунжерних пар.

Стенд для притирання плунжерних пар складається зі станини на якій встановлено шість шестірень на роликових підшипниках. Усі шість шестерень виконано заодно із круглими пазами у які вставляються втулки плунжерів і фіксуються в них за допомогою гвинтів.

Дані шестірні приводяться в рух одна від одної. Привід на ведучу шестірню передається за допомогою конічно-циліндричного редуктора власного виробництва через муфту від електордвигуна. Електордвигун типу АИСЕ71В4 встановлено на станину і закріплено за допомогою болтів. На вихідний вал двигуна за допомогою шпонкового з'єднання встановлено муфту, в інший край якої встановлено вал привода ведучої конічної шестерні. Ведена конічна шестерня виготовлена заодно з валом на якому за допомогою шпонки встановлено ведучу циліндричну шестерню.

Ведений вал редуктора встановлюється у корпус за допомогою роликового підшипника.

Плунжери встановлюють у підвісні пристрої за допомогою фіксаторів, які шарнірно закріплені на повздовжній рейці. Для запобігання коливальних рухів закріплених плунжерів, на стенді встановлено штоки-фіксатори, які дозволяють плунжерам виконувати лише зворотно-поступальні рухи. Дані штоки рухаються у напрямляючі втулках, тим самим забезпечуючи прямолінійний зворотно-поступальний рух.



### 3.2 Порядок роботи стенда для притирання плунжерних пар

Електродвигун передає обертальні рухи на через муфту на ведучу конічну шестірню. Через пару конічних, та ведучу циліндричну шестірню приводяться в рух шість циліндричних шестерень які приводяться послідовно одна від одної. Втулки плунжерів, які встановлено на даних шестернях також починають обертатися.

Втулки плунжерів на 25% заповнюємо дизельним паливом для створення реальних умов роботи, та забезпечення змащування. Внаслідок дії відцентрових сил, дизельне паливо розтікається по стінкам гільзи. За допомогою важеля, вручну до втулок наближаємо плунжери які встановлені у підвісному пристрої. Робочою частиною плунжерів встановлюємо їх у втулки, які обертаються. Зі збільшенням обертів, поступово починаємо опускати плунжери за допомогою важеля вниз, до повного входження робочої частини плунжера у втулку, потім з такою ж швидкістю виводимо плунжери зі втулок. За допомогою даної операції ми створюємо наближені до реальних умов, умови роботи плунжерних пар.

Після цього на стенді для перевірки щільності плунжерних пар перевіряємо їх на створення тиску, та на наявність зазубрин на поверхнях.

### 3.3 Основні розрахунки проектуємої конструкції

Розрахунок стенда для притирання плунжерних пар.

Розрахунок конічної зубчастої передачі редуктора:

а) Визначаємо ККД привода:

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 = 0,97 \cdot 0,98 \cdot 0,99^2 = 0,93$$

де  $\eta_1$ - ККД конічної передачі;

$\eta_2$ - ККД циліндричної передачі;

$\eta_3$ - ККД пари підшипників кочення;

б) Потрібна потужність електродвигуна:

$$N_e = N_1 = (P_v) / 102 \eta = (130 \cdot 0,25) / 102 \cdot 0,93 = 0,34$$

Обираємо електродвигун АИСЕ71В4 (1500 об/хв).

Двигуни застосовуються в промислових приводах, в сільськогосподарській техніці, побутовій техніці, в засобах малої механізації, працюють при напрузі 220, 380 В, 50 і 60 Гц, режим роботи S3 по ГОСТ 183, ступінь захисту IP54 по ГОСТ17494, співвідношення моментів на валу (приблизно):  $M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}=0,4$ ,  $M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}=1,6$ ,  $M_{\text{мін}}/M_{\text{ном}}=0,38$ , кліматичних виконань У3 по ГОСТ 15150

Число обертів валу на виході  $n_e = n_1 = 1500$  об/хв..

Реальне число обертів (об/хв)=1320

Потужність(кВт)=0,37

Ємність(мкФ)=10

Напруга(В)=450

ККД=0,6

Момент вала(кг\*м<sup>2</sup>)=0,00098

Діаметр вала d=14 мм.

Вага(кг)=6,2

Редуктор

Кутові швидкості валів

$$n_1 = n_e = 1320 \text{ об/хв.};$$

$$n_2 = n_1 / i_1 = 1320 / 1 = 1320 \text{ об/хв.};$$

$$n_3 = n_2 / i_2 = 1320 / 2,4 = 550 \text{ об/хв.};$$

$$n_4 = n_5 = n_6 = n_7 = n_3 / i_3 = 550 / 1 = 550 \text{ об/хв.}$$

Номінальні моменти на кожному валу редуктора (без урахування втрат) при розрахованій (використовуваній) потужності  $N_1 = 0,37$  кВт.

Втратами потужності зважаючи на порівняно високий ККД передачі нехтуємо.

На валу 1:

$$M_1 = 97400(N_1 / n_1) = 97400(0,37 / 1320) = 27,3 \text{ кг}\cdot\text{см.}$$

На валу 2:

$$M_2 = M_1 i_1 = 27,3 \cdot 1 = 27,3 \text{ кГ} \cdot \text{см};$$

На валу 3:

$$M_3 = M_2 i_2 = 27,3 \cdot 2,4 = 65,5 \text{ кГ} \cdot \text{см}.$$

На валах 4,5,6,7:

$$M_4 = M_5 = M_6 = M_7 = M_3 i_3 = 65,5 \cdot 1 = 65,5 \text{ кГ} \cdot \text{см}.$$

Матеріал зубчатих коліс: приймаємо для попередніх розрахунків редуктора матеріал – сталь з твердістю не менше НВ 200. Для шестерені  $z_1$  - приймаємо – Сталь 15Х, ГОСТ 4543-71, для зубчастих коліс – Сталь 20ХН.

Визначення основних параметрів зубчастих передач редуктора ведемо з умов контактної міцності.

А) Конічна передача ( $i=1$ )

Конусна відстань:

$$L = \psi_L \sqrt{i^2 + 1} \sqrt[3]{\left[ \frac{1070}{(\psi_L - 0,5)i[\sigma_{H06}]} \right]^2 \frac{KM_\kappa}{0,85\theta}} = 3\sqrt{1+1} \sqrt[3]{\left[ \frac{1070}{(3-0,5)1 \cdot 5600} \right]^2 \frac{1,5 \cdot 27,3}{0,85}} = 2,78 \text{ см},$$

$L=28\text{мм}$

Числа зубців шестірні та зубчастого колеса: приймаємо

$$z_1=14, \text{ тоді } z_2 = z_1 i_1 = 14 \cdot 1 = 14;$$

Максимальний модуль

$$m_s = \frac{2L}{z_1 \sqrt{i_1^2 + 1}} = \frac{2 \cdot 28}{14 \sqrt{1+1}} = 2,82 \text{ мм};$$

По ГОСТ 9563-60 приймаємо  $m_s=3 \text{ мм}$ .

Уточнюємо  $L$  по прийнятому значенню модуля.

$$L = 0,5m_s z_1 \sqrt{i_1^2 + 1} = 0,5 \cdot 3 \cdot 1 \sqrt{1^2 + 1} = 2,12 \text{ см}, = 21 \text{ мм}$$

Розміри зубчатої пари:

$$D_1 = m_s z_1 = 3 \cdot 14 = 42, \quad D_2 = m_s z_2 = 3 \cdot 14 = 42$$

$$e = \frac{L}{3} = \frac{21}{3} = 7 \text{ мм}$$

Б) Перша циліндрична косозуба передача ( $i_2=2,4$ ). Міжцентрова відстань:

$$A_1 = (i_2 + 1) \sqrt[3]{\left[ \frac{925}{[\sigma]_{\text{ноб}} i_2} \right]^2} \frac{KM_K}{\psi_A}$$

Приймаємо  $\psi_A = B/A = 0,3$ ;

$$M_K = M_3 = 65,5 \text{ кГ} \cdot \text{см},$$

Після підстановки маємо:

$$A_1 = (2,4 + 1) \sqrt[3]{\left[ \frac{925}{5600 \cdot 2,4} \right]^2} \frac{1,5 \cdot 65,5}{0,3} = 39,5 \approx 40 \text{ мм}$$

Нормальний модуль зачеплення:

$$m_n = (0,01 \div 0,02) A_1 = (0,01 \div 0,02) \cdot 40 = 0,4 - 0,8$$

Приймаємо по ГОСТу 9563-60  $m_n = 1 \text{ мм}$ .

Орієнтовано приймаємо кут нахилу зубців  $\beta \approx 10^\circ$

Числа зубців:

$$z_c = \frac{2A_1 \cdot \cos \beta}{m_n} = \frac{2 \cdot 40 \cdot 0,9848}{1} \approx 79$$

$$z_3 = \frac{z_c}{1+i_2} = \frac{79}{1+2,4} \approx 23$$

$$z_4 = z_c - z_3 = 79 - 23 = 56$$

Уточнюємо кут  $\beta$ :

$$\cos \beta = \frac{z_c \cdot m_n}{2A_1} = \frac{79 \cdot 1}{2 \cdot 40} = 0,984$$

$$\beta = 10^\circ 15'$$

Розміри коліс:

$$d_{o3} = \frac{z_3 \cdot m_n}{\cos \beta} = \frac{1 \cdot 23}{0,9843} = 23 \text{ мм.}$$

$$d_{o4} = \frac{z_4 \cdot m_n}{\cos \beta} = \frac{1 \cdot 56}{0,9843} = 57 \text{ мм.}$$

$$B = \psi_A \cdot A_1 = 0,3 \cdot 40 = 12 \text{ мм.}$$

Всі інші циліндричні пари шестерень ( $i_3=1$ )

$$A_2 = (i_3 + 1) \sqrt[3]{\left[ \frac{1070}{[\sigma]_{\text{нов}} i_3} \right]^2} \frac{KM_\kappa}{\psi_A} = (1+1) \sqrt[3]{\left[ \frac{1070}{5600 \cdot 1} \right]^2 \cdot \frac{65,5 \cdot 1,5}{0,3}} = 5,68 = 56,8 \text{ мм}$$

Приймаємо  $A_2=57$  мм.

Модуль зачеплення

$$m_n = (0,01 \div 0,02) A_2 = (0,01 \div 0,02) \cdot 57 = 0,57 - 1,14$$

Числа зубців

$$z_c = \frac{2A_2 \cdot \cos \beta}{m_n} = \frac{2 \cdot 57 \cdot 0,9848}{1} \approx 112$$

$$z_5 = \frac{z_c}{1+i_2} = \frac{112}{1+1} \approx 56$$

$$z_6 = z_c - z_5 = 112 - 56 = 56$$

Розміри коліс:

$$d_{05} = \frac{z_5 \cdot m_n}{\cos \beta} = \frac{1 \cdot 56}{0,9843} = 57 \text{ мм.}$$

$$d_{06} = \frac{z_6 \cdot m_n}{\cos \beta} = \frac{1 \cdot 57}{0,9843} = 57 \text{ мм.}$$

$$B = \psi_A \cdot A_2 = 0,3 \cdot 57 = 17 \text{ мм.}$$

Розрахунок валів редуктора.

1-й вал.

Визначаємо мінімальне значення вихідного кінця вала із розрахунку на кручення, приймаючи  $[\tau] = 150 \text{ кГ/см}^2$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{M_1}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{27,3}{0,2 \cdot 150}} = 1,35 \text{ см} \approx 15 \text{ мм.}$$

Розміри ведучого валу встановимо після орієнтованого розрахунку 2 – го вала.

2-й вал

Діаметр вала у небезпечному перерізі під шестернею  $z_3$  – визначимо заздалегідь із розрахунку на кручення по пониженій напрузі  $[\tau] = 150 \text{ кГ/см}^2$ :

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{M_2}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{27,3}{0,2 \cdot 150}} = 1,4 \text{ см} \approx 15 \text{ мм.}$$

Приймаючи до уваги вказівки, при розрахунку першого валу, призначаємо:

$d_2 = 15 \text{ мм}$ . Діаметр першого вала  $d_1 = 15 \text{ мм}$ .

3-й вал.

Діаметр вала під шестернею  $z_4$  – при  $[\tau] = 200 \text{ кГ/см}^2$ :

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{M_3}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{65,5}{0,2 \cdot 150}} = 1,3 \text{ см} \approx 13 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $d_3 = d_4 = d_5 = d_6 = d_7 = d_8 = 15 \text{ мм}$ .

Зважаючи на відносно невеликі навантаження які виникають при роботі установки, розрахунком підбору підшипників можемо нехтувати. Підшипники вибираємо по таблицях виходячи з діаметрів валів.

На ведучий вал редуктора встановлюємо однорядний конічний роликовий підшипник ГОСТ 333-59 легкої серії №7202. Коефіцієнт працездатності  $C=14000$  год.

Допустиме статичне навантаження  $Q_{ст} = 750$  кг. Граничне число обертів  $n=6300$  об/хв.

Ведений вал редуктора, та робочі вал-шестірні встановлюємо у радіальні роликові підшипники з короткими циліндричними роликами ГОСТ 8328-57 №42202. Коефіцієнт працездатності  $C=9600$  год.

Допустиме статичне навантаження  $Q_{ст} = 440$  кг. Граничне число обертів  $n=16000$  об/хв. Для змащування шестеренних пар редуктора та самого стелю застосовуємо трансмісійне мастило ТАД-17і.

Аналіз робіт, які проводимо на пристосуваннях показав необхідність виконання наступних заходів для забезпечення безпечних умов праці робітників. З ціллю попередження уражень електричним струмом при конструюванні пристосувань передбачені наступні заходи: вимикачі забезпечені захисними кожухами; плавкі запобіжники встановлені в захисних шафах.

При встановленні пристосувань на ділянці проводиться заземлення електродвигунів контуром, де загальний контур розтікаючого струму не перевищує 4 Ом. Не ізольовані струмоведучі частини електроприводу загороджуються. Відстань між струмоведучими частинами і загороджуванням не менше 0,6 м.

Проводиться періодична перевірка контура заземлення і опору ізоляції відповідно ССБТ ГОСТ 12.2.007-1-75 і ГОСТ 12.1.030-81.

З ціллю забезпечення безпечного рівня проведення робіт і недопущення нещасних випадків при виконанні механічної обробки деталей на пристосуваннях проводяться наступні заходи:

- для захисту від стружки застосовують стружконаправляючі пристрої;
- при шліфувальних операціях здійснюються правила техніки безпеки

відповідно з ГОСТ 12.3.028-82 ССБТ: обертаючі частини обладнання для шліфування загороджують захисними прозорими екранами з органічного скла, при цьому максимально допустимі кути кругів відповідно з ГОСТ 12.3.028-82, робітники забезпечені спецодягом, спецвзуттям та спецокулярами за ГОСТ 12.3.011-89.



## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Гідроабразивне зношування деталей плунжерної пари

Припустимо, що вільне абразивне зерно, розміри якого менше радіального зазору, рухається разом з паливом і під час робочого ходу плунжера стикається з поверхнею тертя деталей під впливом перепаду тиску рідини.

Фіксоване абразивне зерно може здійснювати різання (шкрябання) при умові, якщо відношення глибини впровадження  $h_x$  до радіусу  $R$  нерівності (зерна), що упровадилося, досягне величини  $M = 0,5$  для умов граничного тертя. Якщо для сталевих загартованих припрацьованих поверхонь, що дотичні до абразиву в пальному, приймемо  $M = 0,5$ ,  $\sigma_T = 10 \cdot 10^8$  Па,  $C = 3$ ,  $\beta = 16$ ,  $\nu = 3$ ,  $r = 1,0$  мкм,  $R = 2$  мкм, той контактний тиск, при якому настає різання матеріалу абразивним зерном складе:

$$P_k = \left(\frac{Mr}{R}\right)^\nu C \sigma_T \beta,$$

Для того, щоб абразивне зерно розміром могло дряпати загартовану припрацьовану поверхню з висотою нерівностей 1 мкм, необхідно докласти контактне зусилля 750 МПа. Очевидно, що навіть при перепаді тиску рідини, рівному 19,62 МПа, неможливо створити контактний тиск, при якому вільний абразив міг би дряпати (різати) поверхню деталей плунжерної пари. Отже, гідроабразивне зношування деталей плунжерної пари виключається і, ймовірно, відбуватиметься тільки абразивне зношування в результаті заклинювання окремих абразивних зерен між поверхнями тертя, під час переміщення плунжера.

Якщо допустити, що зношування деталей пари відбувається пропорційно кількості палива, що протікає через зазор між втулкою і плунжером, або відповідно вихідній кількості зваженої в пальному абразиву, то найбільший знос буде на ділянці, де встановлюється найбільший радіальний зазор, тобто

найінтенсивніше повинна зношуватися подовжена поверхня тертя головок плунжера. Проте подовжені ділянки поверхні тертя головок плунжерів, розташовані під кутом  $90^\circ$  до отворів, зношуються менш інтенсивно, чим ділянки, прилеглі до відсічної кромки, отворів і паливного каналу. Цей факт знаходиться в суперечності з твердженням, що знос поверхонь тертя пропорційний минулій через сполучення кількості зваженого в паливі абразиву.

Точку зору про те, що найбільш інтенсивне зношування плунжера на ділянці відсічної кромки обумовлюється збільшеним протіканням палива унаслідок меншої довжини твірної і меншого гідравлічного опору, справедливо частково. Експериментально встановлено, що плунжерні пари з одним отвором і з однаковим зазором між втулкою і плунжером володіють підвищеною гідравлічною щільністю у порівнянні з парами з двома отворами, розташованими на діаметрально протилежних сторонах втулки.

Унаслідок перепаду тиску і відхилень від правильної циліндрової форми плунжер зміщується в отворі втулки у бік відсічної порожнини і радіальний зазор з боку відсічної порожнини стає меншим. Відомо, що елементарне витікання рідини, що протікає через площу зазору з шириною дуги  $da$ , пропорційна величині зазору в третьому ступені. Отже, підтікання палива на ділянці відсічної порожнини перш за все залежить від величини зазору між втулкою і плунжером а також від відстані відсічної порожнини до верхнього торця головки плунжера. Відстань від торця до відсічної порожнини плунжера здійснює вплив на витікання пального і на величину виникаючої під час роботи пари неврівноваженої радіальної сили. Витікання пального зростає обернено пропорційно до зменшення відстані від верхнього торця до відсічної порожнини плунжера.

Виходячи з аналізу причин, що викликають зсув і перекіс плунжера в зазорі і утворюючих порушення умов рідинного тертя, витікає, що інтенсивність зношування деталей плунжерних пар обумовлюється рядом чинників і перш за все особливостями конструктивних параметрів плунжера і втулки, величиною радіального зазору, в'язкістю пального, перепадом тиску, швидкістю відносного переміщення поверхонь тертя, засміченістю палива абразивом і ін.

Унаслідок перекоосу і зсуву плунжера в зазорі, зношування деталей пари відбувається нерівномірно по колу і по довжині, причому у міру збільшення зазору між втулкою і плунжером зростає інтенсивність їх зношування.

#### 4.2 Величина і характеристика зносу робочих поверхонь деталі

Перевірку відхилень від циліндричності використовувалися проводили на плунжерних парах, що були в експлуатації. Діаметри плунжерів перевірялися на точність на мікрокаторі (вимірювальній пружинній головці типу ИГП) з ціною ділення шкали 0,0002 мм і на горизонтальному оптиметрі, а профіль зношеної поверхні деталей графічно зображався на приладі з пневмомеханічним принципом дії.

З урахуванням конструктивних особливостей плунжерних пар і при допущенні, що плунжер має найменшу підставу до конуса з боку верхнього торця (Рис.4.1) і що зношування проводиться при радіальному зазорі між втулкою і плунжером, рівному 1 мкм, ексцентриситеті 1 мкм, в'язкості дизельного палива 0,0040 Н·с/м<sup>2</sup> і статичному перепаді тиску 19,62 МПа.

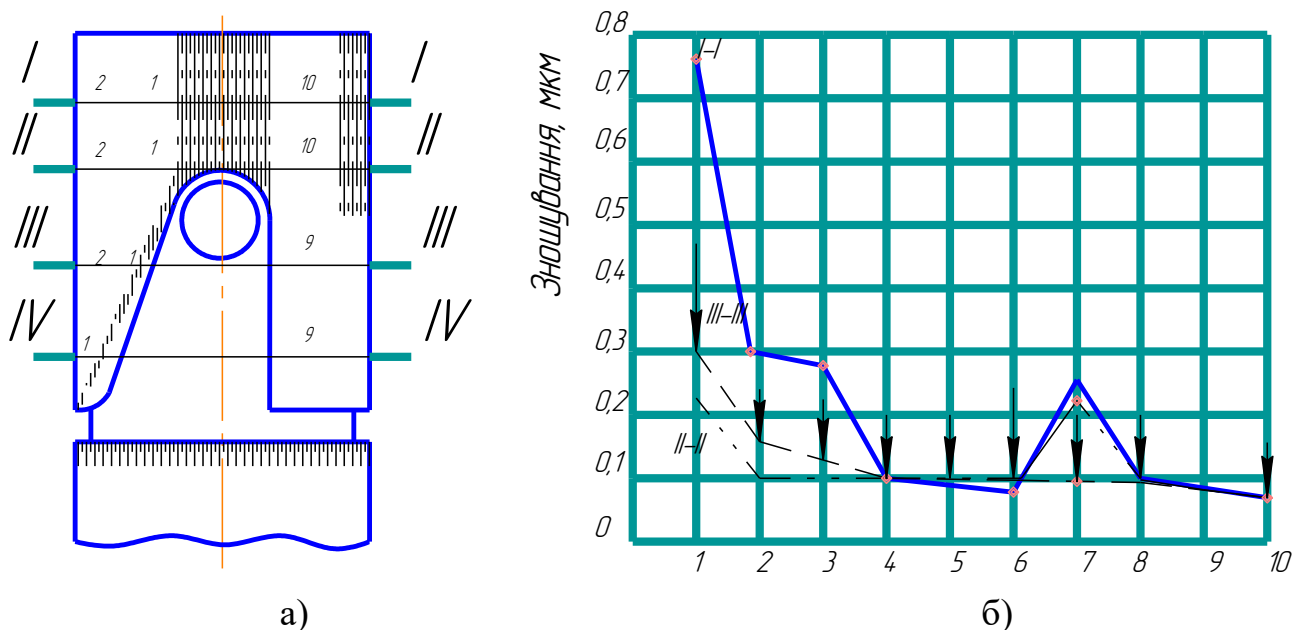


Рис 4.1. Головка плунжера з місцями найбільшого зношування

Вплив виникаючих нерівноважених радіально направлених сил від перепаду натиску і гідродинамічного тиску викликає нерівномірний знос

деталей плунжерної пари. На Рис. 4.1 показані ділянка головки плунжера, що найбільш зношуються.

У деяких плунжерів на ділянці поверхні (по довжині кола приблизно 4,5 мм і по висоті 10 мм) головки, що розташованій проти впускного отвору втулки і найбільш зношується, утворюються дрібні віспини, викликані корозійною, ерозійною і кавітаційною діями палива.

Ділянка поверхні головки плунжера, що зношується найінтенсивніше, обмежується довжиною дуги повороту і ходом плунжера. Такий характер зносу пояснюється шкрябанням абразивних частинок, що потрапляють між втулку та плунжер під час робочого ходу плунжера.

Нерівномірність зносу також обумовлюється одностороннім нерівномірним тиском на торець головки плунжера який викликає перекис плунжера в отворі втулки.

Ділянка 2 поверхні головки плунжера, прилеглій до відсічної кромки і розташованій проти перепускного отвору втулки, зношується нерівномірно. Гвинтова кромка має заокруглення довжиною приблизно 4—4,5 мм і покрита рисками; ділянка найбільшого зносу кромки розташована на відстані приблизно 5—5,5 мм від верхнього торця плунжера, який знаходиться на рівні верхньої кромки паливного отвору втулки (Рис.4.1 *a*). Дещо менше зношується ділянка головки, яка розташована від кромки паза 3 до верхнього торця плунжера. Заокруглюються кромки відсічної порожнини верхнього торця, підпірного за плечикаі верху паза. Зношені ділянки поверхні покриті дрібними рисками та слідами шкрябання абразивами.

Головка плунжера (Рис. 4.2), зношується найінтенсивніше на ділянці, прилеглій до верхнього торця, в перетині /—/ (точка *I*). На ділянці, прилеглій до відсічної кромки, в перетинах III—III і IV—IV (точки *I та I*) плунжер зношується з меншою швидкістю, ніж в перетині /—/ (точка /).

У гільз (Рис.4.4) найінтенсивніше зношується обмежена ділянка внутрішньої поверхні, прилегла до впускного отвору, а декілька менш інтенсивне — ділянка, прилегла до перепускного вікна. Ділянка А поверхні втулки, розташована над впускним отвором, займає по довжині 7—8 мм з діаметром приблизно 4,5—5 мм.

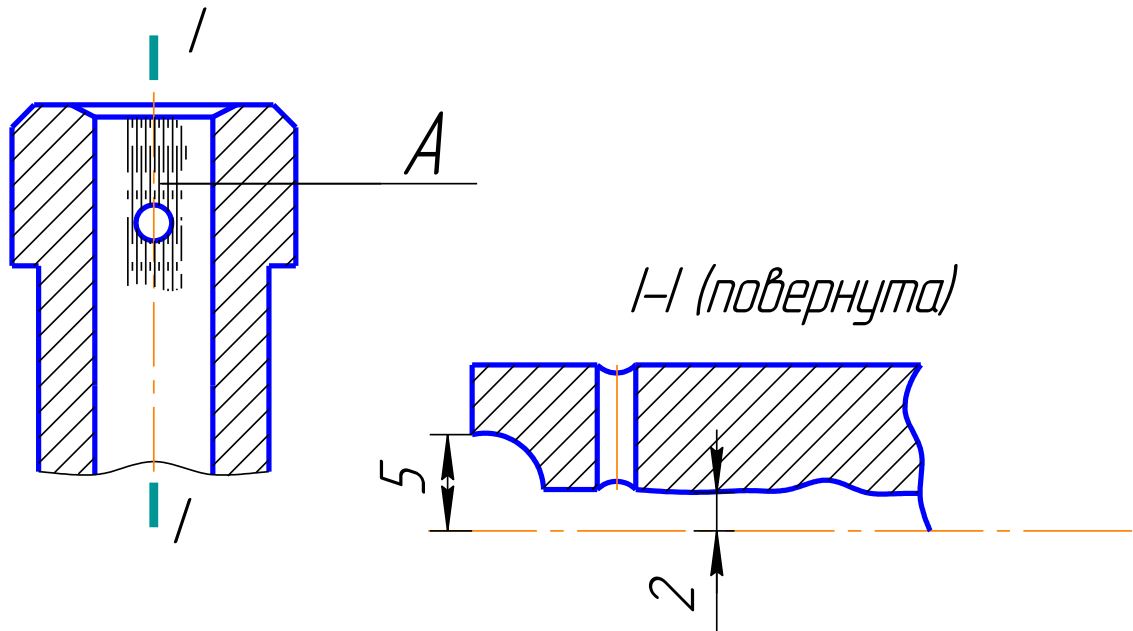


Рис 4.2. Втулка з ділянками найбільшого зношування

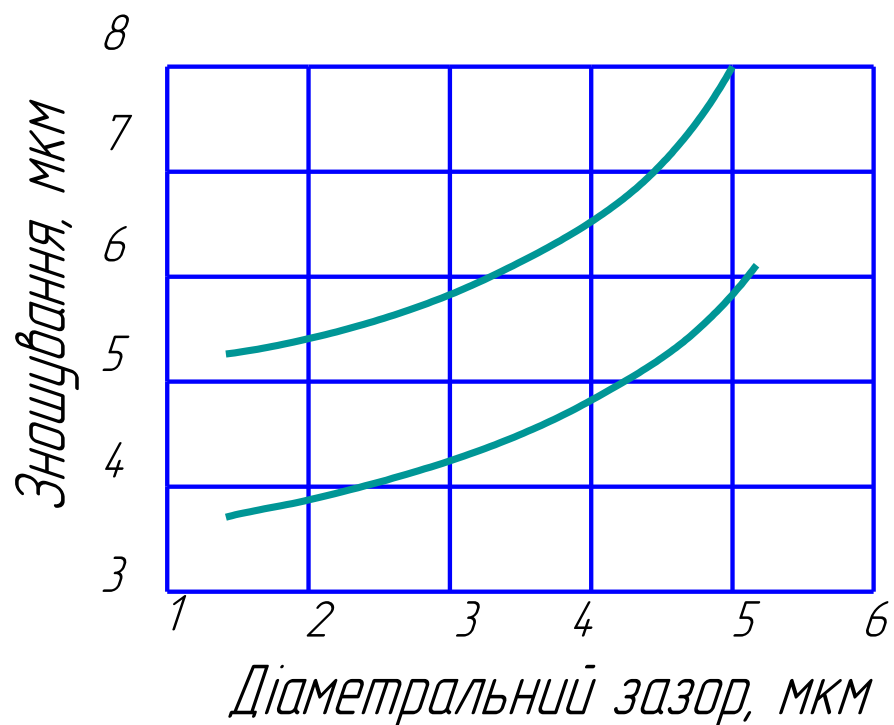


Рис 4.3. Залежність зносу плунжера від діаметрального зазору

Ділянка поверхні втулки, розташована знизу впускного отвору, зношується менш інтенсивно в порівнянні з ділянкою, розташованою над ним. Зношені ділянки поверхні гільз покриті дрібними повздовжніми рисками. Кромка впускного отвору пошкоджена поперечними рисками, слідами шкрябання абразивами.

Попаданню абразивного зерна між поверхні плунжера та втулки, розміри якого перевищують величину радіального зазору, сприяють деформації втулки в моменти стиснення палива і підвищення його температури. Отвір втулки підлягає деформації під час кожного активного ходу плунжера. За наявності впускного і перепускного отворів жорсткість втулки знижується, це сприяє попаданню між поверхнями пари крупніших абразивних зерен.

Найбільш поширеними показниками, які характеризують технічний стан деталей плунжерної пари, є гідравлічна щільність і продуктивність. При статичній перевірці гідравлічної щільності пар на стендах покази нерідко спотворюються, внаслідок нерівномірного затягування втулки, різниці шорсткості торцевих поверхонь та інших причин.

Враховуючи недоліки методу статичної перевірки гідравлічної щільності, рекомендується застосовувати метод динамічної перевірки як що найбільш наближається до робочих умов. Поміж тим, цей метод також має недоліки, які спотворюють показники роботи плунжерних пар.

В процесі роботи двигуна спотворюються вихідні характеристики паливної апаратури в результаті підігрівання палива до температури 60—70°C, збільшення зазору між втулкою і плунжером, зміни затискного зусилля і інших чинників.

При стендових безмоторних і безгальмівних випробуваннях з'ясовуються і усуваються причини, що порушують подачу палива. Для усунення неточностей в різних вузлах і з'єднаннях випробування проводяться із застосуванням зразкового насосу. Результати випробувань порівнюються з показами, отриманими при роботі насосу із зразковою плунжерною парою.

Зношені плунжерні пари завжди знижують циклову і годинну подачі палива в порівнянні із зразковою — новою. Причому нерівномірність подачі палива зношеними парами зростає особливо різко при роботі на пускових частотах обертання валу. При роботі на нормальних частотах обертання валу циклова і годинна подачі палива зношеними парами хоч і зменшуються в порівнянні із зразковою парою, але нерівномірність подачі знижується. Нерівномірність подачі палива обумовлюється відмінністю величин зазорів

плунжерних пар в комплекті. Із збільшенням активного ходу плунжера витік палива через зазор знижується.

Враховуючи вплив частоти обертання валу, величини активного ходу плунжера та інших чинників на величину подачі палива, необхідно робити перевірку пар на продуктивність при нормальній частоті обертання валу і нормальному активному ходові плунжера на протязі певного відрізка часу.

Для нормальної роботи двигуна дуже важливу роль грають моменти початку і кінця впорскування. При роботі зі зношеними плунжерними парами момент впорскування запізнюється. Запізнення моменту впорскування викликає втрату потужності двигуна, перевитрату палива, підвищення температури, затруднений запуск, димність вихлопу. Тривалість впорскування зношеною парою скорочується в порівнянні із зразковою внаслідок зношування гвинтової кромки плунжера.

При одночасному використанні зношених плунжерних пар і нагнітальних клапанів запізнення моменту впорскування зменшується за рахунок більш швидкої подачі палива клапанами, а тривалість збільшується через подовження кінця впорскування. Тривалість впорскування палива зношеними комплектами паливної апаратури в усіх випадках менше, ніж зразкового комплекту при роботі на всьому діапазоні частот обертання валу насоса.

Використовуємі комплекти паливної апаратури з нагнітальними клапанами, зношеними по розвантажувальних поясочках, показали підвищену годинну витрату палива, підвищену нерівномірність подачі палива, особливо, на малих ходах рейки, різке збільшення циклової подачі і поява димності на вихлопі. Тому при заміні плунжерних пар необхідно замінити і нагнітальні клапани.

Показником технічного стану плунжерних пар є також величина найбільшого тиску, заміряного максиметром, при роботі на пусковому режимі. Найбільший граничний тиск за цих умов повинен складати 19,62 МПа.

### **4.3 Підвищення ресурсу плунжерної пари технологічними методами**

Під час роботи насоса високого тиску в радіальні зазори, що змінюються по величині, між деталями плунжерних пар потрапляють абразивні частинки, які заклинюють і ріжуть поверхні тертя.

Для зменшення швидкості зношування робочих поверхонь деталей не можна допускати попадання у паливо абразивів, розміри яких рівні з величині радіальних зазорів, тобто абразивів зернистістю близько 1—6 мкм. Очевидно, що основним заходом для видалення з палива абразивів є його фільтрація. Дослідним шляхом встановлено, що при заправці двічі відфільтрованим дизельним паливом знос комплексу плунжерів за 500 год роботи склав у середньому 0,7 мкм.

Оскільки зношування деталей плунжерної пари відбувається в результаті молекулярно-механічного і головним чином абразивного зношування, то у цілях збільшення опору зношуванню, необхідно підвищувати твердість поверхневих шарів деталей. Підбір найбільш раціональних матеріалів деталей пари має важливе значення для підвищення їх довговічності. Деталі плунжерних пар із сталі Р18 за один і той же час зносилися приблизно в два рази менше, ніж деталі із сталі ХВГ і ШХ15.

Для підвищення ресурсу пари доцільно застосовувати розмірне хромування плунжерів або втулок. Хромовані плунжери можуть бути неодноразово відновлені. Звичайне хромування з подальшим доведенням є досить дорогим заходом, проте цей спосіб обробки знаходить практичне застосування при відновленні плунжерів.

В цілях підвищення довговічності застосовується також борування деталей плунжерних пар. Боровані деталі володіють високою корозійною стійкістю і великим опором абразивному зношуванню.

Результати досліджень зносостійкості плунжерних пар з різними видами матеріалів і покриттів, перевірених по методиці ЦНИТА, наведено у табл. 4.1 .



Таблиця 4.1. Характеристика зносу плунжерних пар, зміцнених різними способами

Матеріал плунжерної пари	Коефіцієнт X	Глибина місцевого зносу в мкм		Зниження гідроцильності у %	Коефіцієнт відносної зносостійкості	Тривалість випробування в год.
		плунжера	втулки			
Серійна, сталь ХВГ	1,00	4,8	2,2	83,3	1,0	24
Серійна, сталь ШХ15	1,18	5,2	2,8	62,5	1,2	24
Хромований плунжер, серійна втулка	1,63	3,2	3,2	64,6	2,1	24
Хімічно нікельований плунжер, серійна втулка	0,55	9,4	4,8	89,3	0,8	24
Дифузійно-легований термооброблений плунжер, серійна втулка	4,37	0,4	1,8	29,0	3,6	60
Дифузійно-легований плунжер без термообробки,	4,48	0,2	1,8	6,4	3,7	60
Хромована втулка, серійний плунжер	1,52	2,4	0,4	82,6	2,0	24
Хромовані плунжер і втулка	1,60	0,5	1,0	13,0	1,9	Заїдання, 10

Азотовані плунжер, втулка із сталі 25X5МА	2,40	2,4	2,4	85,2	2,4	60
Боровані плунжер і втулка	6,96	0,2	0,4	10,0	>6	90

Оцінка зносостійкості проводилася по коефіцієнту  $X$ , який характеризує відношення часу напрацювання досліджуваної пари до пари із сталі ХВГ до однакового зменшення продуктивності, глибини місцевого зносу плунжера і втулки, та зміни гідросцильності. З табл. 1 видно, що найбільш зносостійкими є боровані плунжери і втулки, пари з дифузійно-легованим, азотованим і хромованим плунжером.

Підвищення довговічності плунжерної пари залежить від вибору найбільш раціональної конструкції деталей. Найбільш раціональним з погляду гідродинамічної теорії і рівномірного зношування є плунжер з внутрішнім паливопідвідним каналом і з симетрично розташованими на поверхні головки двома вузькими відсічними порожнинами.

За наявності місцевого зношування і трохи зношених ділянок поверхонь можна відновлювати працездатність плунжерної пари шляхом заміни (повороту) зношених ділянок і кромek на незношені. Цей спосіб відновлення працездатності плунжерних пар не вимагає складного устаткування і високої кваліфікації персоналу і може виконуватися в ремонтних майстернях.

Теоретичний аналіз процесу відновлення плунжерних пар дав можливість зробити наступні висновки:

1. Підвищення довговічності плунжерної пари залежить від вибору найбільш раціональної конструкції деталей.
2. Найбільш раціональним з погляду гідродинамічної теорії і рівномірного зношування є плунжер з внутрішнім паливопідвідним каналом і з симетрично розташованими на поверхні головки двома вузькими відсічними порожнинами.
3. Найбільш зносостійкими є боровані плунжери і втулки, пари з дифузійно-легованим, азотованим і хромованим плунжером.

4. Для підвищення ресурсу пари доцільно застосовувати розмірне хромування плунжерів або втулок.

5. Хромовані плунжери можуть бути неодноразово відновлені.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Техніка безпеки при роботі з електролітами

Під час відновлення деталей способом хромування працівникам, які зайняті відновленням доводиться працювати у кислотному середовищі. Наведемо приблизний перелік речовин, які використовуються під час хромування: їдкий натрій ( $\text{NaOH}$ ), сода або потаж ( $\text{NaCO}_4$ ;  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), фосфорнокислий натрій ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), рідке скло ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), хромовий ангідрид ( $\text{CrO}_3$ ), сірчана кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) та інші сполуки, які утворюються у результаті електролізу та хромування.

Всі ці речовини спричиняють шкідливий вплив на організм людини. Іноді вплив хімічних сполук може привести до летальних випадків. Тому, необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту та спецодяг при роботі зі шкідливими речовинами.

При ураженні працівників під час роботи у кислотному середовищі виникають різні види впливів: вплив на шкіру та слизові оболонки кислот, лугів та електролітів. Шкідливими факторами при цьому є підвищена загазованість повітря робочої зони парами кислот, лугів, оксидів натрію, хрому та ін.

Оксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ):

Здійснює вплив на дихальні шляхи. Потрапляючи до організму людини створює карбоксигемоглобін, який не може переносити кисень, у результаті чого настає кисневе голодування. Хронічні отруєння викликаються дією малих концентрацій при частому та тривалому вдиханні оксиду вуглецю, які виявляються у вигляді головного болю, запаморочення, безсоння, в'ялості, миготіння, яке переходить у двоїння у очах, розладу пам'яті, сонливості, шуму у вухах. При більш великій концентрації оксиду вуглецю (до  $650 \text{ мг/м}^3$ ) може бути порушення центральної нервової системи; функціональні неврози, паралічі, крововилив у сітчатку, втрата свідомості.

Оксиди азоту (нітрити, нітрати):

Здійснюють вплив на верхні дихальні шляхи. Дія на організм виявляється через 6 годин у вигляді кашлю, задишки, ядухи.

Може виникнути набряк легень . У крові нітрити та нітрати перетворюють оксигемоглобін у метагемоглобін. Можливі хронічні отруєння, що супроводжується болем у грудях, кашлем, болем у області серця та головним болем.

Їдкі луги. Здійснюють вплив на шкірний покрив. Чинять припікаючий вплив на шкірний покрив. На місці попадання утворюється струп, під яким луг проникає углиб тканини. При тривалій роботі та нехтуваннями захисними заходами можуть спостерігатися дерматити, розм'якшення та відторгнення рогового шару, поява тріщин та сухості шкіри.

Свинець та його неорганічні сполуки. Місце враження – верхні дихальні шляхи та стравохід. На початковій стадії з'являються сонливість, стомленість, відсутність апетиту, головний біль. У хронічній формі колір обличчя стає блідо-сірим (свинцевим). Хронічна форма може виражатися розладом периферичної та центральної нервової системи, ураженням м'язів, свинцевим паралічем.

Тетраетил свинець та рідини. Що мають його у своєму складі (етильований бензин, та етилова рідина)

Впливає на верхні дихальні шляхи, шкірний покрив, стравохід. Має прихований період від 10 годин, до 10 днів. Ознаки отруєння – нудота, блювання, слабкість, запаморочення, галюцинації, втрата свідомості, рідкий пульс, зниження температури тіла, зниження кров'яного тиску, втрата ваги.

Ацетон: Вражає верхні дихальні шляхи та шкіряний покрив. Має токсичні властивості, викликає подразнення шкіри. При отруєнні ацетоном виникає головний біль, запаморочення, загальна слабкість, стан легкого сп'яніння. При тяжкій формі отруєння знижується серцева та дихальна діяльність.

Етиленгліколь (складова частина охолоджуючої рідини):

Вражає верхні дихальні шляхи, стравохід. Під час дії даних сполук проходить враження центральної нервової системи. Ковтання навіть невеликої кількості етиленгліколю може бути летальним.

Мастильні масла. Вражають шкіряний покрив, верхні дихальні шляхи. При тривалому систематичному попаданні на шкіру можуть виникнути її гострі

та хронічні захворювання у вигляді фолікулярної поразки шкіри, розростання, ороговіlostей. Вдихання масляної пари викликає отруєння.

Формальдегід: Вражає верхні дихальні шляхи, шкіряний покрив, слизову оболонку очей. Викликає сильне подразнення верхніх дихальних шляхів, різке запалення слизових оболонок очей.

Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок, що при роботі у лужному та кислотному середовищі основними місцями ураження на тілі людини – є верхні дихальні шляхи, слизові оболонки, шкіряний покрив, та стравохід.

Засоби захисту при роботі у кислотному середовищі включають у себе респіратори різних типів, або ватно-марлеві пов'язки, шкіряні покриви повинні бути повністю закриті спецодягом, не допускається попадання речовини на слизові оболонки очей та до рота. Очі захищаються захисними окулярами. Відділення ремонту повинно бути відокремлене від кімнати де зберігаються речовини, щільно зачиненими дверима. Вентиляція дільниці повинна забезпечувати повне очищення повітря. Для цього її обладнують спеціальними фільтрами. Не допускається перебування у цеху сторонніх осіб, або працівників не одягнених у спецодяг. Забороняється користування відкритим вогнем у приміщенні. Палити дозволяється лише за межами території у спеціально обладнаних місцях. Температура навколишнього середовища повинна бути сталою. Перепади температури не більше 7...8°. Освітлення сховища та робочого місця кислотника повинно забезпечувати безпечні умови праці. Не допускається початок роботи при несправній електромережі, чи відсутності освітлення.

## **5.2 Медичні засоби захисту**

Медичні засоби захисту призначені для профілактики і надання допомоги, запобігання ураженню або значного зниження його ступеня, підвищення стійкості організму до уражаючого впливу радіоактивних, отруйних речовин, СДЯР і бактеріальних засобів.

До медичних засобів захисту належать радіозахисні препарати, засоби захисту від впливу отруйних речовин (антидоти), протибактеріальні засоби — сульфаніламід, антибіотики, вакцини, сироватки та ін.

Для надання першої медичної допомоги існують санітарні сумки і медичні аптечки санітарного поста, індивідуальні перев'язочні пакети та індивідуальні протихімічні пакети.

Аптечка індивідуальна АІ-2 укомплектована засобами, призначеними для надання самопомоги і взаємодопомоги при пораненнях, опіках, для зниження впливу отруйних речовин, бактеріальних засобів та іонізуючого випромінювання. У комплекті аптечки є інструкція. На внутрішньому боці кришки нанесена схема розміщення препаратів у аптечці.

У гнізді 1 знаходиться шприц-тюбик зі знеболювальною речовиною. Застосовується при великих ранах, опіках і переломах. Лівою рукою взяти за ребристий обідок, правою за корпус тюбика і повернути його за ходом годинникової стрілки до упору. Потім зняти ковпачок, який захищає голку, і тримаючи шприц-тюбик голкою угору, витиснути з нього повітря до появи краплі рідини на кінчику голки. Після цього, не торкаючись голки руками, ввести її у верхню зовнішню частину сідниці й витиснути вміст шприц-тюбика. Витягуючи голку, не послаблювати пальців. В екстрених випадках укол можна зробити і через одяг.

У гнізді 2 розміщений пенал червоного кольору. В ньому є 6 таблеток тарену для запобігання (ослаблення) ураженню фосфорорганічними речовинами. Приймати потрібно по одній таблетці при сигналі "Хімічна тривога". При наростанні ознак отруєння необхідно прийняти ще одну таблетку. Після прийому першої таблетки слід одягнути протигаз. Другу можна приймати не раніше, ніж через 5 - 6 год.

У гнізді 3 у великому білому пеналі знаходяться 15 таблеток сульфадиметоксину — протибактеріального засобу. Застосовують його з появою шлунково-кишкових розладів, які часто виникають після опромінення. У першу добу прийняти 7 таблеток за один раз, а в наступні дві доби — по 4 таблетки.

У гнізді 4 у двох восьмигранних пеналах рожевого кольору розміщені по 6 таблеток цистаміну — радіозахисного засобу № 1. Приймають 6 таблеток за один прийом при загрозі опромінення. При новій загрозі опромінення, але не раніше, ніж через 4-5 год після першого прийому, рекомендується прийняти ще 6 таблеток.

У гнізді 5 є два білих однакових чотиригранних пенали з проти-бактеріальним препаратом № 1 (тетрациклін, гідрохлорид). Приймати слід 5 таблеток за один прийом при безпосередній загрозі або бактеріальному зараженні, а також при пораненнях і опіках. Через 6 год після першого прийому слід прийняти ще 5 таблеток.

У гнізді 6 знаходиться пенал з 10 таблетками радіозахисного засобу № 2 — йодистим калієм. Приймати його потрібно по одній таблетці щоденно протягом 10 днів після випадання радіоактивних речовин і особливо при вживанні свіжого молока. Препарат ефективний, якщо він введений в організм за 30—60 хв до опромінення або вживання забрудненої радіоактивними речовинами їжі й води. Захисні властивості зберігаються протягом 5—6 год з моменту прийому.

У гнізді 7 є пенал голубого кольору з протиблювотним препаратом — етаперазином (5 таблеток). Приймати необхідно по одній таблетці зразу після опромінення або з появою нудоти після удару в голову.

Дітям до 8 років препарати індивідуальної аптечки слід давати по 0,25 таблетки, крім радіозахисного препарату № 2; дітям від 8 до 15 років — по 0,5 таблетки, а знеболювальний і радіозахисний препарат № 2 — у повному обсязі.

Індивідуальний протихімічний пакет — ШП-8, ШП-51 призначений для знезаражування крапельно-рідинних отруйних речовин, які потрапили на відкриті ділянки тіла й одяг. До комплекту входять флакон з дегазуючим розчином і ватно-марлеві тампони. Відкриті ділянки тіла і одяг протирають тампоном, змоченим рідиною з флакона. При обробці тіла відчувається печіння, але воно проходить. Не допускати потрапляння рідини в очі.

Якщо немає індивідуального протихімічного пакета, можна застосувати марлю з ватою, змоченою дегазуючою рідиною такого складу: 3 %-й розчин перекису водню і 3 %-й розчин їдкого натру в однаковому об'ємі або 3 %-й



розчин перекису водню і 150 г конторського силікатного клею (із розрахунку на 1 л). Можна застосовувати як дегазуючу речовину нашатирний спирт.

Індивідуальним медичним засобом є й індивідуальний перев'язочний пакет.

Організація забезпечення населення індивідуальними засобами захисту є важливим завданням органів цивільного захисту. Безпосередньо відповідають за це керівники об'єктів і населених пунктів. Облік наявних індивідуальних засобів ведуть органи управління цивільного захисту.

Заявки на необхідну кількість табельних ЗІЗ об'єкт подає до відділу з питань НС та цивільного захисту населення району. Розподіл ЗІЗ централізований за підлеглистю зверху вниз за номенклатурою, з відповідною оплатою вартості виділених засобів. Порядок забезпечення ЗІЗ визначає відділ ЦО району й об'єкта.

Індивідуальними засобами захисту органів дихання і шкіри промислового виготовлення в першу чергу забезпечується особовий склад формувань згідно з табелем (нормативом) оснащення. На об'єктах після оснащення формувань необхідно забезпечити працюючих зміни на особливо важливих ділянках роботи. Решту населення забезпечують ЗІЗ за можливості їх придбання. Значно більшими є можливості забезпечити населення респіраторами.

Незалежно від забезпеченості протигазами і респіраторами все населення, у тому числі й особовий склад формувань, повинне знати, як самостійно завчасно виготовити тканеві маски і ватно-марлеві пов'язки, а також як пристосувати одяг для захисту в разі потреби.

Табельні засоби індивідуального захисту треба зберігати (згідно з вимогами інструкції до умов зберігання) на складах об'єктів. Місця зберігання засобів мають бути на такому віддаленні, щоб можна було їх швидко видати.

Засоби захисту мають бути розкладені за призначенням: для особового складу формувань, робітників виробництва, населення тощо. Видають ЗІЗ згідно з планом цивільного захисту об'єкта, села за розпорядженням органів управлінь при загрозі або виникненні надзвичайної ситуації.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз проблеми, що розглядається в магістерській роботі, за даними літератури її розв'язання, дає можливість зробити наступні висновки.

1. Проведено аналіз умов роботи деталі та вузла в цілому, розглянуто види та причини виникнення дефектів і механізми зношування, вибрано відновлення плунжера хромуванням та притирання плунжерної пари комбінованим методом – притирання плунжера та втулки за один раз..

2. Зроблено теоретичний аналіз процесу зношування плунжера.

3. Розглянуто проблему абразивного зношування плунжера, заходи та методи по відновленню та зміцненню. Проведено порівняльний аналіз відновлення плунжера методом хромування з іншими методами відновлення.

4. Проведені експериментальні дослідження мікроструктури, теплостійкості, окалиностійкості та шорсткості робочих поверхонь зразків та клапанів.

5. Розроблено маршрути технологічного процесу, підібрано обладнання, виконано розрахунки режимів та тривалості виконання технологічних операцій.

6. Розроблено пристосування для притирання плунжерних пар.

7. Розроблена дільниця по ремонту паливної апаратури, проведені розрахунки фондів часу, кількості працівників, обладнання також розрахована річна потреба пари, палива.

8. Розраховано економічну ефективність запропонованого технологічного процесу відновлення плунжерів методом хромування.

**БІБЛІОГРАФІЯ**

1. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
2. Белоконь Я.Е., «Системы питания дизелей тракторов и грузовых автомобилей». – Чернигов: Ранок, 2002 – 176 с.
3. Петренко В.А. «Експлуатація та обслуговування машин». Навчальний посібник – КНТУ, Кіровоград, 2005 – 172 стор.
4. С.Г.Гранкін., В.С. Малахов., М.І.Черновол., В.Ю.Черкун. «Надійність сільськогосподарської техніки». за ред. В.Ю.Черкуна. – Київ.: «Урожай», 1998.
5. Белоконь Яков Ефимович. «Системы питания дизелей тракторов и грузовых автомобилей». - Чернигов: Ранок, 2002-176 с.
6. Ю. Паливода. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Ю. Паливода, А. Дячун, Р. Лещук. – Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пулюя, 2019. – 240с.