



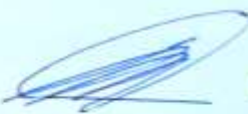
Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: «Відновлення плунжерних пар паливних насосів
високого тиску»

Шифр КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ

Галузь знань:	<u>27 Транспорт</u>
Напрямок підготовки (спеціальність):	<u>274 «Автомобільний транспорт»</u>
Рівень вищої освіти:	<u>Перший бакалаврський</u>
Освітньо-професійна програма	<u>Автомобільний транспорт</u>

Виконав: студент 4-го курсу, група АТ-21-1  Родіон Сівак
Керівник к.т.н., доц. каф ТАМ.  Володимир ГОНЧАР
До захисту допускаю:
зав. кафедри ТАМ д.т.н., проф.  Олександр ДИХА
16 06 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства
Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт».
Спеціалізація «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ



Диха О.В.

20 березня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Родіону Сіваку

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: *Відновлення плунжерних пар паливних насосів високого тиску*

керівник роботи: Гончар Володимир Антонович, к.т.н., доц. каф. ТАМ.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від з. 02 2025 р. № 14

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 10.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *Матеріали переддипломної практики.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) *провести літературний огляд із проблеми;*

2) *виконати детальний теоретичний аналіз процесу зношування робочої поверхні плунжера з урахуванням його умов експлуатації;*

3) *Провести порівняльний аналіз ефективності методу хромування у відновленні плунжера з альтернативними технологіями ремонту;*

4) розробити конструкцію спеціального пристрою для притирання плунжерних пар.

5. Перелік графічного матеріалу (презентація):

Розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 04 березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Прізвище
1	Провести літературний огляд із проблеми	3.05.20245	ви
2	Розробити обладнання для стапелю	15.05.2025	ви
3	Виконати розрахунки навантаження стапеля	20.05.2025	ви
4	Оформлення роботи	1.06.2025	ви
5	Захист роботи	18.06.2024	

Студент



P.M. Сівак

Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник роботи



V.A. Гончар

Підпис

Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Студент гр. АТ-21-1 Сівак Родіон Миколайович

Структура та обсяг пояснювальної записки. Дипломна робота на тему **«Відновлення плунжерних пар паливних насосів високого тиску»** складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 15 найменування, розміщених на 3 сторінках, та одного додатку розміщеного на 10 сторінках. Роботу викладено **на 80 сторінках**, з них 70 сторінок основного тексту, на яких розміщено 7 рисунків і 9 таблиць.

Подовження строків ефективної служби машин, агрегатів і механізмів, а також істотне підвищення якості їх експлуатації є однією з найбільш актуальних і важливих проблем, які постають перед автомобільним господарством та машинно-тракторним парком в Україні. У зв'язку з цим, надзвичайно важливим і водночас доцільним у сучасних умовах є те, щоб великі державні підприємства, а також середні і навіть малі компанії мали у своєму складі власні ремонтно-виробничі майстерні. Такі цехи мали б займатися кваліфікованим ремонтом, плановим технічним обслуговуванням, а також частковим або повним відновленням працездатності агрегатів, вузлів і окремих важливих деталей машин і механізмів.

Метою даної роботи є визначення найбільш раціонального способу відновлення плунжерів.





Завдання роботи:

- провести літературний огляд із проблеми;
- виконати детальний теоретичний аналіз процесу зношування робочої поверхні плунжера з урахуванням його умов експлуатації;
- Провести порівняльний аналіз ефективності методу хромування у відновленні плунжера з альтернативними технологіями ремонту;
- розробити конструкцію спеціального пристосування для високоточого притирання плунжерних пар.

Перелік ключових слів: *плунжер, знос, сталь, втулка.*

Зміст

ВСТУП	6
1 ОПИС УМОВ РОБОТИ ПНВТ	7
1.1 1.1 Аналіз причин виходу з ладу деталі. Характер та величина зносу	7
1.2 Характеристика особливостей плунжерних пар ПНВТ	9
1.3. Види паливних насосів високого тиску	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	25
2.1. Технічні умови на відновлення деталі	25
2.2. Вибір раціонального способу відновлення деталі	27
2.3. Аналіз технологічного процесу відновлення	
2.4 Розробка послідовності запропонованого технологічного процесу відновлення плунжерних пар	31
2.5 Вибір баз при виконанні операцій	33
2.6 Вибір ріжучого інструменту та технологічного обладнання	33
2.7 Вибір режимів виконання технологічних операцій відновлення плунжерних пар	35
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	40
3.1 Вибір та призначення пристосування	40
3.2 Порядок роботи станда для притирання плунжерних пар	41
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	43
4.1 Гідроабразивне зношування деталей плунжерної пари го насосу	43
4.2 Характер зносу робочих поверхонь	45
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	57
Додатки	59

КРБАТТАМ 25. 24439.000. ПЗ									
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Відновлення плунжерних пар паливних насосів високого тиску	Літ.	Арк.	Аковшів	
		Сівак						5	70
		Гончар							
		Бабак							
		Диха							
						ХНУ група АТ 21-1			

ВСТУП

Подовження строків ефективної служби машин, агрегатів і механізмів, а також істотне підвищення якості їх експлуатації є однією з найбільш актуальних і важливих проблем, які постають перед автомобільним господарством та машинно-тракторним парком в Україні.

У зв'язку з цим, надзвичайно важливим і водночас доцільним у сучасних умовах є те, щоб великі державні підприємства, а також середні і навіть малі компанії мали у своєму складі власні ремонтно-виробничі майстерні. Такі цехи мали б займатися кваліфікованим ремонтом, плановим технічним обслуговуванням, а також частковим або повним відновленням працездатності агрегатів, вузлів і окремих важливих деталей машин і механізмів.

Слід зазначити, що українські машинобудівні заводи за останні роки не лише значно збільшили випуск нових автомобілів, тракторів, дорожніх, будівельних та сільськогосподарських машин, а й суттєво покращили їхні техніко-економічні характеристики та експлуатаційні показники. Однак, при цьому на балансі державних, комунальних, приватних, фермерських і колективних підприємств залишається велика кількість машин та технічних механізмів, вік яких сягає 20–30 років, а іноді й більше. Вони все ще експлуатуються та потребують регулярного технічного обслуговування, капітальних і поточних ремонтів.

Ситуацію ускладнює те, що деякі з таких машин вже давно зняті з виробництва, і знайти до них відповідні запасні частини стає все складніше або майже неможливо. Якщо деякі деталі все ж можливо знайти, то вони зазвичай є в обмеженій кількості або надмірно дорогі. Це наочно свідчить про те, що виконання якісного ремонту та відновлення зношених чи пошкоджених деталей доцільно було б здійснювати безпосередньо на підприємстві власними силами, використовуючи для цього сучасні методи відновлення, обладнання та технології.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОПИС УМОВ РОБОТИ ПНВТ

1.1 Аналіз причин виходу з ладу деталі. Характер та величина зносу

При збиранні секції паливного насосу, внаслідок значних монтажних зусиль затяжки штуцера високого тиску, відбувається деформація робочої внутрішньої поверхні втулки плунжера. Наприклад, при затяжці натискного штуцера з рекомендованим моментом 120 Н·м, спостерігається зменшення зазору в перерізі вікон до 1,5 мкм, а на ділянці, що розташована на 10...15 мм нижче вікон, цей зазор, навпаки, збільшується до 3 мкм. Такий складний характер деформації пояснюється конструктивними особливостями втулки, зокрема наявністю впускного та відсічного вікон, які справляють найбільший вплив на зміну форми прецизійної поверхні.

На поверхні втулки, особливо поблизу впускного та відсічного вікон, у результаті пружної деформації з'являються вузькі, гострі, виступаючі кромки. У момент нагнітання палива, коли впускне вікно ще не повністю перекрито, паливо під високим тиском і з великою швидкістю починає надходити, що спричиняє гідроабразивний знос країв вікон.

У міру зношування кромки збільшується інтенсивність витікання палива в компресорну частину насосу. Збільшення моменту затяжки штуцера високого тиску до 140...150 Н·м прискорює зношування плунжерних пар рядних паливних насосів приблизно на 20 % порівняно з тими деталями, що були змонтовані при зусиллі в межах 100...120 Н·м.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У плунжерних парах із малим початковим зазором 0,5...1 мкм вже при монтажі із моментом затягування 60 Н·м спостерігається явище зависання плунжера поблизу вікон втулки. Однак, у процесі нагнітання палива заклинювання, як правило, не відбувається. Водночас у багатьох плунжерних парах із зазором 1...1,5 мкм після затягування штуцерів із зусиллям 12...15 Н·м виникає затискання плунжера в компресійній частині втулки. Це зумовлено неспіввісністю геометричних осей втулки і плунжера, що виникає внаслідок згину втулки під впливом монтажного навантаження. [1-3]

Під час робочого ходу плунжера, при перекритті випускного отвору гільзи, запускається процес безпосереднього вприскування палива в циліндр двигуна. У плунжерних парах, що мають пошкодження, момент початку впорскування запізнюється. Це пов'язано з тим, що після перекриття випускного отвору паливо частково перетікає назад у внутрішні канали через зношені ділянки поверхні.

У процесі подальшого підйому плунжера геометричні розміри зношеної ділянки зменшуються, внаслідок чого зменшується зазор і, відповідно, зменшується інтенсивність протікання палива. Після цього, із певним запізненням, відбувається нормальне надходження палива у циліндр. Чим більша глибина місцевого зносу, тим сильніше зворотне перетікання палива, і відповідно більшим є запізнення моменту початку впорскування.

У випадку максимального зношення плунжера та втулки, кут випередження впорскування палива може запізнюватися до 5° по відношенню до кулачкового валу паливного насоса.

Крім зазначеного, знос плунжерної пари істотно знижує її продуктивність, перш за все через підтікання палива, особливо в процесі запуску двигуна. Зниження обертів посилює підтікання, оскільки при повільному русі плунжера збільшується час на перетікання палива.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плунжерна пара в паливному насосі високого тиску зношується нерівномірно. Це означає, що інтенсивність витоків палива в різних місцях також буде різною, що призводить до нестабільної та нерівномірної подачі палива. При значному зношенні деталей плунжерної пари така нерівномірність подачі може збільшитися втричі на номінальних обертах двигуна і в п'ять разів – під час запуску.

Зношення плунжерної пари супроводжується значним зниженням тиску подачі палива. Для нових плунжерних пар при запуску двигуна тиск повинен бути не менше 50...60 МПа. У випадку зношення він знижується у 4...5 разів. Якщо плунжерна пара не забезпечує тиск вище 30 МПа, її вважають непридатною для подальшого використання і підлягає заміні.

На запізнення моменту впорскування також суттєво впливають зноси штовхача кулачкового валу, нагнітального клапана та інших взаємодіючих деталей паливної системи. [3]

1.2 Характеристика особливостей плунжерних пар ПНВТ

Плунжерна пара паливного насосу високого тиску, яка складається із плунжера та гільзи, є основним робочим органом системи подачі палива дизельного двигуна. Саме ця пара забезпечує створення надвисокого тиску палива, необхідного для ефективного впорскування у циліндри. Плунжерні пари є прецизійними елементами, що комплектуються виключно із однієї розмірної групи шляхом селективного, тобто вибіркового (без притирання) підбирання. Такий метод дозволяє досягнути необхідної щільності прилягання і з'єднання деталей, що є критично важливим для стабільної подачі палива під великим тиском. Зазор по спряженим площинам плунжерної пари не повинен перевищувати 0,001...0,003 мм, що гарантує її ефективну роботу без підтікання.

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливо зазначити, що деталі плунжерної пари не є взаємозамінними і не повинні розукомплектовуватись у процесі обслуговування або ремонту. Порушення цієї вимоги може призвести до втрати герметичності, підвищеного зносу або зниження ефективності роботи паливної системи.

Гільзу плунжера виготовляють з високою точністю із високоякісної легованої сталі, яка зазнає термічної обробки для надання високої твердості та зносостійкості. Верхня частина гільзи, яка працює під підвищеним внутрішнім тиском палива, спеціально стовщена для підвищення її міцності. Це стовщення утворює зовнішній посадковий буртик, який слугує опорною поверхнею у гнізді корпусу паливного насоса. У верхній частині гільзи передбачено два діаметрально протилежні вікна — всмоктувальне і перепускне. Через всмоктувальне вікно у підплунжерний простір надходить паливо, тоді як через перепускне вікно здійснюється відсікання подачі та перепуск надлишку палива назад.

Плунжер також виготовляється з високою точністю з тієї ж самої легованої сталі, що й гільза, та піддається аналогічній термічній обробці для досягнення необхідної твердості та довговічності. Кожен плунжер містить два отвори і два спіральні розташованих пази, що розміщені симетрично. Один із пазів є обробленим і служить для регулювання об'єму палива, що впорскується в камеру згоряння двигуна. Інший, не оброблений паз, вирівнює питомий тиск палива, який діє на бічну поверхню плунжера під час роботи насоса. Це дозволяє зменшити раптові навантаження та підвищити стабільність роботи.

Хімічний склад та механічні властивості сталі, з якої виготовлено деталі плунжерної пари, наведені в таблицях 1.1 та 1.2. Для виготовлення цих відповідальних елементів застосовується високолегована корозійностійка сталь марки 25X5MA. У цій марці сталі перші дві цифри вказують на середній вміст вуглецю в сотих частках процента. Літери, що йдуть після цифр,

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вказують на наявність у складі сталі легуючих елементів, які суттєво покращують її механічні, фізичні та технологічні властивості.

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	σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %
25X5MA	735	932	12

Цифри після букв показують приблизний вміст відповідного легуючого елемента у відсотках. Якщо вміст елемента менше 1,5 %, то цифра зазвичай не зазначається. Літера «А» наприкінці позначення марки свідчить про те, що сталь є високоякісною за рівнем очищення від шкідливих домішок.

Завдяки такому складу та методам термообробки, деталі плунжерної пари мають високу твердість, зносостійкість і тривалий ресурс експлуатації в умовах високих тисків, температур та вібрацій, що притаманні паливним системам сучасних дизельних двигунів.

Поверхня плунжера піддається процесу азотування, що дозволяє суттєво підвищити твердість і зносостійкість робочої поверхні. Глибина сформованого азотованого шару становить у межах 0,1...0,5 мм, залежно від технічних вимог. Твердість поверхневого шару за шкалою Віккерса (Hv) становить 820...1000 одиниць, що забезпечує високу стійкість до зношування. Твердість серцевини при цьому перебуває в межах HRC 24...30, що дозволяє зберегти необхідну пружність та міцність деталі. При цьому крихкість шару не повинна перевищувати Hv 2, що гарантує належну експлуатаційну надійність.

Овальність робочих поверхонь, яка є показником геометричної точності, не повинна перевищувати значення 0,0002 мм, що свідчить про виняткову точність виготовлення деталей.

Втулка та плунжер утворюють прецизійну плунжерну пару, в якій суворо забороняється заміна будь-якої з деталей на іншу, навіть з тієї ж розмірної групи, після проведення комплектації. Це пояснюється тим, що точність взаємної приробки забезпечується лише в межах однієї конкретної пари.

Після ретельного промивання плунжерної пари та змазування її фільтрованим дизельним паливом, плунжер, висунутий із втулки на 20...25 мм, у вертикальному положенні повинен плавно, без ривків або затримок, опуститися до упору під дією власної ваги. Цю перевірку потрібно проводити в різних положеннях за кутом повороту плунжера у втулці, щоб виключити наявність локальних опорів.

Під час переміщення плунжера у втулці не повинні проявлятися жодні місцеві опори, тертя чи охоплення — незалежно від кута обертання або довжини ходу плунжера.

Плунжерно-втулкову пару необхідно піддати гідравлічному випробуванню при температурі 18...22 °С. Для цього застосовується профільтрована суміш дизельного пального згідно з ГОСТ 4749-49 з додаванням одного з рекомендованих мастил: веретенного згідно ГОСТ 1707-51, авіаційного — за ГОСТ 1013-49 або тракторного керосину згідно з ГОСТ 1842-52. В'язкість суміші при температурі 20 °С повинна становити 1,8...1,9 умовних одиниць. Перед випробуванням плунжерну пару ретельно промивають фільтрованим дизпаливом, не допускаючи залишків вазеліну, масла або будь-яких інших змазувальних речовин на поверхнях.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гідравлічне випробування проводиться при герметично закритому торцевому отворі втулки з боку торця. Навантаження прикладається до плунжера силою, що відповідає тиску в межах 195...205 кг/см². Положення осі виступів деталі відносно отворів у втулці має строго відповідати кресленню.

Під дією зазначеної сили повне підняття плунжера до моменту початку відсікання палива повинно супроводжуватись плавним витисканням пального через зазор між плунжером та втулкою протягом не менше 20 секунд. Це підтверджує щільність та герметичність пари.

Плунжерну пару, яка демонструє щільність більше 40 сек. при змазуванні фільтрованим дизельним паливом, слід розмістити у вертикальному положенні на торець Б на чистий аркуш паперу або картону. Після витримки упродовж 5 хвилин, при підйомі за хвостовик плунжера, втулка повинна сповзати самотійно під дією власної ваги — це слугує критерієм відповідності пари заданим технічним параметрам.

1.3. Види паливних насосів високого тиску

Паливний насос високого тиску (скорочено — ПНВТ) є одним із ключових конструктивних елементів у складі системи уприскування дизельного двигуна. Даний насос, як правило, виконує дві основні функції: по-перше, він нагнітає під високим тиском певну кількість палива, а по-друге, здійснює регулювання необхідного моменту початку вприскування пального. З появою сучасних акумуляторних систем уприскування частина функцій, зокрема регулювання моменту уприскування, була передана електронно-керованим форсункам, що підвищило точність і ефективність роботи системи.

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оснoву паливного насоса високого тиску складає плунжерна пара, яка об'єднує невеликий поршень (плунжер) і циліндр (втулку) з мінімальним зазором між ними. Плунжерна пара виготовляється з високоміцної високоякісної сталі з дуже високою точністю обробки поверхонь. Між плунжером і втулкою забезпечується мінімальний технологічний зазор — точні прецизійні сполучення, що гарантують ефективну роботу і довговічність.

Залежно від конструктивних особливостей, паливні насоси високого тиску поділяються на три основних типи: рядні, розподільні та магістральні. У рядному насосі нагнітання палива в кожний циліндр здійснюється окремою плунжерною парою. Розподільний насос містить один або кілька плунжерів, які забезпечують як нагнітання, так і розподіл пального по всіх циліндрах двигуна. Магістральні насоси виконують лише нагнітання палива у спільний акумулятор високого тиску.

Паливний насос високого тиску знаходить застосування й у системах безпосереднього уприскування бензинових двигунів, хоча в цьому випадку його робочий тиск значно нижчий, ніж аналогічний показник для дизельних систем.

Ведучими виробниками паливних насосів високого тиску на світовому ринку є переважно зарубіжні компанії, серед яких можна виділити Bosch, Lucas, Delphi, Denso, Zexel.

Рядний паливний насос високого тиску

Рядний ПНВТ має кількість плунжерних пар, що відповідає числу циліндрів двигуна. Всі плунжерні пари встановлені у корпусі насоса, в якому виконані спеціальні канали для підведення й відведення палива. Рух плунжера забезпечується від кулачкового вала, який отримує привід від колінчастого вала двигуна. Плунжери постійно притискаються до кулачків за допомогою спеціальних пружин, що забезпечує їх стабільну роботу під час експлуатації.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.1 Рядний ПНВТ

Під час обертання кулачкового валу, кулачок поступово набігає на штовхач плунжера. У цей момент плунжер починає рухатися вгору по втулці, при цьому послідовно закриваються спочатку випускний, а потім і впускний отвір. У результаті цього створюється підвищений тиск, за якого відкривається нагнітальний клапан, і паливо по паливопроводу подається до відповідної форсунки двигуна.

Регулювання як кількості палива, що подається, так і моменту його подачі може здійснюватися як механічним шляхом, так і за допомогою сучасної електроніки. У разі механічного регулювання кількості пального це відбувається шляхом повороту плунжера у втулці навколо власної осі. Для забезпечення такого повороту на плунжері виконана спеціальна шестерня, яка з'єднана із зубчастою рейкою. Зубчаста рейка, у свою чергу, пов'язана з педаллю газу, що дозволяє оператору змінювати подачу палива під час руху. Верхня кромка плунжера має похилу поверхню, тому при обертанні плунжера змінюється відсічення подачі пального, і відповідно — його кількість, що подається у циліндр.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

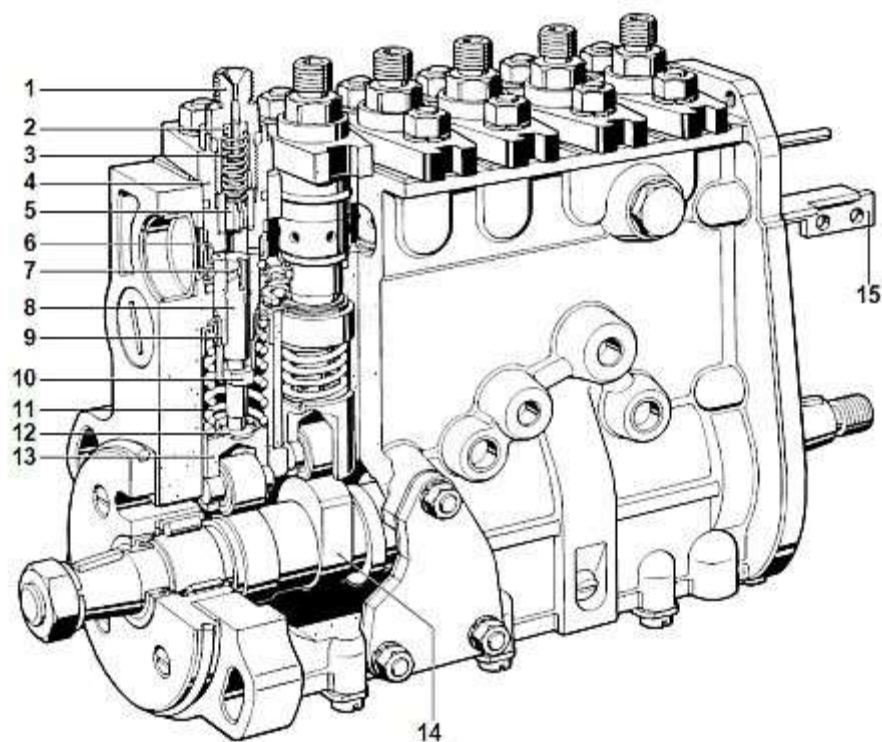


Рис. 1.2 Будова рядного ПНВТ

1 - штуцер напірної магістралі, 3 - пружина клапана, 2 - сідло клапана, 4 - корпус насосної секції, 5 - нагнітальний клапан, 7 - похила поверхня плунжера, 6 - впускний і випускний отвори, 8 – плунжер, 9 – втулка, 10 - важіль управління плунжером, 11 - поворотна плунжерна пружина, 13 - роликівий штовхач, 12 - пружина штовхача, 14 – кулачок, 15 - зубчата рейка

Зміна моменту початку подачі палива є необхідною при зміні частоти обертання колінчастого вала двигуна. Механічне регулювання моменту подачі палива здійснюється за допомогою спеціальної відцентрової муфти, яка розташована безпосередньо на кулачковому валу насоса. У середині цієї муфти знаходяться важки, які при збільшенні оборотів двигуна розходяться в сторони під дією відцентрових сил і повертають кулачковий вал відносно його приводу. При підвищенні обертів двигуна забезпечується більш раннє впорскування палива, а при зниженні — відповідно більш пізнє.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ

Арк.

16

Конструкція рядних ПНВТ відрізняється високою надійністю та довговічністю. Дані насоси змащуються моторним маслом із системи змащення двигуна, завдяки чому можуть ефективно працювати навіть на паливі з низькими якісними показниками. Рядні паливні насоси високого тиску застосовуються на дизельних двигунах із роздільними камерами згоряння, а також із системою безпосереднього уприскування, переважно середніх і важких вантажних автомобілів. На легкових дизельних двигунах цей тип насоса активно використовувався до 2000 року, після чого його витіснили більш сучасні системи уприскування.



Рис. 1.3 Розподільчий ПНВТ

Розподільні паливні насоси високого тиску, на відміну від рядного ПНВТ, оснащуються лише одним або двома плунжерами, які обслуговують усі циліндри двигуна одночасно. Такі розподільні насоси відрізняються меншою масою та компактнішими габаритними розмірами, а також забезпечують кращу рівномірність подачі палива в циліндри. З іншого боку, їм притаманна порівняно нижча довговічність сполучених деталей через підвищене навантаження. Усе це визначає основну сферу застосування розподільних насосів — переважно на двигунах легкових автомобілів, де не вимагається надвисока зносостійкість. [1-8]

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкції розподільних паливних насосів високого тиску можуть передбачати різні типи приводу для плунжера, а саме:

- торцевий кулачковий привід (наприклад, насоси Bosch VE);
- внутрішній кулачковий привід (роторні насоси Bosch VR, Lucas DPS, Lucas DPS);
- зовнішній кулачковий привід (вітчизняні насоси НД-21, НД-22).

Найкращими з точки зору експлуатаційних характеристик є перші два типи приводу плунжерів, оскільки в них повністю відсутні силові навантаження від тиску палива на вузли приводного валу, що позитивно впливає на надійність та забезпечує вищу довговічність роботи насоса в цілому.

Основним елементом розподільного паливного насоса високого тиску з торцевим кулачковим приводом плунжера (типу Bosch VE) є плунжер-розподільник, який виконує як зворотно-поступальний, так і обертальний рух, забезпечуючи не лише нагнітання, але й точний розподіл палива по всіх циліндрах двигуна.

Зворотно-поступальний рух плунжера відбувається під час обертання кулачкової шайби, яка оббігає нерухоме кільце по встановлених роликах. Кулачкова шайба натискає на плунжер, внаслідок чого створюється високий тиск палива, необхідний для впорскування. Повернення плунжера у вихідне положення забезпечується спеціальною зворотною пружиною.

Обертальний рух плунжера здійснюється від приводного вала, і саме в процесі цього руху відбувається розподіл палива по окремих циліндрах двигуна. Регулювання кількості пального, що подається, здійснюється автоматично за допомогою механічного або електронного пристрою. Механічний регулятор включає в себе відцентрову муфту з вантажами, яка через систему важелів впливає на дозатор, змінюючи тим самим величину

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

подачі пального. Електронний регулятор представлений електромагнітним клапаном, який керується блоком управління.

Регулювання величини випередження впорскування палива в розподільному насосі здійснюється за рахунок повороту нерухомого кільця на визначений кут, що дозволяє змінювати момент початку подачі залежно від режиму роботи двигуна.

Робочий процес розподільного насоса включає кілька послідовних етапів: впуск палива в надплунжерний простір, створення тиску (нагнітання) і подальший розподіл у відповідні циліндри.

У розподільному насосі роторного типу функції нагнітання і розподілу палива по циліндрах виконуються окремими пристроями — плунжером і розподільною головкою. Нагнітання пального здійснюється парою протилежно розташованих плунжерів, які змонтовані на розподільному валу. Плунжери через ролики оббігають профіль кулачкової обойми та виконують зворотно-поступальний рух.

Під час руху плунжерів назустріч один одному відбувається зростання тиску палива в робочій камері, після чого паливо через канали розподільної головки та нагнітальні клапани надходить до форсунок відповідних циліндрів.

Паливо подається до плунжера (або плунжерів) під незначним попереднім тиском, який створює паливопідкачуючий насос. У розподільних насосах паливопідкачуючий насос, як правило, розташовується безпосередньо на приводному валу в корпусі самого насоса. Конструктивно він може бути виконаний у вигляді роторно-лопатевого насоса, або шестерінчастого насоса з зовнішнім чи внутрішнім зачепленням, залежно від типу й виробника обладнання.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.4 Магістральний ПНВТ

Мастило розподільного паливного насоса високого тиску здійснюється за рахунок дизельного палива, яке заповнює внутрішній простір корпусу насоса та забезпечує змащення його робочих елементів.

Магістральний паливний насос високого тиску

Магістральний паливний насос високого тиску використовується в сучасній акумуляторній системі уприскування палива типу Common Rail, де він виконує основну функцію — нагнітання палива у паливну рампу (акумулятор високого тиску). Магістральні ПНВТ забезпечують значно вищий тиск палива — у сучасних системах уприскування його рівень може сягати 180 МПа і навіть більше.

З конструктивної точки зору, магістральний насос може бути виконаний з одним, двома або трьома плунжерами. Привід плунжерів здійснюється за допомогою кулачкового валу або спеціальної кулачкової шайби. Під час обертання кулачкового валу (або ексцентрика кулачкової шайби) плунжер під дією поворотної пружини рухається вниз. При цьому об'єм компресійної

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

камери збільшується, а тиск у ній знижується. Через виникле розрядження відкривається впускний клапан, і паливо надходить у камеру.

Коли плунжер починає рухатися вгору, тиск у камері зростає, впускний клапан закривається, і при досягненні певного тиску відкривається випускний клапан. У цей момент паливо подається безпосередньо в паливну рампу.

Управління подачею палива в компресійну камеру здійснюється відповідно до поточних потреб двигуна за допомогою електрокерованого клапана дозування палива. У нормальному (початковому) положенні клапан залишається відкритим. Після отримання сигналу від електронного блоку управління клапан закривається на визначену величину, тим самим регулюючи кількість палива, яке надходить у камеру.

Основною функцією будь-якого ПНВТ є забезпечення стабільної подачі палива до форсунок під необхідним тиском на всіх режимах роботи двигуна, протягом усього терміну експлуатації транспортного засобу. Відмінною рисою системи Common Rail є те, що ТНВД (ПНВТ) у ній не виконує функцію розподілу палива, а лише створює його запас і забезпечує швидке підвищення тиску в акумуляторі.

ПНВТ у таких системах створює постійний тиск до 1600 бар у магістралі високого тиску. Завдяки попередньому стисканню, паливо в системі не стискується повторно під час уприскування, як це було характерно для традиційних систем.

У легкових автомобілях з акумуляторною системою уприскування найчастіше використовується радіальний плунжерний ПНВТ, який здатен створювати необхідний високий тиск незалежно від величини циклової подачі пального.

ПНВТ акумуляторного типу, як правило, монтується в тому ж місці, де раніше розміщувалися звичайні розподільні насоси традиційних дизельних систем живлення. Він приводиться в дію від двигуна за допомогою муфти,

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шестерні, ланцюга або зубчастого паса, а частота обертання його валу зазвичай не перевищує 3000 об/хв і прямо пов'язана з обертами колінчастого вала через відповідне передавальне відношення. Змащування насоса також здійснюється паливом, яке проходить крізь його робочі елементи.

Клапан регулювання тиску, залежно від конструктивних особливостей і наявного підкапотного простору, може встановлюватися або безпосередньо на корпусі ТНВД, або як окремий елемент системи.

Три плунжери, радіально розташовані по колу під кутом 120° , стискають паливо всередині корпусу ТНВД. Кожен плунжер здійснює три робочих ходи за один повний оберт валу ПНВТ. Це дозволяє забезпечити не лише стабільний тиск, але й рівномірне навантаження на привідний вал з ексцентриковими кулачками. Отримуваний крутний момент, що досягає 16 Н·м, становить лише близько $1/9$ від амплітуди моменту, необхідного для приводу звичайного розподільного ПНВТ. Завдяки цьому система Common Rail функціонує з набагато меншими енерговитратами, забезпечуючи при цьому високу ефективність і надійність.

Паливопідкачувальний насос здійснює подачу палива до паливного насоса високого тиску (ПНВТ) через паливний фільтр, який оснащений вбудованим сепаратором для видалення води. Після проходження через дросельний отвір захисного клапана, паливо, яке також використовується для змащення і часткового охолодження елементів ПНВТ, рухається до плунжера по системі внутрішніх каналів. Вал приводу, оснащений ексцентриковими кулачками, забезпечує синхронний поступальний рух усіх трьох плунжерів.

Паливопідкачувальний насос створює тиск подачі, який перевищує значення, на яке розрахований захисний клапан (зазвичай у діапазоні від 0,5 до 1,5 бар). У момент досягнення критичного тиску захисний клапан відкриває перепускний канал, через який паливо подається до впускного клапана і надходить у камеру над плунжером, що рухається вниз — цей етап відповідає

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фазі впуску. Після проходження плунжером нижньої мертвої точки (НМТ) впускний клапан закривається. Плунжер, рухаючись вгору, починає стискати паливо у надплунжерному просторі. У момент, коли тиск у камері досягає рівня, що відповідає тиску в акумуляторі високого тиску, відкривається випускний клапан, і стиснене паливо подається в контур високого тиску.

Плунжер ПНВТ продовжує подавати паливо доти, доки не досягне своєї верхньої мертвої точки (ВМТ) — ця фаза відповідає ходу подачі. Після цього тиск у системі знижується, випускний клапан закривається, і плунжер починає зворотний рух донизу. Коли тиск у надплунжерному просторі падає нижче тиску підкачки, впускний клапан знову відкривається, і процес подачі повторюється циклічно.

Оскільки ПНВТ розрахований на значну величину подачі палива, то під час роботи на холостому ходу або при часткових навантаженнях виникає надлишок стисненого пального. Цей надлишок скидається через клапан регулювання тиску в магістраль зворотного зливу і повертається у паливний бак. У баку тиск палива падає, а енергія потоку повністю вичерпується. Оскільки паливо під тиском нагрівається, то температура пального, що повертається через зворотну лінію, поступово підвищує загальну температуру палива в баку, що, в свою чергу, призводить до зниження загального коефіцієнта корисної дії (ККД) паливної системи.

У випадку відключення однієї з плунжерних секцій 3 зменшується кількість палива, що подається в акумулятор високого тиску. Якщо активується електромагнітний клапан 6, призначений для відключення плунжерної секції, вбудований у його якір штифт натискає на впускний клапан 5 і утримує його в постійно відкритому положенні. У результаті паливо, що надходить у надплунжерний простір, не стискається під час ходу подачі, підвищення тиску не відбувається, випускний клапан не відкривається. Таким чином, паливо не надходить у контур високого тиску, а повертається назад у

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контур низького тиску. При зниженні навантаження на двигун, відключення однієї або кількох плунжерних секцій дозволяє ефективно регулювати продуктивність ПНВТ і оптимізувати витрати палива.[1-7]

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						24
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Технічні умови на відновлення деталі

Технічні умови на відновлення деталі повинні повністю забезпечувати надійну, стабільну та довговічну роботу плунжера в його прецизійному спряженні з втулкою. Ці умови є обов'язковими до дотримання при ремонті або виготовленні нових деталей.

Технічні умови, як правило, містять вичерпну інформацію щодо точності виготовлення плунжера, допустимих відхилень, твердості його робочих поверхонь, допусків на взаємне розташування функціональних площин, а також інших параметрів. Нижче наведено перелік основних вимог, що мають бути дотримані:

Обов'язково затупити всі гострі кромки, за винятком тих, які спеціально обумовлені в кресленнях або технічних умовах.

Здійснити азотування. Глибина азотованого зміцненого шару повинна становити в межах 0,1...0,5 мм. На поверхні E та на глибині понад 0,1 мм шар повинен бути присутній. У зоні від поверхні M допускається відсутність шару.

Твердість поверхні має бути в межах H_v 820...1000. Водночас твердість серцевини деталі повинна бути не меншою за HRC 24...30.

Показник крихкості не повинен перевищувати H_v 2, що забезпечує необхідну в'язкість поверхні.

На поверхнях лисок виступів P допускається зниження твердості, однак не нижче H_v 700.

Допускається проведення оксидування поверхні. Оксидна плівка повинна бути однорідною, міцною, без відшарувань. Поверхня M повинна бути захищена від оксидування.

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Овальність і огранка поверхонь не повинні перевищувати 0,0002 мм. У зоні, що не є робочою (зокрема в зоні кільцевих канавок), допускається огранка до 0,0004 мм.

Комплектування плунжера з втулкою повинно здійснюватися винятково за розміром діаметра у робочій зоні. Найбільший діаметр плунжера в неробочій частині не повинен перевищувати відповідний діаметр у зоні спряження.

Непрямолінійність утворюючої поверхні М не повинна бути більшою ніж 0,0002 мм.

Конусність утворюючої поверхні М допускається не більше 0,0004 мм. При цьому дозволяється незначне збільшення діаметра в напрямку до торця Н.

При візуальному контролі неозброєним оком поверхня М повинна мати однорідний рівний відблиск. Сліди шліфування, тріщини, неметалеві включення — не допускаються.

Відхилення осі виступів Р відносно осі поверхні М не повинно перевищувати 0,02 мм, що гарантує правильну геометрію деталі.

Неперпендикулярність поверхні И відносно поверхні М допускається в межах не більше 0,05 мм.

Неперпендикулярність торця Н відносно поверхні М не повинна перевищувати 0,02 мм.

Відхилення відсічної кромки ПД від заданої геометричної форми не повинно бути більшим ніж $\pm 0,01$ мм у напрямку утворюючої поверхні М.

Неперпендикулярність поверхні Л відносно поверхні М має бути не більше 0,01 мм — ця точність повинна бути забезпечена безпосередньо технологією обробки.

Биття поверхні П відносно базової поверхні М допускається в межах не більше 0,1 мм.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Неспіввісність поверхонь М та О не повинна перевищувати 0,1 мм, що особливо важливо для точного монтажу плунжерної пари.

Відхилення осі отвору О від діаметральної площини поверхні М також не повинне перевищувати 0,1 мм.

Поверхні, які не підлягають обробці після термічної обробки, мають бути ретельно очищені від окалини та інших забруднень.

Всі крайки та кромки на поверхні М повинні бути чистими, без задирок, загусениць та механічних пошкоджень. На торці Н дозволяється притуплення до 0,05 мм.

Виконання правки або рихтування деталі після термічної обробки суворо забороняється.

Готову деталь перед передачею на монтаж або зберігання необхідно ретельно промити та очистити.

Усі розміри, зазначені в лапках, відносяться одночасно до обох пазів, розташованих з двох сторін плунжера. [3]

2.2. Вибір раціонального способу відновлення деталі

Для істотного підвищення надійності, ефективності та довговічності капітально відремонтованих машин велике значення мають науково обґрунтовані способи, прийоми та технологічні процеси відновлення зношених деталей. Застосування таких підходів дозволяє не лише покращити експлуатаційні характеристики машин, але й забезпечити економічну доцільність ремонту.

На відміну від класичного технологічного процесу виготовлення нових деталей, процес їхнього відновлення має низку специфічних особливостей. Під час виготовлення вихідною сировиною є металева або інша заготовка, яка проходить механічну та термічну обробку до набуття необхідної форми і

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

властивостей. Натомість при відновленні деталей заготовкою виступає вже використана, частково зношена деталь, яка втратила свої первинні характеристики.

Таким чином, основною метою технологічного процесу відновлення є не виготовлення нової деталі з чистої заготовки, а відновлення втрачених властивостей старої деталі до стану, який дозволяє забезпечити її подальшу ефективну та безпечну експлуатацію. Причому це має бути досягнуто найбільш раціональним способом, який гарантує необхідну довговічність деталі при мінімально можливій вартості усього процесу відновлення.

Отже, правильний і обґрунтований вибір раціонального способу відновлення є одним із ключових питань при розробці та впровадженні технологічних процесів відновлення машинних деталей.

Вибір того чи іншого способу відновлення визначається цілою низкою чинників: конструктивно-технологічними особливостями деталі, умовами її експлуатації, характером і ступенем зносу, а також експлуатаційними властивостями, що безпосередньо впливають на довговічність вже відновленої деталі. Крім цього, серйозну увагу слід приділяти економічному обґрунтуванню процесу, зокрема вартості застосовуваних матеріалів, обладнання та трудових витрат.

У практиці ремонтних підприємств для обґрунтованого вибору способу відновлення широко застосовується методика, запропонована доктором технічних наук М.А. Масино, в основу якої покладені критерії, детально розглянуті професором В.А. Шадричевим.

Сутність цієї методики полягає в наступному: на початковому етапі розглядається кілька можливих способів відновлення, з яких відбираються лише ті, що відповідають коефіцієнту застосовності $K_t = 1$ (тобто технологічно придатні для даного типу деталі). Наступним етапом

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевіряється відповідність способу вимогам до ресурсу відновленої деталі — для цього коефіцієнт довговічності Кд повинен бути не менше 0,85.

З числа методів, які задовольняють умови по Кт та Кд, остаточний вибір базується на величині коефіцієнта техніко-економічної ефективності (Кт.еф). Саме той варіант, який має найбільше значення Кт.еф, вважається найбільш доцільним з технічної та економічної точок зору.

Спосіб відновлення Всв, вибраний для спеціалізованого підприємства, що займається централізованим відновленням деталей, характеризується функціональною залежністю наступного виду:

$$V_{св} = f(K_t, K_d, K_{т.еф}).$$

Керуючись цією методикою та враховуючи конструктивні, технологічні та експлуатаційні особливості плунжера, приходимо до обґрунтованого висновку, що найбільш доцільним, ефективним та раціональним способом його відновлення є метод гальванічного нарощування, який передбачає попереднє шліфування з метою видалення залишків зносу, а також остаточне високоточне шліфування після гальванічної обробки до досягнення номінального геометричного розміру.

Обраний спосіб гальванічного нарощування забезпечує найкраще співвідношення між витратами на процес та досягнутими технічними результатами, а також повністю відповідає вимогам технічних умов щодо відновлення плунжера — як за довговічністю, так і за працездатністю в реальних умовах експлуатації.

Знос робочої поверхні плунжера раціонально та технологічно доцільно усувати методом електролітичного хромування або осталювання із подальшим фінішним шліфуванням до потрібних розмірів. При цьому торець плунжера також обов'язково піддається шліфуванню для усунення слідів локального зносу, які впливають на ефективність ущільнення та герметичність системи.

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен із запропонованих методів має як переваги, так і певні обмеження. Залізовмісні покриття (на основі Fe) часто мають недостатнє зчеплення з основним металом деталі, що обмежує їх ефективність. До того ж процес залізнення вимагає складної, багатоетапної попередньої обробки поверхні.

У свою чергу, хромування суттєво перевершує залізнення за показниками зносостійкості та якості покриття, проте має свої недоліки — наприклад, низький вихід хрому по струму, підвищену токсичність та шкідливість для довкілля. Розчини, що застосовуються в хромуванні, сильно забруднюють стічні води, що вимагає застосування додаткових фільтруючих систем. Окрім цього, електроліти для хромування потребують регулярного корегування, а вартість реагентів, що входять до їх складу, є вищою у порівнянні з електролітами на основі заліза.

Однак, враховуючи необхідність збільшення ресурсу деталі, підвищення надійності та забезпечення довговічної роботи плунжерних пар, доцільним є застосування методу хромування в холодному електроліті, який дозволяє забезпечити високу якість покриття при зменшенні температурних деформацій. Це забезпечує необхідні умови для подальшої експлуатації та збільшує інтервали міжремонтного ресурсу плунжера. [3]

2.3. Аналіз технологічного процесу відновлення плунжерних пар

Технологічний процес відновлення плунжерів наведено в таблиці 2.3.

Базовий технологічний процес ремонту плунжерних пар полягає у ретельному притиранні та селективному підбиранні плунжерів і втулок під відповідний ремонтний розмір. Після проведення зазначених операцій відновлені пари обов'язково перевіряють на герметичність за допомогою спеціального діагностичного приладу КП-1640А.

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Базовий технологічний процес відновлення плунжерних пар

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

Технічний стан плунжерної пари, зокрема її працездатність за критерієм розвиваного тиску, визначають за допомогою максиметра або манометра, встановленого на повністю зібраному паливному насосі. У разі, якщо притирання неможливе з технічних причин, або ж не вдається забезпечити необхідну герметичність шляхом підбору деталей, а також у випадках, коли тиск на виході пари є нижчим за допустимий рівень, такі деталі вважаються непридатними для подальшої експлуатації та підлягають бракуванню. [3]

2.4 Розробка послідовності запропонованого технологічного процесу відновлення плунжерних пар

Розробка структурної послідовності є надзвичайно важливим і відповідальним етапом під час проектування технологічного процесу відновлення деталей. Від правильності та обґрунтованості вибору послідовності технологічних операцій залежить не лише загальна економічність усього процесу та скорочення тривалості виробничого циклу, але й забезпечення можливості точного дотримання встановлених технічних умов на відновлення конкретної деталі.

Продуманий і грамотно складений технологічний процес відновлення повинен забезпечити ефективне, правильне та повноцінне використання всіх

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наявних технічних можливостей ремонтпридатних деталей, а також можливостей застосовуваного технологічного обладнання, відповідного інструменту, оснащення і раціональне використання робочого часу виконавців.

Таблиця 2.4 – Технологічний процес зміцнення та відновлення плунжерних пар [3]

№ операції	Зміст операції
005	Шліфувати робочу поверхню плунжера до розмірів \varnothing мм. 0 ,08
010	Наплавити поверхню плунжера до розмірів 9,5 мм.
015	Шліфувати робочу поверхню плунжера до розмірів \varnothing мм. 0 ,09
020	Перевірка розмірів плунжера оптиметром
025	Захист поверхонь, що не підлягають відновленню
030	Встановлення деталей на підвісні пристрої
035	Знежирювання робочої поверхні плунжера
040	Промивання у гарячій протічній воді
045	Промивання у холодній протічній воді
050	Декапування зворотнім струмом
055	Хромування
060	Промивання в дистильованій воді
065	Промивання у холодній протічній воді
070	Промивання у гарячій протічній воді
075	Сушка та розбирання підвісок
080	Термічна обробка для зниження оксидної крихкості (Загартування у масляній ванні)
085	Шліфування оброблених поверхонь плунжера до розмірів
090	Контроль, притирання та порівнювання відновлених плунжерів із гільзами

2.5 Вибір баз при виконанні операцій

Установчими базами називають поверхні деталей, за допомогою яких ці деталі фіксуються для обробки в заданому положенні відносно обладнання та інструментів, що виконують обробку. Висока точність обробки досягається тоді, коли всі технологічні операції виконуються від однієї бази, що дозволяє мінімізувати кількість переналаштувань. Проте, у більшості випадків це є неможливим, тому необхідно звести кількість установчих баз до мінімуму. У таких ситуаціях базування має здійснюватися на поверхнях, які не піддаються зносу і не використовуються в процесі експлуатації; такими поверхнями в деталі є торцеві поверхні плунжера.

Вибір типу обладнання визначається наступними основними принципами: здатністю виконувати технічні вимоги щодо точності обробки, форми і класу шорсткості поверхні, рівнем продуктивності, можливістю використання обладнання за потужністю, а також програмою випуску деталей. У випадку невеликих обсягів випуску деталей в умовах ремонтного виробництва зазвичай використовуються універсальне, широко розповсюджене обладнання та інструменти. [3]

2.6 Вибір ріжучого інструменту та технологічного обладнання

Основним критерієм вибору вимірювального інструменту є його здатність забезпечити високу точність вимірювання і визначення лінійних розмірів деталі, а також рівень продуктивності праці при виконанні контрольних операцій. Вимірювальний інструмент може бути як універсальним, так і спеціалізованим, в залежності від вимог. [3]

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дані, що стосуються вибору технологічного інструменту та обладнання, надані в таблицях 2.5 і 2.6.

Таблиця 2.5 – Технологічне обладнання та інструменти

Номер і найменування операції	Обладнання	Інструмент
005,015,085	Круглошліфувальний станок 3А151	Коло шліфувальне ПП150х40х80 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 – Вимірювальний інструмент

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 Вибір режимів виконання технологічних операцій відновлення плунжерних пар

005 Шліфувальна

Знаходимо припуск на шліфування за формулою:

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

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 обирається за довідником $t = 0,02$ мм, при цьому

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

глибина шліфування ϵ і поперечною подачею

Повздовжня подача при шліфуванні визначається за формулою [4]:

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

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

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

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

Визначаємо число проходів за формулою []:

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

Швидкість різання при шліфуванні визначаємо за довідником в залежності від повздовжньої подачі, глибини шліфування і діаметра поверхні, що шліфується $V = 28 \text{ м/хв.}$

Розраховуємо число обертів деталі за формулою:

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

Приймаємо найближчі оберти даним станка 3А151 $n = 1080 \text{ об/хв.}$ [4]

Перераховуємо швидкість різання 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 параметрами при газопорошковому наплавленні являються:

1 Витрата ацетилену – 300 л/год;

2 Витрата кисню – 330 л/год;

3 Число обертання деталі – 3 об/хв

За формулою розраховуємо швидкість наплавлення:

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

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для плунжера $V=0,09$ 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 [4]:

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

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

β – 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 [4]:

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

Швидкість різання при шліфуванні визначаємо за таблицею [4] в залежності від повздовжньої подачі, глибини шліфування і діаметра поверхні, що шліфується $V = 28$ м/хв.

Розраховуємо число обертів деталі за формулою:

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

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

Перераховуємо швидкість різання у відповідності до прийнятого числа обертів:

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

050 Декапування

Декапування плунжерів здійснюється шляхом анодної обробки у спеціальній ванні, яка заповнюється залишками хромових електролітів. Процес триває впродовж 41–61 секунд. Партію деталей розміщують на катодному штативі, де вони витримуються без подачі струму протягом 1–2 хвилин. Це необхідно для вирівнювання температури деталей з температурою електроліту. Після цього змінюється полярність, і протягом 2–3 хвилин деталі виконують функцію аноду при щільності струму в межах 26–61 А/дм².

055 Хромування.

Операцію хромування проводять за покроковим періодом при температурі 55–58 °С у ванні, яка містить такі основні компоненти: хромовий ангідрид у концентрації 50–60 г/л та сірчану кислоту в кількості 0,5–0,6 г/л. Дотримання цих параметрів забезпечує стабільність процесу та високу якість покриття.

080 Термічна обробка (загартування у масляній ванні).

Плунжери піддаються термічній обробці протягом 90 хвилин у мінеральному мастилі за температури 140–160 °С. Така процедура спрямована на повне усунення водневої крихкості та підвищення надійності виробу в експлуатації.

090 Притиральна

На даному етапі перевіряється шорсткість поверхні плунжера, а також щільність його посадки у відповідну гільзу. Плунжерна пара, після її ретельного очищення, промивання і змащення очищеним дизельним паливом, має бути правильно підготовлена до перевірки. Плунжер, висунутий із втулки на 20–25 мм у вертикальному положенні, повинен плавно та без будь-яких затримок опуститися до упору лише під дією власної ваги. Цю перевірку

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідно виконувати у різних положеннях за кутом повороту плунжера у втулці.

Під час переміщення плунжера у втулці по всій його довжині та на всьому діапазоні кута повороту не допускаються жодні місцеві опори, зачеплення або охоплення. Всі рухи мають відбуватись вільно і без перешкод, що свідчитиме про належну якість притирки та взаємну відповідність поверхонь.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір та призначення пристосування

Після остаточного завершення процесу відновлення плунжерів обов'язково необхідно перевірити якість щільного прилягання плунжера до стінок гільзи. Окрім цього, категорично не допускається виникнення заїдання плунжера у гільзі під час переміщення. Для забезпечення якісної та стабільної роботи відновлених прецизійних пар слід обов'язково провести ретельне притирання плунжерів разом із гільзами ще до їх остаточного встановлення на паливний насос високого тиску.

Для виконання операції притирання рекомендується використання спеціального станду власного виробництва, який призначений для обробки плунжерних пар. Конструкція станду для притирання плунжерних пар включає станину, на якій змонтовано шість шестерень, що обертаються на роликових підшипниках. Всі шість шестерень виготовлені разом із круглими пазами, в які вставляються втулки плунжерів. Втулки надійно фіксуються у відповідних пазах за допомогою гвинтів, що гарантує їх стійке положення під час роботи станду.

Зазначені шестірні приводяться в рух одна від одної завдяки зачепленню зубців. Привід на ведучу шестірню здійснюється через конічно-циліндричний редуктор власного виробництва, який з'єднаний із електродвигуном через спеціальну муфту. Електродвигун типу АІСЕ71В4 встановлений на станині і надійно закріплений до неї болтовими з'єднаннями. На вихідний вал електродвигуна за допомогою шпонкового з'єднання встановлюється муфта, до іншого кінця якої кріпиться вал приводу ведучої конічної шестерні. Ведена конічна шестерня виготовлена разом із валом, на

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якому за допомогою шпонкового з'єднання змонтовано ведучу циліндричну шестерню.

Ведений вал редуктора встановлюється у корпус механізму із застосуванням роликового підшипника, що забезпечує плавність і надійність його обертання.

Плунжери фіксують у підвісних пристроях за допомогою спеціальних фіксаторів, шарнірно закріплених на повздовжній рейці. Для запобігання небажаних коливальних рухів плунжерів у процесі роботи стану передбачено встановлення штоків-фіксаторів, які забезпечують плунжерам виконання виключно зворотно-поступальних рухів. Ці штоки рухаються в напрямних втулках, завдяки чому гарантується прямолінійний, рівномірний зворотно-поступальний рух без зміщень у бік.

3.2 Порядок роботи стану для притирання плунжерних пар

Електродвигун передає обертальний рух через муфту на ведучу конічну шестірню. За допомогою пари конічних шестерень та ведучої циліндричної шестерні приводяться в рух шість циліндричних шестерень, що обертаються послідовно одна від одної завдяки зачепленню зубців. Втулки плунжерів, які закріплені на цих шестернях, відповідно, також починають обертатися.

Втулки плунжерів заповнюємо дизельним паливом приблизно на 25%, щоб створити умови, максимально наближені до реальних, та забезпечити якісне змащування робочих поверхонь. Під дією відцентрових сил дизельне паливо рівномірно розподіляється та розтікається по внутрішніх стінках гільзи. За допомогою важеля вручну наближаємо до втулок плунжери, що зафіксовані у підвісному пристрої. Робочими частинами плунжери встановлюємо всередину втулок, які вже перебувають в обертальному русі. Зі

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшенням частоти обертання поступово, з контрольованою швидкістю, опускаємо плунжери за допомогою важеля вниз, до повного занурення їхньої робочої частини у втулку. Після цього, з аналогічною швидкістю, виводимо плунжери з втулок. Використовуючи таку операцію, створюємо максимально наближені до експлуатаційних умови роботи плунжерних пар.

На завершальному етапі плунжерні пари перевіряємо на спеціальному стенді на здатність створювати необхідний тиск, а також контролюємо відсутність зазубрин і будь-яких інших дефектів на робочих поверхнях деталей. [3-10]

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						42
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Гідроабразивне зношування деталей плунжерної пари

Припустимо, що вільне абразивне зерно, розміри якого є меншими за радіальний зазор, переміщується разом із потоком палива та під час робочого ходу плунжера потрапляє на поверхню тертя деталей під впливом перепаду тиску рідини, що виникає в системі.

Фіксоване ж абразивне зерно здатне здійснювати процес різання (шкрябання) лише за тієї умови, якщо відношення глибини його впровадження h_x до радіусу R нерівності (самого зерна), що проникло у матеріал, досягне значення $M = 0,5$ для умов граничного тертя. У випадку, якщо для сталевих загартованих припрацьованих поверхонь, що знаходяться в контакті з абразивом, який міститься у пальному, прийmemo такі параметри: $M = 0,5$, $\sigma_T = 10 \cdot 10^8$ Па, $C = 3$, $\beta = 16$, $\nu = 3$, $r = 1,0$ мкм, $R = 2$ мкм, то контактний тиск, при якому настає різання матеріалу абразивним зерном, складатиме:

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

Для того, щоб абразивне зерно певного розміру могло ефективно дряпати загартовану й припрацьовану поверхню з висотою мікронерівностей, що становить 1 мкм, необхідно прикласти контактне зусилля не менше ніж 750 МПа. Очевидно, що навіть у випадку перепаду тиску рідини, який дорівнює $19,62 \cdot \text{МПа}$, не вдасться створити такий контактний тиск, при якому вільний абразив зміг би дряпати або різати поверхню деталей плунжерної пари. Таким чином, гідроабразивне зношування елементів плунжерної пари фактично виключається, і, ймовірніше за все, спостерігатиметься лише абразивне зношування, що виникає внаслідок заклинювання окремих абразивних зерен між поверхнями тертя під час переміщення плунжера в процесі роботи.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо припустити, що зношування деталей пари прямо пропорційне кількості палива, що протікає через зазор між втулкою та плунжером, або, відповідно, пропорційне вихідній кількості абразиву, зваженого у пальному, то найбільший знос буде спостерігатися на тій ділянці, де встановлюється найбільший радіальний зазор. Іншими словами, найінтенсивніше повинна зношуватися подовжена поверхня тертя головок плунжера. Однак, подовжені ділянки поверхні тертя головок плунжерів, розташовані під прямим кутом (90°) до отворів, зношуються менш інтенсивно, ніж ділянки, що прилягають до відсічної кромки, до отворів і до паливного каналу. Така спостережувана особливість суперечить твердженню про те, що знос поверхонь тертя є прямо пропорційним кількості зваженого у пальному абразиву, який проходить через сполучення.

Точка зору, згідно з якою найбільш інтенсивне зношування плунжера саме на ділянці відсічної кромки пояснюється збільшеним протіканням палива через меншу довжину твірної та відповідно менший гідравлічний опір, є справедливою лише частково. Дослідним шляхом встановлено, що плунжерні пари з одним отвором, при однаковому зазорі між втулкою і плунжером, мають підвищену гідравлічну щільність у порівнянні з парами, у яких передбачено два отвори, розташовані на діаметрально протилежних сторонах втулки. Внаслідок перепаду тиску, а також через відхилення від ідеальної циліндричної форми, плунжер зсувається в отворі втулки у бік відсічної порожнини, і при цьому радіальний зазор з боку відсічної порожнини стає ще меншим.

Відомо, що елементарне витікання рідини, яка протікає через площу зазору з шириною дуги da , є величиною, пропорційною величині зазору в третьому ступені. Таким чином, підтікання пального на ділянці відсічної порожнини залежить насамперед від величини зазору між втулкою і плунжером, а також від відстані відсічної порожнини до верхнього торця

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

головки плунжера. Відстань від торця до відсічної порожнини плунжера має істотний вплив як на витікання пального, так і на величину неврівноваженої радіальної сили, що виникає під час роботи пари. При цьому витікання пального зростає обернено пропорційно до зменшення цієї відстані від верхнього торця до відсічної порожнини плунжера.

Виходячи з детального аналізу основних причин, які викликають зсув і перекоє плунжера в радіальному зазорі та призводять до порушення умов рідинного тертя, можна зробити висновок, що інтенсивність зношування деталей плунжерних пар обумовлюється сукупністю ряду чинників. У першу чергу це визначається особливостями конструктивних параметрів плунжера і втулки, величиною радіального зазору, в'язкістю використовуваного пального, величиною перепаду тиску, швидкістю відносного переміщення поверхонь тертя, ступенем забрудненості пального абразивними частинками й іншими факторами.

Внаслідок перекоє й зсуву плунжера у радіальному зазорі, зношування деталей плунжерної пари відбувається нерівномірно як по колу, так і по довжині цих деталей. При цьому у міру збільшення зазору між втулкою і плунжером відбувається помітне зростання інтенсивності їх зношування та прискорення руйнування поверхонь тертя.

4.2 Характер зносу робочих поверхонь

Перевірку відхилень від циліндричності здійснювали на плунжерних парах, які вже перебували в експлуатації впродовж певного періоду. Діаметри плунжерів ретельно перевіряли на точність за допомогою мікрокалора (вимірювальної пружинної головки типу ИГП) із ціною ділення шкали 0,0002 мм, а також на горизонтальному оптиметрі для отримання додаткових точних даних. Профіль зношеної поверхні деталей графічно відображали на

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціальному приладі, який працює на основі пневмомеханічного принципу дії для підвищення точності вимірювань.

З урахуванням конструктивних особливостей плунжерних пар і з припущенням, що плунжер має найменшу підставу до конуса з боку верхнього торця (Рис. 4.1), а зношування відбувається при наявності радіального зазору між втулкою і плунжером, що дорівнює 1 мкм, ексцентриситеті також 1 мкм, в'язкості дизельного палива $0,0040 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ та статичному перепаді тиску $19,62 \text{ МПа}$, виконували відповідні експериментальні дослідження.

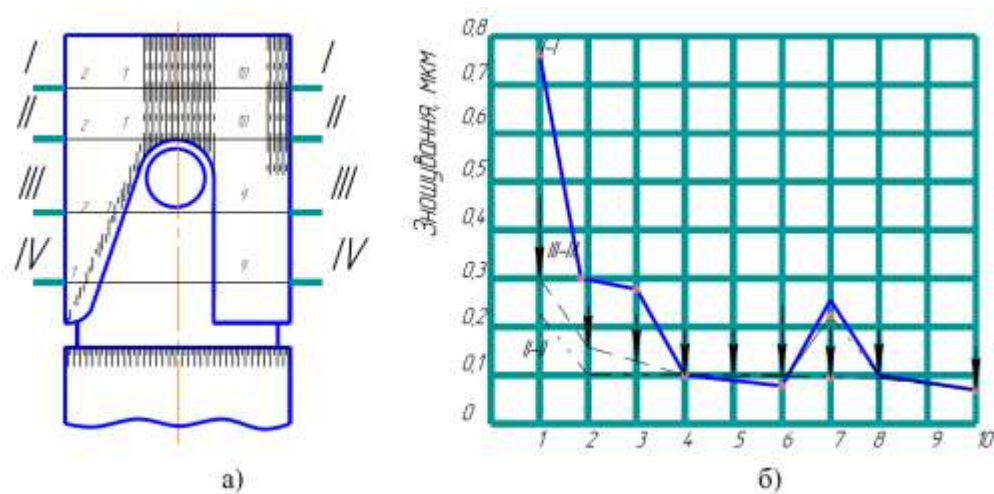


Рис 4.1. Головка плунжера з місцями зношування

Виникнення нерівноважених радіально спрямованих сил, які утворюються внаслідок перепаду натиску та дії гідродинамічного тиску, призводить до нерівномірного зносу елементів плунжерної пари. На рисунку 4.1 наведена ділянка головки плунжера, яка найбільш піддається зношуванню в процесі експлуатації. У ряді випадків, на певній частині поверхні головки плунжера (довжиною по колу приблизно 4,5 мм і висотою близько 10 мм), яка розташована навпроти впускного отвору втулки й зазнає найбільшого зносу, можуть з'являтися дрібні віспини, що виникають під впливом корозійних, ерозійних і кавітаційних процесів, спричинених дією палива. Ділянка поверхні

головки плунжера, що зношується найінтенсивніше, обмежується величиною дуги повороту та ходом плунжера під час його роботи. Подібний характер зносу пояснюється наявністю шкрябання, викликаного потраплянням абразивних частинок між втулкою та плунжером у момент робочого ходу. Нерівномірність зносу додатково обумовлюється одностороннім нерівномірним тиском, що діє на торець головки плунжера і призводить до виникнення перекосу плунжера у втулковому отворі.

Ділянка 2 поверхні головки плунжера, що прилягає до відсічної кромки і знаходиться навпроти перепускного отвору втулки, піддається нерівномірному зносу в процесі експлуатації. Гвинтова кромка має заокруглення довжиною близько 4—4,5 мм, яке вкрите характерними рисками; найбільш зношена частина цієї кромки розташована на відстані приблизно 5—5,5 мм від верхнього торця плунжера, що співпадає з рівнем верхньої кромки паливного отвору втулки (див. Рис. 4.1 а). Дещо менше зносу спостерігається на тій ділянці головки, яка розміщена між кромкою паза 3 та верхнім торцем плунжера. Також поступово заокруглюються кромки відсічної порожнини на верхньому торці, підпірного за плечика і верхньої частини паза. Зношені зони поверхні покриваються дрібними рисками, а також слідами шкрябання, спричиненими абразивними частинками. Головка плунжера (див. Рис. 4.2) найбільш інтенсивно зношується на ділянці, що прилягає до верхнього торця, у перетині I—I (точка 1). У ділянці біля відсічної кромки, у перетинах III—III та IV—IV (точки I та I), плунжер зношується дещо повільніше, ніж у перетині /—/ (точка /). У гільзах (див. Рис. 4.4) найсильніше піддається зносу обмежена ділянка внутрішньої поверхні, яка розташована біля впускного отвору, а трохи менш інтенсивно зношується ділянка, прилегла до перепускного вікна. Ділянка А на поверхні втулки, яка знаходиться над впускним отвором, займає по довжині 7—8 мм при діаметрі приблизно 4,5—5 мм, що також є ознакою локального зносу в цій зоні.

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

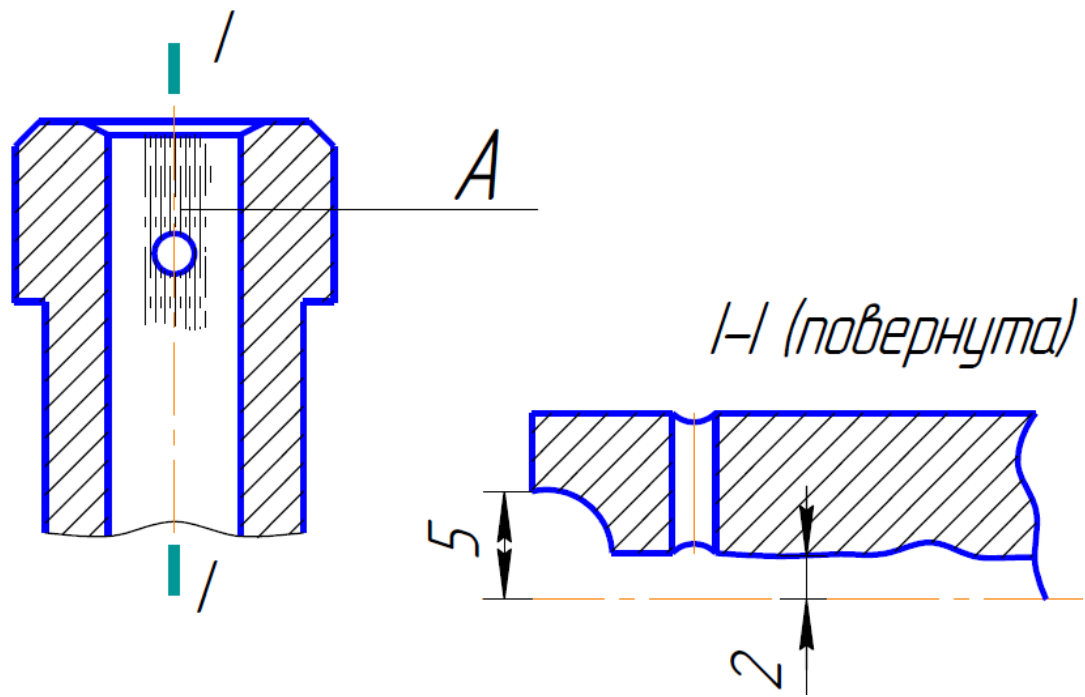


Рис 4.2. Втулка з ділянками зношування

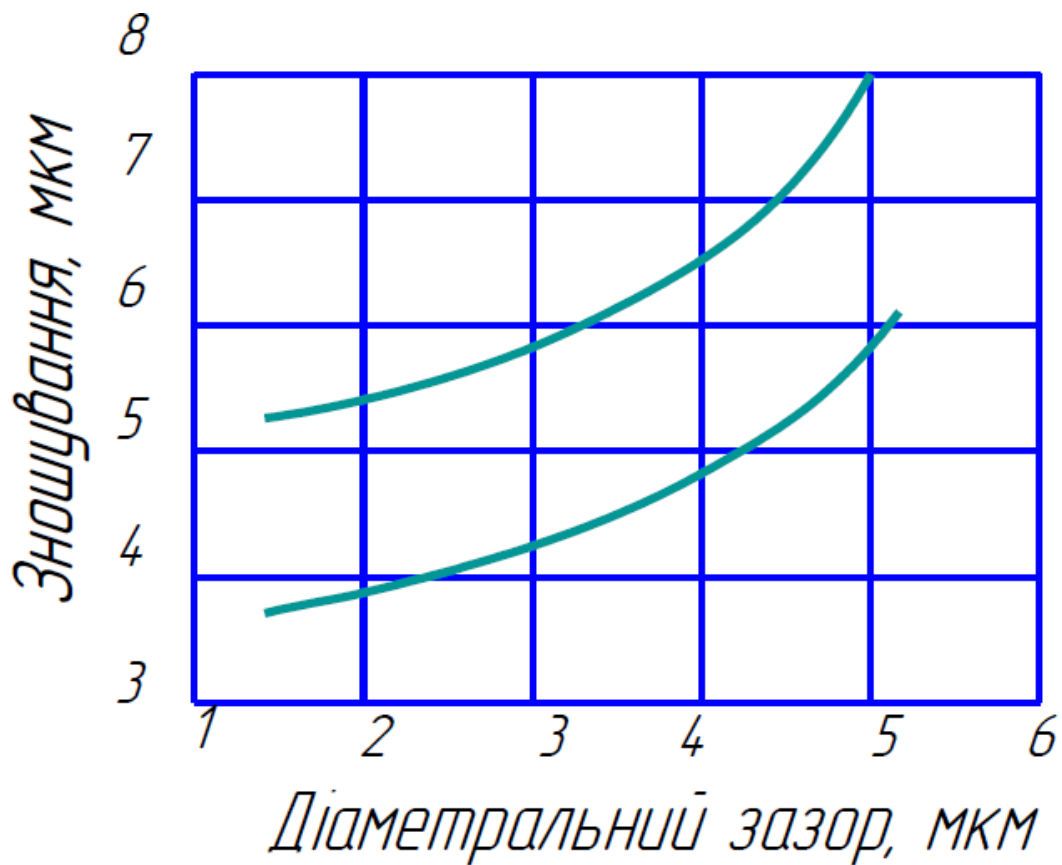


Рис 4.3. Залежність зносу від зазору

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Ділянка поверхні втулки, яка розташована під впускним отвором, піддається менш інтенсивному зносу порівняно з тією частиною, що знаходиться безпосередньо над цим отвором. Зношені ділянки поверхні гільз зазвичай вкриті дрібними, переважно повздовжніми рисками. Кромка впускного отвору часто пошкоджується поперечними рисками та містить сліди шкрябання, спричинені впливом абразивних частинок.

Проникненню абразивного зерна між робочими поверхнями плунжера і втулки, розміри якого перевищують значення радіального зазору, сприяють також деформації втулки, що виникають у моменти стиснення палива та підвищення його температури. Отвір втулки зазнає деформацій під час кожного активного ходу плунжера, що впливає на зазор між деталями. Наявність впускного і перепускного отворів зменшує жорсткість втулки, а це, у свою чергу, полегшує проникнення між поверхнями плунжерної пари абразивних зерен більшого розміру. Найважливішими показниками, які визначають технічний стан деталей плунжерної пари, традиційно вважають гідравлічну щільність і продуктивність вузла. Під час статичної перевірки гідравлічної щільності пар на спеціальних стендах показники нерідко виявляються спотвореними через нерівномірне затягування втулки, відмінності у шорсткості торцевих поверхонь, а також низку інших технічних причин.

З урахуванням відомих недоліків методу статичної перевірки гідравлічної щільності, доцільно рекомендувати використання методу динамічної перевірки, який значно точніше відтворює реальні робочі умови експлуатації. Водночас цей метод також має певні недоліки, які можуть призводити до спотворення показників роботи плунжерних пар. У процесі функціонування двигуна спостерігається спотворення вихідних характеристик паливної апаратури через нагрівання палива до температури 60—70°C,

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшення зазору між втулкою і плунжером, зміну затискного зусилля та низку інших факторів.

Під час проведення стендових безмоторних і безгальмівних випробувань виявляються і усуваються причини, які порушують правильну подачу палива. Для підвищення точності, з метою усунення можливих неточностей у різних вузлах та з'єднаннях, випробування виконуються із застосуванням зразкового насосу. Результати таких випробувань потім порівнюються з показниками, отриманими при роботі насосу зі зразковою плунжерною парою, яка є еталонною і новою. Зношені плунжерні пари завжди знижують як циклову, так і годинну подачі палива у порівнянні із зразковою новою парою. При цьому нерівномірність подачі палива зношеними парами особливо різко зростає під час роботи на пускових частотах обертання валу. Якщо ж робота триває на нормальних частотах обертання валу, циклова і годинна подачі палива зношеними парами хоч і зменшуються порівняно зі зразковою парою, але нерівномірність подачі стає менш вираженою. Причиною нерівномірної подачі палива є відмінності у величинах зазорів плунжерних пар, що входять у комплект. Із подовженням активного ходу плунжера спостерігається зменшення витoku палива через зазор, що позитивно впливає на загальні показники роботи.

Враховуючи значний вплив частоти обертання валу, величини активного ходу плунжера та інших численних чинників на об'єм подачі палива, необхідно проводити перевірку плунжерних пар на продуктивність при нормальній частоті обертання валу і за нормального активного ходу плунжера протягом визначеного періоду часу. Для стабільної та безвідмовної роботи двигуна дуже важливу роль відіграють моменти початку і завершення впорскування палива. При експлуатації зі зношеними плунжерними парами момент впорскування помітно запізнюється. Запізнення цього моменту впорскування призводить до зниження потужності двигуна, надмірної витрати

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пального, підвищення температури, ускладненого запуску, а також до появи димності вихлопних газів. Тривалість впорскування зношеною парою скорочується у порівнянні із зразковою через зношення гвинтової кромки плунжера. При одночасній експлуатації зношених плунжерних пар і нагнітальних клапанів запізнення моменту впорскування зменшується завдяки швидшій подачі пального клапанами, проте тривалість самого впорскування збільшується через подовження кінцевої фази цього процесу. Тривалість впорскування пального зношеними комплектами паливної апаратури завжди є меншою, ніж у зразкового комплексу, на всьому діапазоні робочих частот обертання валу паливного насоса. Комплекти паливної апаратури з нагнітальними клапанами, що мають зношення по розвантажувальних поясочках, демонструють підвищену годинну витрату пального, збільшену нерівномірність подачі пального, особливо на малих ходах рейки, різке зростання циклової подачі та посилену димність вихлопу. Тому при проведенні заміни плунжерних пар необхідно обов'язково замінювати також і нагнітальні клапани для забезпечення ефективної роботи паливної системи.

Важливим показником технічного стану плунжерних пар є також величина найбільшого тиску, який вимірюється спеціальним максиметром під час роботи системи на пусковому режимі. За нормальних умов експлуатації найбільший граничний тиск у таких умовах повинен становити 19,62 МПа, що дозволяє забезпечити необхідну ефективність та надійність роботи паливної апаратури.

4.3 Порівняння ресурсу плунжерної пари зміцненої технологічними методами

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час роботи насоса високого тиску в радіальні зазори, які змінюються за своєю величиною, між деталями плунжерних пар можуть потрапляти абразивні частинки, що призводять до заклинювання і прорізання поверхонь тертя. Для зниження швидкості зношування робочих поверхонь деталей абсолютно неприпустимо допускати потрапляння у паливо абразивних частинок, розміри яких дорівнюють або близькі до величини радіальних зазорів, тобто зернистістю приблизно 1—6 мкм. Цілком очевидно, що одним із основних заходів для ефективного видалення з палива абразивів є його ретельна фільтрація. Дослідним шляхом було встановлено, що при заправці дизельного двигуна двічі відфільтрованим паливом знос комплекту плунжерів за 500 годин роботи склав у середньому лише 0,7 мкм. Оскільки зношування деталей плунжерної пари відбувається внаслідок як молекулярно-механічного, так і переважно абразивного механізму, для підвищення опору зносу необхідно збільшувати твердість поверхневих шарів усіх робочих деталей. Підбір найбільш раціональних і стійких матеріалів для виготовлення деталей пари має суттєве значення для підвищення їх довговічності та надійності. Наприклад, деталі плунжерних пар, виготовлені із сталі Р18, за однаковий проміжок часу зношувалися приблизно у два рази менше, ніж аналогічні деталі, виконані зі сталей ХВГ та ШХ15.

Для підвищення ресурсу плунжерної пари доцільно застосовувати розмірне хромування як плунжерів, так і втулок. Хромовані плунжери мають можливість багаторазового відновлення своїх робочих поверхонь. Звичайне хромування з подальшим доведенням є досить дорогим технологічним заходом, проте цей спосіб обробки знаходить ефективне практичне застосування під час відновлення плунжерів. З метою підвищення довговічності та надійності також застосовується борування деталей плунжерних пар. Боровані деталі вирізняються підвищеною корозійною стійкістю, а також значним опором до абразивного зношування. Результати

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

досліджень зносостійкості плунжерних пар, виготовлених із різних матеріалів і з різними видами покриттів, які були перевірені за методикою ЦНИТА, наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Характеристика зносу зміцнених різними способами плунжерних пар

Матеріал плунжерної пари	Коефіцієнт X	Глибина місцевого зносу в мкм		Зниження гідрощільності у %	Коефіцієнт відносної зносостійкості	Тривалість випробувань
		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
Дифузійнолегований 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 25Х5МА	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 плунжерних пар проводилася за допомогою коефіцієнта X , який характеризує відношення часу напрацювання досліджуваної пари до пари, виготовленої зі сталі ХВГ, до моменту досягнення однакового зменшення продуктивності, однакової глибини місцевого зносу плунжера і втулки, а також зміни гідросільності. Як видно з табл. 1, найбільш зносостійкими виявилися боровані плунжери та втулки, а також пари з дифузійно-легованим, азотованим і хромованим плунжером. Підвищення довговічності плунжерної пари значною мірою залежить від правильного вибору найбільш раціональної конструкції її деталей. Найбільш раціональним, з точки зору гідродинамічної теорії та забезпечення рівномірного зношування, є плунжер з внутрішнім паливопідвідним каналом і з двома вузькими відсічними порожнинами, які симетрично розташовані на поверхні головки. За наявності місцевого зношування, а також частково зношених ділянок поверхонь, можна відновити працездатність плунжерної пари шляхом заміни (або повороту) зношених ділянок і кромки на незношені. Такий спосіб відновлення працездатності плунжерних пар не потребує складного обладнання чи високої кваліфікації обслуговуючого персоналу, і може бути виконаний у звичайних ремонтних майстернях.

Теоретичний аналіз процесу відновлення плунжерних пар дав можливість сформулювати наступні основні висновки.

Підвищення довговічності плунжерної пари значною мірою залежить від вибору найбільш раціональної та оптимальної конструкції її окремих деталей.

Найбільш раціональним, з точки зору гідродинамічної теорії та забезпечення рівномірного зношування поверхонь, є плунжер, який має внутрішній паливопідвідний канал і симетрично розташовані на поверхні головки дві вузькі відсічні порожнини.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш зносостійкими серед досліджених варіантів виявилися боровані плунжери і втулки, а також пари з дифузійно-легованим, азотованим і хромованим плунжером, які забезпечують підвищений опір зносу.

Для подовження ресурсу роботи плунжерної пари доцільно застосовувати розмірне хромування як плунжерів, так і втулок, що позитивно впливає на їх експлуатаційні характеристики.

Хромовані плунжери мають властивість неодноразового відновлення своїх робочих властивостей, завдяки чому вони можуть бути відновлені багаторазово протягом експлуатації. [3-15]

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						55
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз проблеми, що розглядається у роботі, на основі вивчення літературних джерел та способів її вирішення, дозволяє зробити наступні обґрунтовані висновки:

1. Проведено всебічний аналіз умов роботи деталі та вузла в цілому, розглянуто основні типи і причини виникнення дефектів, а також механізми зношування. На основі результатів досліджень обґрунтовано вибір способу відновлення плунжера методом хромування та подальшого притирання плунжерної пари комбінованим методом — одночасне притирання як плунжера, так і втулки.

2. Виконано детальний теоретичний аналіз процесу зношування робочої поверхні плунжера з урахуванням його умов експлуатації.

3. Розглянуто проблему абразивного зношування плунжера, а також визначено комплекс заходів і методів щодо його ефективного відновлення та зміцнення. Проведено порівняльний аналіз ефективності методу хромування у відновленні плунжера з альтернативними технологіями ремонту.

4. Розроблено конструкцію спеціального пристосування для високоточого притирання плунжерних пар, що дозволяє забезпечити необхідну точність і якість обробки.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бобровицький, В. І., Сидоров, В. А. Механічне обладнання: технічне обслуговування та ремонт. - Донецьк: Південний Схід, 2011. - 238 с.
2. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин: навчальний посібник / [А.Г. Фесенкота ін.]; Дніпропетровський національний університет ім. Олеса Гончара. – Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2015. – 103 с.
3. 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.».59с.
4. 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.
5. Choong-Nyeon Park, Min-Но Chang. Діяльність нікелевих тверджень на властивості металів hydride electrodes // J. of Alloys and compounds. 1995. № 231, pp. 846-851.
6. А. Turonova, M. Galova, L. Lux, M. Gal. Електрохімічні процеси під час пофарбування статей за Ni і Ni / Cu coating в fluidized bed // J. Solid State Elektrochem. 2001 №5, pp. 502-506.
7. Розовський Г І, Вяшкаліс А. І. Хімічне міднення. Вільнюс, РІНТІП, 1966. 60 с.
8. Yu Xingwen, Cao Chunan etc. Study double layer rare earth metal conversion coating on aluminum alloy LY12 // Corrosion Science. 2001 №43, pp. 1283-1294.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Zum Gahr K.-H. Microstructure and wear of materials. – Amsterdam : Elsevier, 1987. – 560 p.
10. Wang Y.-L. An analysis of the influence of plastic indentation on three-body abrasive wear of metals / Y.-L. Wang, Z.-S. Wang // Wear, 1988. – V.122. – N2. – P.123–133.
11. Beckmann G., Gotzmann J. Analytische Betrachtung zum Strahleverschleis von Metall // Schmierungstechnik. – 1979. – V.10. – N4. – S.104–107.
12. Spurr R.T. The nature of contact during abrasion // Wear. – 1981. – V.67. – N3. – P.375–379.
13. Torrance A. A. An explanation of the hardness differential needed for abrasion // Wear. – 1981. – V.68. – N2. – P.263–266.
14. Rohrig K. Abrasionsbestandige Eisenguswerkstoffe. – VDI-Z. – 1962. – 124. – N5. – P. 11–14, 17–20, 23–24.
15. Kassim S. Al-Rubaie. Equivalent hardness concept and two-body abrasion of iron-base alloys // Wear. – 2000. – V.243. – 1-2. – P. 92–100.

					<i>КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КРБАТТАМ 25. 21119.000. ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства**

**Галузь знань: 27 Транспорт
Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»
Освітня програма: Автомобільний транспорт**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**Тема:
«Відновлення плунжерних пар паливних насосів
високого тиску»**

**Виконав: ст. 4 курсу, гр. АТ-21-1 Сівак Р.М.
Керівник: доц. Гончар В.А.**

Метою роботи аналіз процесу зношування та призначення найбільш раціонального способу відновлення плунжерів ПНВТ.

Основні завдання дипломної роботи:

- На основі літературного огляду умов роботи плунжера та теоретичного аналізу процесу зношування обрати технологію для відновлення та підвищення зносостійкості.
- Провести порівняльний аналіз ефективності хромування з іншими технологіями;
- Розробка технологічного процесу відновлення плунжерних пар.

Паливні насоси високого тиску



Рядний



Розподільчий



Магістральний

Види несправностей ПНВД та дефекти плунжера

Поломка	Причина	Усунення
Протікання	Вихід з ладу ущільнювачів сальників	Заміна сальників
	Мікротріщини в корпусі насоса	Заміна пошкодженої деталі чи насоса в зборі
Низька продуктивність	Порушення нормальної роботи клапанів	Заміна пошкодженої деталі чи насоса в зборі
	Збільшення зазору в плунжерній парі	Заміна плунжерної пари

Основні дефекти плунжера це:

- 1 Знос поверхонь
- 2 Сколи на кромках отворів та пазів



Матеріал виготовлення плунжера

Сталь 25Х5МА

легована конструкційна сталь вміст вуглецю – 0,25% , хрому –5% ,
молібден – 1%, високоякісна

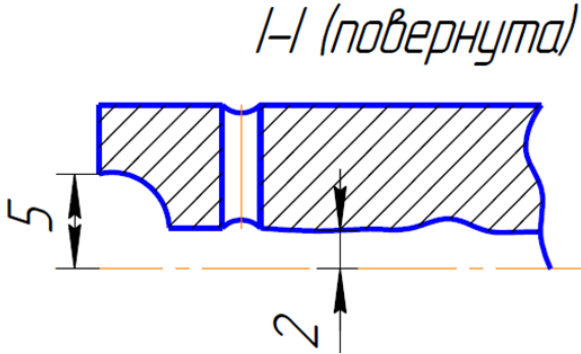
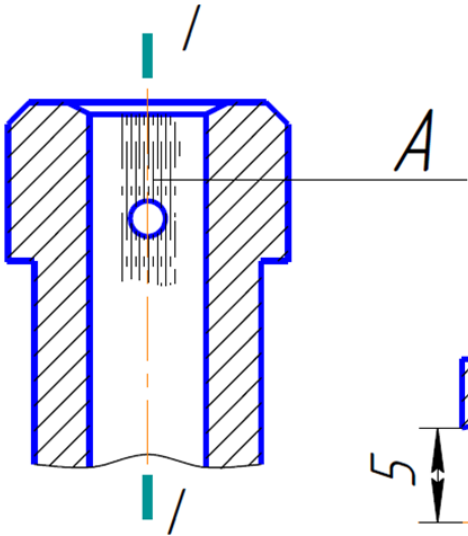
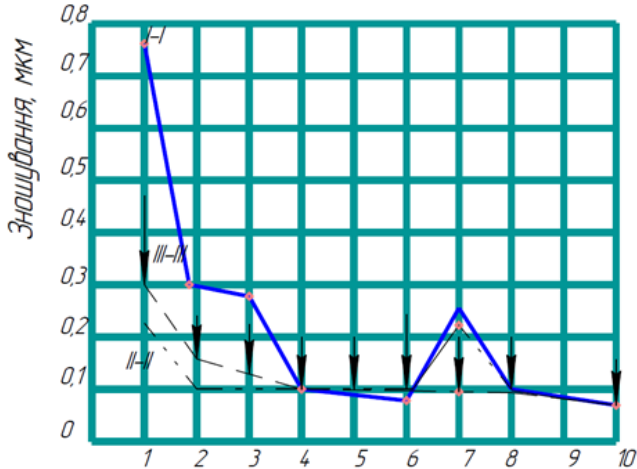
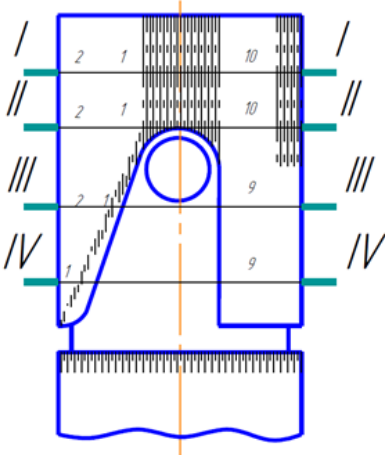
Хімічний склад сталі 25Х5МА

Сталь	Склад, %						
	C	Cr	Mo	Mn	Si	S	P
25Х5МА	0,22...0,32	4...6	0,4...0,5	0,3...0,7	0,8	0,025	0,03

Механічні властивості сталі 25Х5МА

Сталь	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %
25Х5МА	735	932	12

Характер зносу робочих поверхонь



Характеристика зносу зміцнених різними способами плунжерних пар

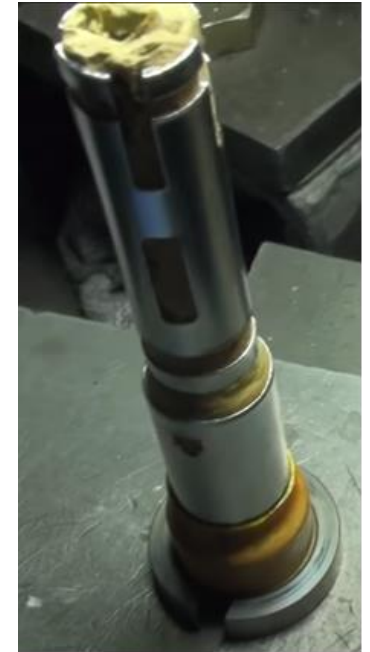
Матеріал плунжерної пари	Коефіцієнт X	Глибина місцевого зносу в мкм		Зниження гідроцильності у %	Коефіцієнт відносної зносостійкості	Тривалість випробувань
		плунжера	втулки			
Серійна, сталь ХВГ	1,00	4,8	2,2	83,3	1,0	24
Серійна, сталь ШХ15	1,18	5,2	2,8	62,5	1,2	24
Хромований плунжер, серійна втулка	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
Дифузійнолегований 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	20
Азотовані плунжер, втулка із сталі	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

Переваги електролітичних хромових покриттів в порівнянні з іншими технологіями відновлення

- висока зносостійкість;
- можливість повторного відновлення;
- досить висока адгезія покриття з поверхнею деталі;
- покращення антикорозійних властивостей ;
- підвищення захисту від ерозійного зношування;
- відсутність термічного впливу на деталь та ін.

Технологічний процес хромування:

1. Підготовка поверхні виробу шляхом шліфування та полірування.
2. Очищення від забруднень з допомогою спеціальних засобів та дистильованої води и протирання чистою тканиною.
3. Повна ізоляція поверхонь, де не потрібно наносити хром, закривання отворів (якщо не потрібно обробляти внутрішні поверхні).
4. Встановлення деталі на підвіску з гарантованим електричним контактом
5. Повне обезжирювання, промивка водою, висушування.
6. Декапування зворотнім струмом.
7. Хромування.
8. Промивання в дистильованій, холодній та гарячій воді.
9. Сушка та розбирання підвісок.
10. Термічна обробка (Загартування у масляній ванні).
11. Шліфування оброблених поверхонь плунжера до розмірів.
12. Контроль та притирання відновлених плунжерів із гільзами.



ВИСНОВКИ

- На основі досліджень умов роботи плунжера обрано технологію для відновлення та підвищення зносостійкості.
- Проведено порівняльний аналіз зносостійкості хромованих деталей з іншими технологіями;
- Розроблено технологічний процес відновлення плунжерних пар.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!