

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу ремонту паливного насоса
НД 21/4

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Максим КОСТЮК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Роман

РОГАТИНСЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Марія СПРАВСЬКА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«29» січня 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Костюку Максиму Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу ремонту паливного насоса НД 21/4

Керівник роботи Рогатинський Р.М., д.т.н., професор.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » січня 2024 року № 4/7-73

2. Термін подання студентом завершеної роботи 17 червня 2024

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту паливного насоса НД 21/4

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Паливний насос високого тиску НД-21/4 – А1;

Стенд для притирання плунжерних пар – 2А1;

Пристрій для притирання плунжерних пар – А1;

Бабка – А2;

Вал ведений в зборі – А2;

Деталювання – А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 29.січня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.02.2024	
2	Технологічний розділ	15.03.2024	
3	Конструкторський розділ	19.04.2024	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	09.05.2024	
5	Оформлення графічної частини	21.05.2024	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	26.06.2024	

Студент

(підпис)

Максим КОСТЮК

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Роман РОГАТИНСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Удосконалення технологічного процесу ремонту паливного насоса НД 21/4».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра д.т.н., професор Рогатинський Р.М.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 50 сторінок формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини 5 сторінок додатків.

Ключові слова: підвищення надійності, контроль якості, удосконалення, ефективність, оптимізація.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Структура і функціонування насоса для палива моделі НД 21/4.....	7
1.2 Опис будови та принципу роботи плунжерних пар паливного насосів НД 21/4.....	10
1.3. Постановка завдання на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	10
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	12
2.1 Процедура відновлення насосів НД 21/4.....	12
2.2 Процедура відновлення плунжерних пар.....	15
2.3 Аргументація організації праці у майстерні для відновлення НД 21/4.....	22
2.3.1 Режим виконання завдань та використання часових ресурсів.....	22
2.3.2 Витрати робочого часу на відновлювальні заходи.....	23
2.4 Структура виробничих процесів у ремонтній компанії.....	24
2.5 Технічний розклад для механічної ремонтної майстерні із організацією зони обслуговування НД 21/4.....	26
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	34
3.1 Огляд наявних механізмів для шліфування плунжерних пар.....	34
3.2 Апарат для шліфування точних компонентів. Функціональність та технічні параметри.....	35
3.3 Конструкція та принцип дії обладнання.....	35
3.4 Обчислення компонентів устаткування.....	37
3.4.1 Обчислення клинної ремінної передачі.....	37
3.4.2 Розрахунок діаметра веденого валу.....	41
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	43
4.1 Охорона праці при підготовці, ремонті і відновленні плунжерних пар...	43
4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на дільниці з ремонту паливної апаратури.....	43
4.3 Забезпечення електробезпеки при відновленні плунжерних пар	45
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	48
БІБЛІОГРАФІЯ.....	49

ВСТУП

У сучасних умовах експлуатації промислового обладнання, надійність та ефективність технічних систем відіграють вирішальну роль. Паливні насоси, як життєво важливі компоненти багатьох видів техніки, зокрема НД 21/4, вимагають постійного уваги та високоякісного обслуговування для підтримання їх працездатності на належному рівні. Відсутність ефективної технології ремонту може призвести до зниження продуктивності обладнання, підвищення витрат та зростання ризику виробничих аварій. Тому актуальність удосконалення процесів ремонту такого обладнання є незаперечною.

Основною метою цієї кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка удосконаленого технологічного процесу ремонту паливного насоса НД 21/4, що дозволить збільшити надійність роботи насосів, скоротити час на їх ремонт та зменшити витрати на обслуговування. Ця робота включає аналіз існуючих методів ремонту, виявлення їх недоліків та розробку нових рішень, заснованих на сучасних досягненнях в галузі технічного обслуговування та ремонту обладнання.

У процесі дослідження будуть застосовані методи машинного навчання для аналізу даних про відмови насосів, статистичні методи для оцінки ефективності виконаних ремонтів, а також інноваційні матеріали та технології для відновлення деталей насоса. В результаті планується розробити комплекс рекомендацій, що сприятимуть підвищенню загальної ефективності ремонтних робіт.

Очікується, що впровадження розроблених рекомендацій дозволить значно підвищити терміни служби паливних насосів, знизити частоту їх неполадок та оптимізувати витрати на їх експлуатацію, що є критично важливим для забезпечення безперебійної роботи виробничих процесів у багатьох галузях промисловості.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Структура і функціонування насоса для палива моделі НД 21/4

Нещодавно на тракторах вітчизняного виробництва почали використовувати одноплунжерні паливні насоси, які забезпечують дозування палива, його нагнітання і розподіл по циліндрах двигуна за допомогою однієї насосної секції. Плунжер таких насосів не лише рухається вгору і вниз, але й обертається навколо своєї осі. У порівнянні з багатоплунжерними насосами, одноплунжерні мають менші розміри і масу, менше деталей і їх легше обслуговувати. Однак основним недоліком таких насосів є швидке зношування їхніх ключових деталей.

На чотиритактних чотирициліндрових двигунах використовується одноплунжерний насос палива під назвою НД-21/4. Цей насос є стандартною моделлю в лінійці уніфікованих насосів для автотракторних двигунів, які можуть мати від одного до дванадцяти циліндрів.

Корпус, показаний на рисунку 1.1, виготовлений із алюмінієвого сплаву та має три виробничі отвори, в які вбудовані кулачковий механізм, насосна секція та регулятор. Для закріплення насоса на двигуні використовується спеціальний установочний фланець під номером 1. Кулачковий вал (позначений як 21) обертається в корпусі насоса за допомогою кулькових підшипників під номерами 14 та 22. Лівий кінець вала має хвостовик з різьбою для кріплення привідної шліцьової втулки (позначено як 2). Кулачок вала обладнаний чотирма виступами (позначеними як 24), які розташовані на одній площині, оскільки кожен з них працює з одним і тим же плунжером. У корпусі насоса знаходиться роликовий штовхач (під номером 3) з фіксатором (під номером 28), який забезпечує утримання штовхача від обертання.

Ексцентриковий валик під номером 17 використовується для активації підкачувальної помпи під номером 30. Сам валик збуджується за допомогою кулачкового вала насоса, для чого на його кінцевій частині є прямокутний виступ, що вставляється у виріз, викрійку, розташовану на кінці кулачкового вала.

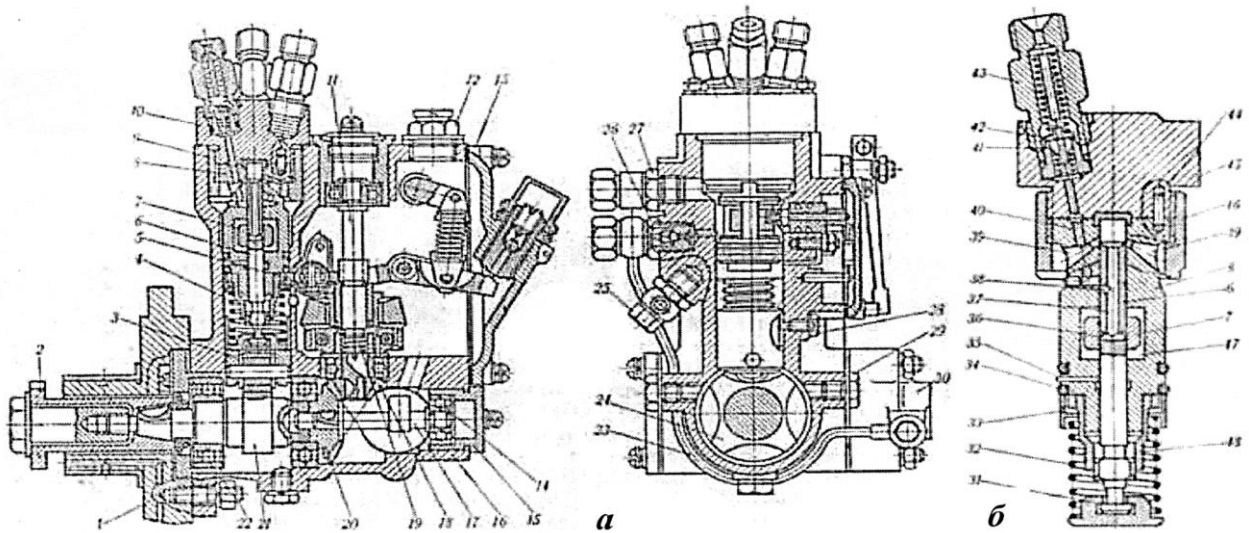


Рис. 1.1. Одноплунжерний паливний насос НД-21/4:

а - розрізи насоса; б - секція насоса; 1 - установочний фланець; 2 - шліцьова втулка. 3 - штовхан; 4 - пружина; 5 - проміжна шестірня; 6 - плунжер; 7 - дозатор; 8 - гільза; 9 - стяжна гайка; 10 - головка насоса; 11 - вал регулятора; 12 - сапун; 13 - кришка з коректором; 14 і 22 - шарикопідшипники; 15 - кришка; 16 - корпус насоса; 17 - ексцентриковий валик; 18 і 20 - конічні шестірні; 19 - пружина; 21 - кулачковий вал; 23 - трубка для перепуску палива; 24 - виступ кулачка; 25 - штуцер для підведення масла; 26 - штуцер для відведення відвічного палива; 27 - штуцер для підведення палива; 28 - фіксатор штовхана; 29 - пробка рівня масла; 30 - підкачувальний насос; 31 - нижня тарілка; 32 - пружина; 33 - верхня тарілка; 34 - ущільнювальні кільця; 35 - канал для підведення масла; 36 - відвічний отвір; 37 - центральний канал; 38 - розподільний отвір; 39 - впускний отвір; 40 - розподільний канал; 41 - зворотний клапан; 42 - нагнітальний клапан; 43 - штуцер; 44 - штифт; 45 - головка насоса; 46 - стяжна гайка; 47 - прямокутне вікно; 48 - зубчаста втулка.

На ексцентричному валі з фіксацією шліцем монтована конічна передача 20, котра вступає в зачеплення з аналогічним механізмом 18, що прикріплений до валу 11 контролера. Через вал контролера ініціюється обертання плунжера 6 помпи.

Склад помпової секції включає плунжер 6, муфту 8, дозувальник 7 та головку 45 помпи. Головка помпи з'єднана з муфтою за допомогою стяжної гайки 46. У обох, головці та муфті, розміщені два штифти 44, котрі гарантують вирівнювання паливних каналів. На головці помпи змонтовані штуцери 43 для кожного циліндра двигуна, від яких тягнуться трубопроводи високого тиску до

форсунок. Під цими штуцерами у головці помпи встановлені клапани - зворотний 41 і нагнітальний 42.

Верхня частина гільзи 8 плунжера 6 оснащена двома вхідними отворами 39 та чотирма керувальними каналами 40, що дозволяють послідовно (згідно з робочим циклом двигуна) з'єднувати простір над плунжером із форсунками через трубки. У центральній секції гільзи у прямокутному отворі 47 вмонтовано дозатор (регуляторний з'єднувач) 7. Щоб запобігти проникненню палива в нижню порожнину насоса, на гільзі передбачені дві канавки з ущільнювачами 34. У плунжері виконано основний канал 37, крізь який паливо потрапляє з надплунжерної порожнини до розподільчих 38 та обмежувальних 36 отворів. Нижня частина плунжера завершується хвостовиком для монтажу нижньої плити 31 пружини 32.

Насосний блок функціонує наступним чином. Під час опускання плунжера паливо, прокачане з допоміжної помпи, проходить через фільтр тонкого очищення, штуцер 27 і входить в простір над плунжером через отвори 39. У цей момент розподільчий отвір 38 не сполучений із розподільним каналом 40, а обмежувальний отвір 36 перекритий дозатором 7. Зі зміщенням виступу 24 кулачка на штовхач 3, плунжер 6 рухається уверх у гільзі 8, виштовхуючи паливо назад у трубопровід низького тиску. Як тільки плунжер закриває вхідні отвори 39, паливо потрапляє через центральний канал 37 і розподільний отвір 38 до каналу 40 гільзи і подається через нагнітальний клапан 42 у трубопровід високого тиску до форсунки. Подача палива припиняється, коли обмежувальний отвір 36 звільняється від дозатора 7. До наступного циклу нагнітання плунжер повертається на 90° , і його розподільний отвір вирівнюється проти наступного отвору гільзи для подачі палива до відповідної форсунки.

Регулювання обсягу палива відбувається шляхом зсуву дозувальника уздовж осі плунжера. Зсув дозувальника вниз призводить до зменшення подачі палива в циліндри, тоді як зсув угору - до її збільшення. Цей рух дозувальника керується регулятором за допомогою системи важелів. Протягом одного оберту кулачкового вала плунжер виконує чотири нагнітальні ходи і один повний

оберт навколо своєї осі, повертаючись на 90° під час кожного ходу, що забезпечує послідовне нагнітання палива до форсунок двигуна.

Обертальний рух передається до зубчастої втулки 48 плунжера від вала регулятора через проміжну шестірню 5.

1.2 Опис будови та принципу роботи плунжерних пар паливного насосів НД 21/4

Плунжерні пари паливного насосу НД 21/4 складаються з кількох основних компонентів, що працюють у взаємодії для забезпечення точності подачі палива. У будові пари важливою складовою є плунжери, що переміщуються вздовж циліндричних камер під дією гідравлічного тиску. Кожен плунжер має ущільнювальні кільця для запобігання витоку палива.

На кожному плунжері розташовані спеціальні канали та отвори, через які паливо поступає та виходить під високим тиском. Вони координуються з випускними та всмоктуючими клапанами для контролю потоку палива.

Принцип роботи полягає у взаємодії рухомих плунжерів з фіксованими камерами, де відбувається стискання та випуск палива під високим тиском. Кожен плунжер витісняє точно виміряну кількість палива при своєму русі у відповідності з параметрами робочого циклу. Така система забезпечує стабільну та точну подачу палива у двигун для забезпечення ефективної роботи.

1.3 Постановка завдання на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

На підставі вивчення технологій та методів ремонту паливних насосів високого тиску НД-21/4 визначені основні напрямки виконання кваліфікаційної роботи бакалавра. Вони включають:

Аналізувати фактори, що призводять до зносу плунжерних пар та вивчати, як це впливає на ефективність роботи паливного насоса;

Удосконалити методику відновлення плунжерних пар, що включає вибір матеріалів, інструментів та послідовність виконання ремонтних робіт.

Розробити набір технічних пристроїв і обладнання для реставрації плунжерних пар, включаючи деталізовані специфікації і креслення.

Створити план дій, спрямований на забезпечення безпеки працівників під час виконання робіт, включаючи використання захисного спорядження та дотримання стандартів безпеки.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Процедура відновлення насосів НД 21/4

Насоси, що потрапили на обслуговування, спочатку проходять процедуру зовнішнього прибирання та підготовки до ремонту. Після цього вони розбираються на компоненти за допомогою станку СО-1606А. Після розбирання деталі насосів очищуються у спеціальних ваннах, де за можливістю узагальнені складні вузли не демонтується. Після очищення всі деталі направляються на діагностику для виявлення дефектів, крім складних вузлів, де деталі перевіряються за аналогічними процедурами, що застосовуються для інших компонентів, включаючи зовнішній огляд, вимірювання зношування та виявлення тріщин.

У двигуна, вузол, що виконує функцію постачання палива під високим тиском, є найскладнішим і витратним. Відмова цього елемента зазвичай виникає внаслідок зношування робочих поверхонь плунжерних пар, які відповідають за точність і складність технічної реалізації як у самому насосі, так і в усьому двигуні.

На малюнку 2.1 зображено дизайн і ключові структурні компоненти плунжерної пари. Цей пристрій включає в себе шток 1 та гільзу 2. Гільза цієї пари обладнана двома проходжими отворами: входним 2 і вихідним 3, причому перший розміщений трохи нижче за другий. Шток оснащений осьовим отвором 4, який пов'язаний з двома симетричними спіральними борознами 5.

Хоча існує багато різновидів плунжерних пар, їхня будова зазвичай однакова, і вони виконують порівнянні завдання, що призводить до схожого типу зношування їхніх активних поверхонь.

Знос точних пар вимірюють у тисячних частинах міліметра (мікрометрах). Кожну точну пару перевіряють не менше трьох разів. Експлуатаційно придатні компоненти зберігають окремо. Частини, які потребують відновлення, ремонтують за допомогою наплавлення, шліфування до необхідних розмірів або електролітичного нарощування. Після ремонту,

насос знову збирають і проводять його тестування з регулюванням подачі палива.

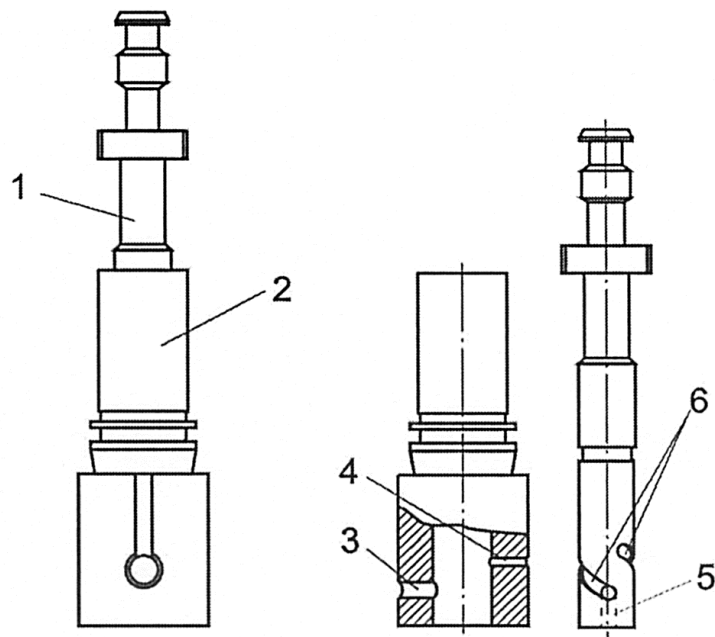


Рис. 2.1. Основні характеристики та структурні складові плунжерного механізму.

Пошкодження поверхні штока, показане на малюнку 2.2, виникає в місцях, що протистоять вхідним 1 і викидним 2 отворам гільзи. Під час використання на вказаних поверхнях цих ділянок формується матова пляма, що з часом призводить до утворення зубчастості. Глибина цих подряпин може досягати 10 мкм.

Максимальний знос штока спостерігається біля його нижнього краю. Тип зносу є гідроабразивним. Коли нижній кінець штока закриває впускний отвір втулки та починається цикл впорскування, у щілину між штоком і гільзою потрапляють абразивні частки разом з паливом. Ці частинки, часто більші за розмір щілини, захоплюються і кочуються через цей зазор, відрізаючи метал з поверхонь штока та втулки своїми гострими краями. Коли ці частки продовжують рухатись, їхні ріжучі краї сточуються, частинки подрібнюються, і їх різальна здатність знижується, що пояснює зменшення ступеня зносу далі від нижнього краю штока.

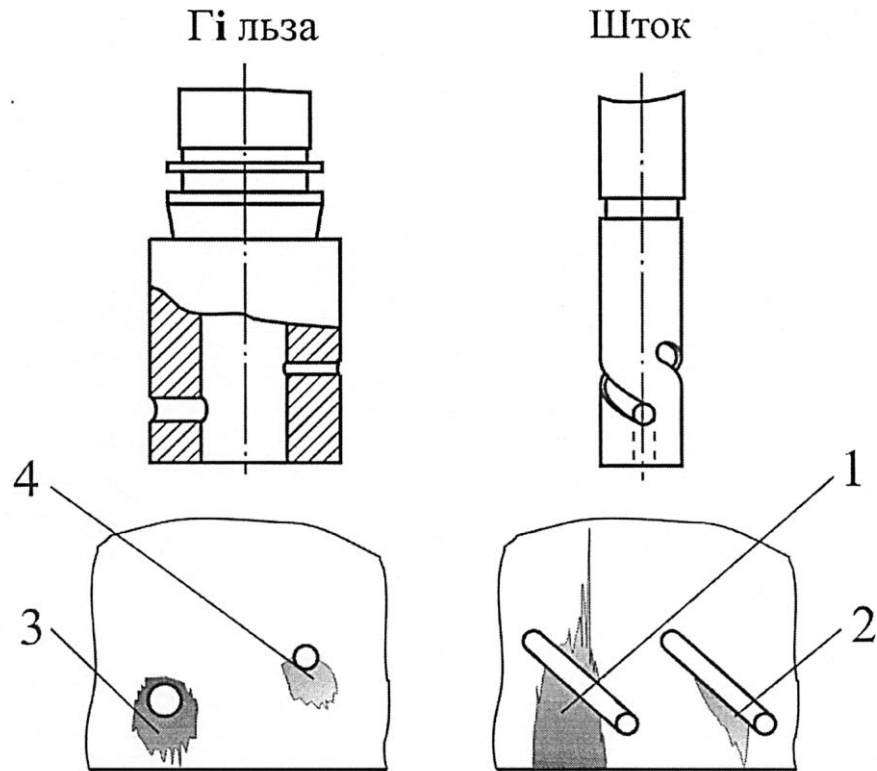


Рис. 2.2. Місця найбільшого зношування плунжерної пари.

Знос внутрішньої поверхні втулки у плунжерній парі відбувається на ділянках поруч з впускним 3 та відсичним 4 отворами. Найінтенсивніший знос відзначається біля впускного отвору. Тип зносу біля впускного отвору переважно абразивний, тоді як у районі відсичного отвору знос викликаний кавітацією.

Зазначається, що компоненти плунжерних пар є невзаємозамінними. Згідно з виробничими стандартами, завершальним етапом у процесі створення плунжерних пар є їхнє цільове складання. Пари компонують з радіальним проміжком не більше 1,5 мкм, хоча окремі частини виробляються з варіацією діаметрів до кількох сотих часток міліметра. Така практика потребує нового підходу до відновлення функціональності плунжерних пар, основою якого стає селективне зібрання груп деталей одного розміру. Ключовою умовою для формування «нових пар» є реставрація циліндричності зношених поверхонь. Це означає, що робочі поверхні мають бути відшліфовані таким чином, що на них не залишиться слідів зносу.

Дослідження різних методів реставрації внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь зношених плунжерних пар виявило, що

найефективнішим і економічно вигідним методом, який забезпечує високу точність, є одночасне шліфування штока та гільзи з використанням алмазної пасти. Цей метод полягає в тому, що шток слугує інструментом для шліфування гільзи, а гільза використовується для шліфування штока, тобто обробляються ті ж самі компоненти, які раніше функціонували разом.

2.2 Процедура відновлення плунжерних пар

На ілюстрації 2.3 представлена методика перешліфовування зношених робочих поверхнь штока та гільзи. Згідно з цією схемою, гільза 1 розташована у кріпленні 2, а шток 3 фіксується в шпинделі верстата 4. Штоку забезпечується обертальний рух зі швидкістю не менше 3000 оборотів на хвилину і зворотно-поступальний рух із частотою близько одного ходу на секунду.

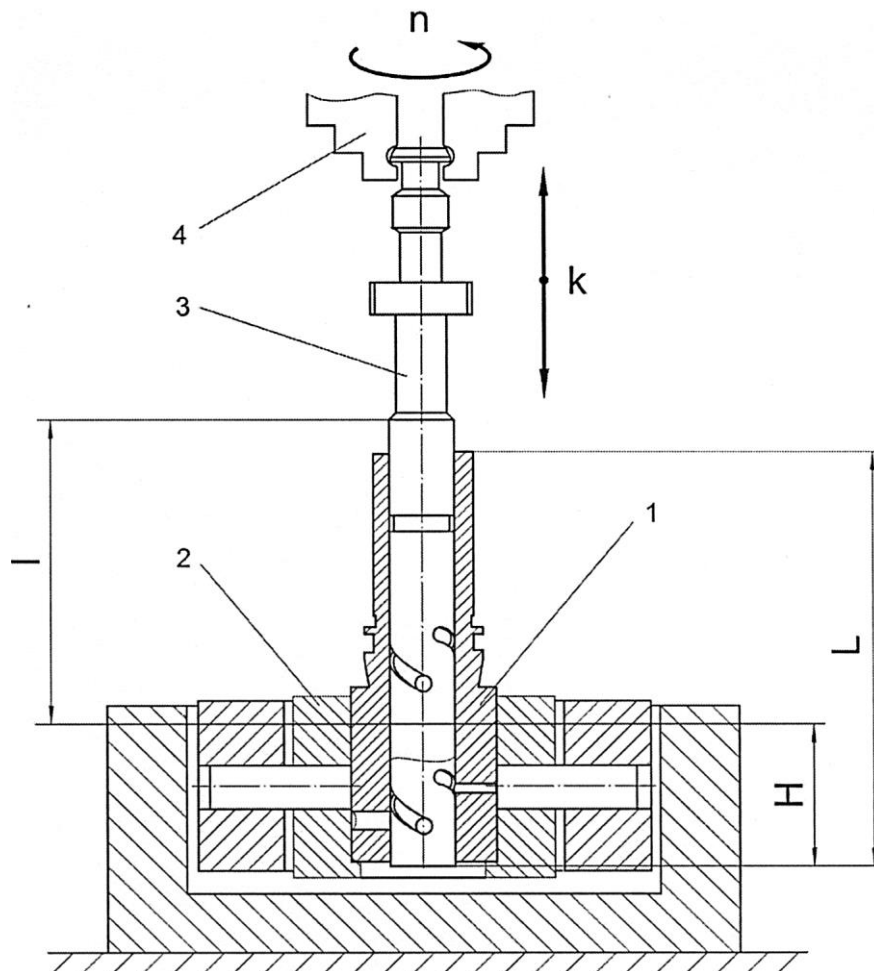


Рис. 2.3. Методика одночасного шліфування зношених робочих поверхнь штока та гільзи.

Довжина робочого ходу штока має становити приблизно половину довжини робочої поверхні гільзи, тобто $H = 0,5 L$.

Для обробки слід застосовувати алмазну пасту марки 2/1. У випадку збереження слідів зносу на поверхнях деталей плунжерної пари після використання пасти 2/1, процедуру необхідно повторити спочатку з використанням пасти 3/2, а потім – 5/3. Завершивши перешліфовування, плунжерні пари розбираються, деталі промиваються бензином чи органічними розчинниками і направляються на нове цільове складання. Вивчення змін розмірів деталей до та після шліфування зношених поверхонь проводилось на плунжерних парах для паливних насосів високого тиску дизельних двигунів Д-144.

На малюнку 2.4 представлено розподіл діаметральних вимірів штока та гільзи перед шліфуванням зношених поверхонь. Розмір отвору перевищує розмір вала на декілька тисячних частин міліметра, що відповідає робочому зазору плунжерної пари. Після процесу шліфування, зображеному на рисунку 2.5, графіки нормального розподілу розмірів зсуваються в різні сторони на величину знятого припуску. В результаті шліфування, діаметр штока зменшується приблизно на 3-5 мкм, тоді як діаметр гільзи збільшується на аналогічну величину.

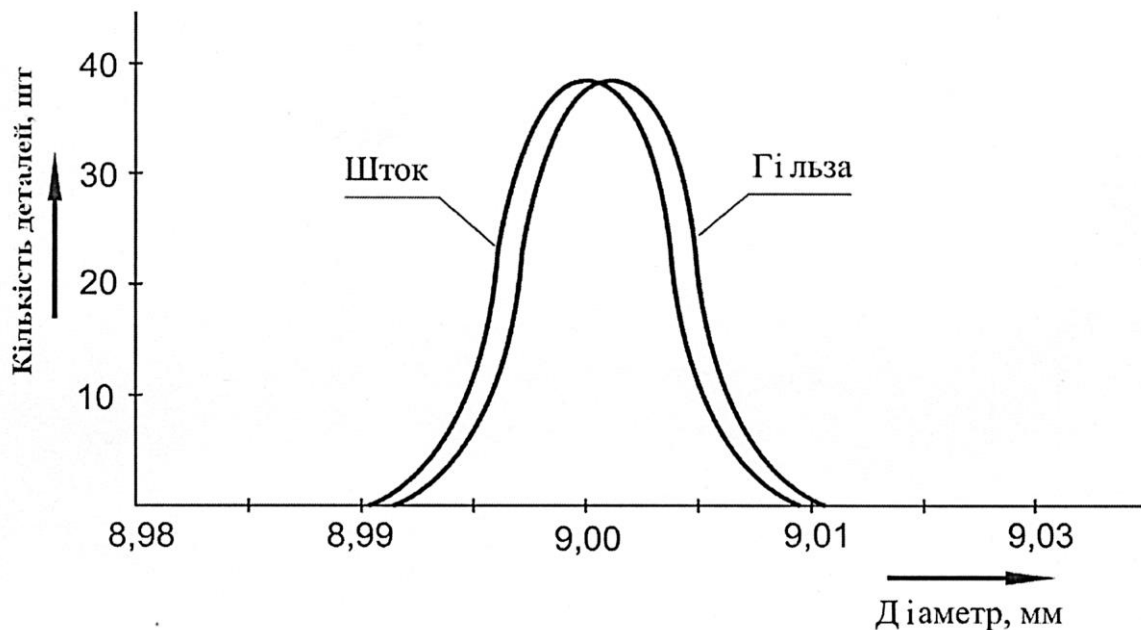


Рис. 2.4. Розподіл вимірів штока та гільзи перед процесом шліфування.

Досвід підтверджує, що при стандартних зносах, видалення зазначеної кількості матеріалу зазвичай повністю усуває зношені області на поверхнях деталей. Частини, розміри яких попадають у зону 1, мають високу імовірність складатися в нові пари, оскільки їх номінальні розміри співпадають.

В ході дослідження було розроблено простий підхід до нового вибіркового складання пар. Без визначення точного розміру після шліфування гільзи були відсортовані за схожими розмірами. Розмах розмірів у кожній групі складав 5 мкм. Для розбиття гільз на групи використовувався спеціальний конусоподібний калібр з різницею діаметрів 0,025 мм.

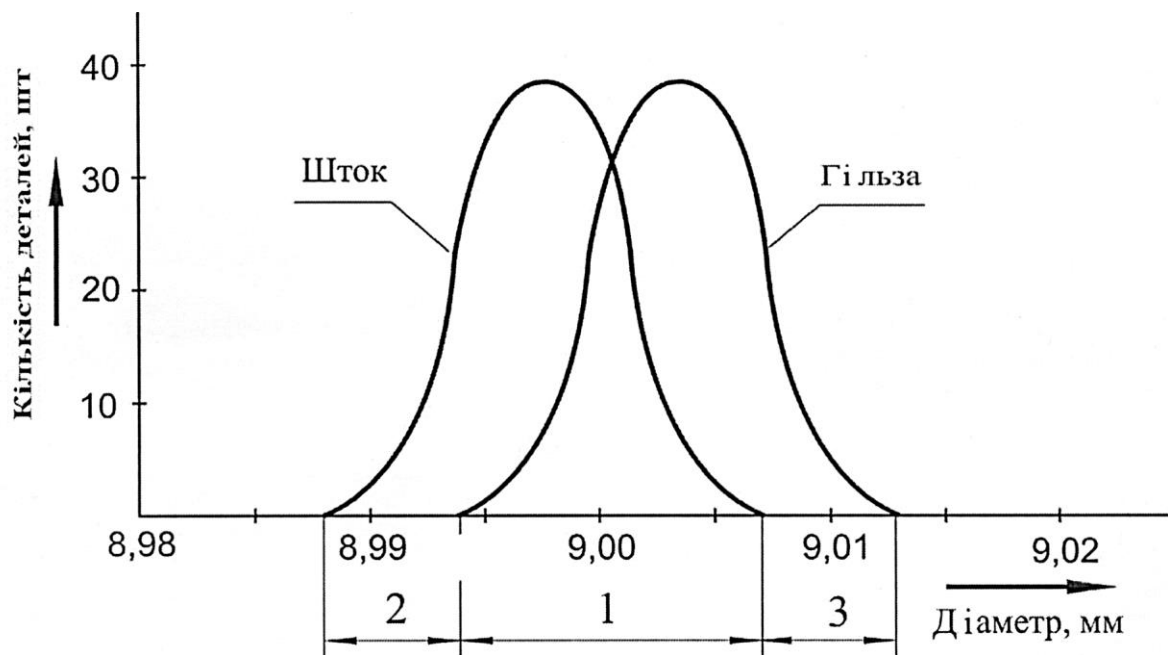


Рис. 2.5. Розподіл вимірювань штока та гільзи після шліфування.

Калібр мав розмічену шкалу з поділами на п'ять рівних частин, які були пронумеровані від 1 до 5. Визначення групи, до якої належала гільза, відбувалося за глибиною, на яку калібр занурювався в отвір гільзи. Метод розділення шліфованих гільз на розмірні групи ілюстрований на рисунку 2.6.

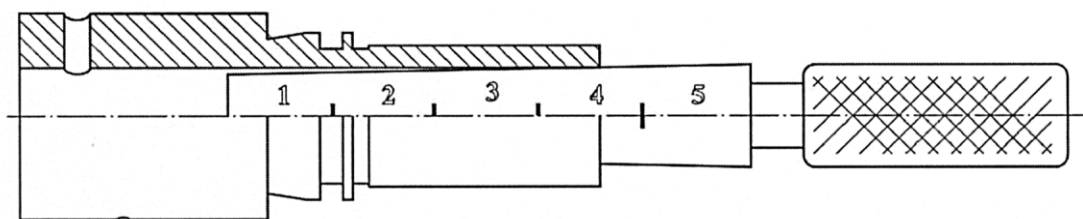


Рис. 2.6. Конусний калібр для встановлення групи розмірів гільзи.

В результаті кожна деталь розміщувалася у відповідну з п'яти секцій, де в кінцевому підсумку зібрано деталі одного розмірного діапазону. Секції з ідентичними деталями організовані в порядку збільшення їх розмірів. Завдяки такій організації вибір втулки під шток відповідного діаметру стає простішим. Спочатку нова пара зібрана з легким натягом, так що шток, хоча і з певною трудністю, міг переміщатися в гільзі. Потім виконувалася доводка пари за допомогою алмазної пасти з розміром зерна до 1 мкм, тобто пасти марки 1/0.

Приблизно 40 відсотків перешліфованих пар, зібраних за цією методикою, виявляються якісними. Деталі, розміри яких попадають у зони 2 та 3 (див. рисунок 2.5), на практиці не можуть бути скомпоновані в пари. У будь-якій можливій комбінації, зазор між компонентами виявиться більшим за допустимий.

Як вже зазначалося, частина деталей після шліфування не підходить для складання в нові пари. Штоки з діаметрами, що відповідають зоні 2, та гільзи з діаметрами із зони 3 (див. рисунок 2.5) не можуть забезпечити належний зазор при жодній комбінації.

Для можливості ефективного складання вищезазначених груп деталей, шток слід покрити зносостійким матеріалом товщиною від 5 до 7 мкм. Дослідження показали, що оптимальними методами для збільшення діаметра гільзи є застосування хіміко-гальванічного методу для нанесення рівномірного шару хрому приблизно 10 мкм товщиною, з подальшою обробкою поверхні для відновлення її циліндричності.

Як виявилось на практиці, найбільш ефективним і економічним методом відновлення циліндричності штока після покриття є шліфування за допомогою саморегулюючого бруска та обробка алмазною пастою. Техніка цієї обробки демонструється на рисунку 2.7.

Оброблювана деталь, яка обертається за допомогою роторного центра, отримує обертання зі швидкістю не менше 3000 об/хв. Шліфувальний брусок, що притискається до деталі, автоматично вирівнюється відповідно до її поверхні та видаляє ділянки покриття, що виступають за межі середньої лінії твірної циліндра.

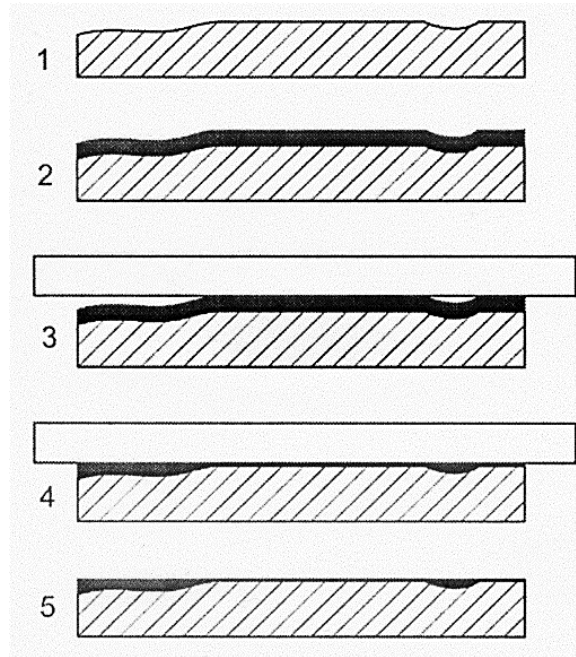


Рис. 2.7. Методика відновлення прямолінійності генератриси циліндричної поверхні штока.

У цій методиці обробки профіль шліфувального бруска виступає як формоутворюючий елемент, тому рівність його поверхні має наближатися до ідеальної. Оскільки поверхня бруска піддається зносу під час обробки, її необхідно періодично доводити, використовуючи інші подібні бруски для відновлення їх робочої площини. Процес відновлення прямолінійності генератриси циліндричної поверхні штока представлений на рисунку 2.8.

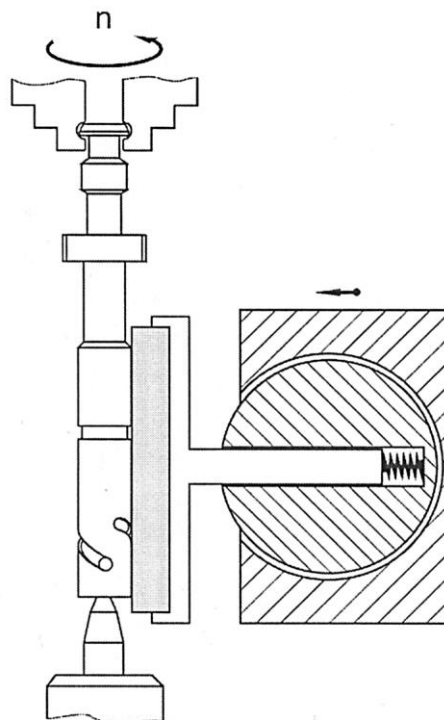


Рис. 2.8. Схема устрою для обробки поверхні штока шліфуванням.

Інтегрований нагляд за плунжерними парами проводиться під час перевірки та налаштування паливних насосів високого тиску, де вони застосовуються. Якщо робочі характеристики насоса не відповідають проектним, такі плунжерні пари відсіваються. Щоб уникнути таких випадків, відновлені плунжерні пари мають проходити повний контроль під час збірки.

Найточніший спосіб перевірки якості збірки плунжерних пар полягає у визначенні швидкості проходження дизельного палива крізь проміжок між штоком і гільзою, а також у вимірюванні рівня робочого тиску, який генерує плунжерна пара під час руху штока.

Схема установки для перевірки якості монтажу плунжерних пар зображена на рисунку 2.9. Ключові компоненти цієї установки включають стакан 1, в який вставляється плунжерна пара 2. Гільза плунжерної пари тісно прижимається до дна стакана за допомогою гайки 3. Робочий об'єм стакана пов'язаний з манометром 4. У стакані має бути дизельне паливо, в яке занурюється плунжерна пара з штоком, витягнутим у верхнє положення. Паливо заповнює внутрішній об'єм гільзи і може витіснитися штоком тільки крізь зазор між робочими поверхнями штока та гільзи. Зусилля на штоку створюється за допомогою важеля 5 з вантажами 6, що підвішені до нього.

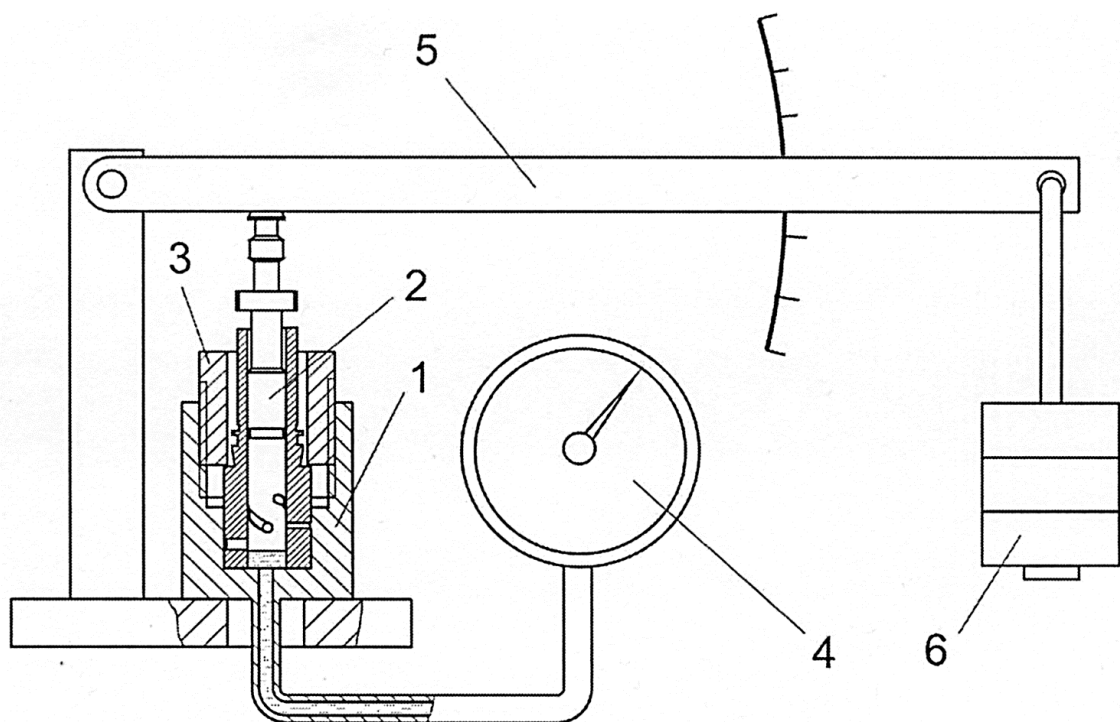


Рис. 2.9. Схема пристрою для перевірки гідравлічної герметичності плунжерних пар.

Описаний стенд забезпечує можливість оцінки тісноти з'єднання пари та визначення тиску, який вона може створити при заданому навантаженні на шток. Швидкість опускання важеля та тиск повинні бути калібровані відповідно до контрольних вимірів на нових плунжерних парах.

Під час вибіркової збірки плунжерні пари перевіряються за допомогою контактної плями на сполучених поверхнях. Для цього застосовується техніка, що включає використання графітової мастилки. Невелика кількість мастилки наноситься на робочі поверхні плунжерної пари та розподіляється по зазору між перевіряючими поверхнями через рух штока усередині гільзи. Після цього мастилку з поверхні штока видаляють, вставляють шток до гільзи та швидко витягують, залишаючи мастилку на внутрішній поверхні гільзи. Якщо з'єднання виконане якісно, поверхня штока має бути знову рівномірно покрита мастилкою. Наявність світлих ділянок на ньому є неприпустимою.

Зазор між штоком і гільзою може бути виміряний за допомогою непрямого методу, для чого застосовується спеціальне обладнання, яке демонструється на рисунку 2.10. Оцінити величину зазору можна за амплітудою коливань штока в гільзі, коли шток вставлений на десяту частину своєї довжини. Згідно зі схемою, амплітуда коливань стрілки індикатора при застосуванні альтернативного навантаження на шток безпосередньо корелює з розміром зазору у з'єднанні. Наприклад, для плунжерних пар дизельного двигуна Д-144 розмах коливань кінця штока при 5 міліметровому входженні у гільзу не повинен перевищувати 0,02 мм. В такому разі діаметральний зазор у парі не перевищить 2 мкм.

Цей метод контролю є простим та об'єктивним, і може бути застосований як початковий етап перевірки плунжерних пар. Далі аналізується контактна пляма сполучених поверхонь, а потім перевіряється щільність з'єднання через витік дизельного палива.

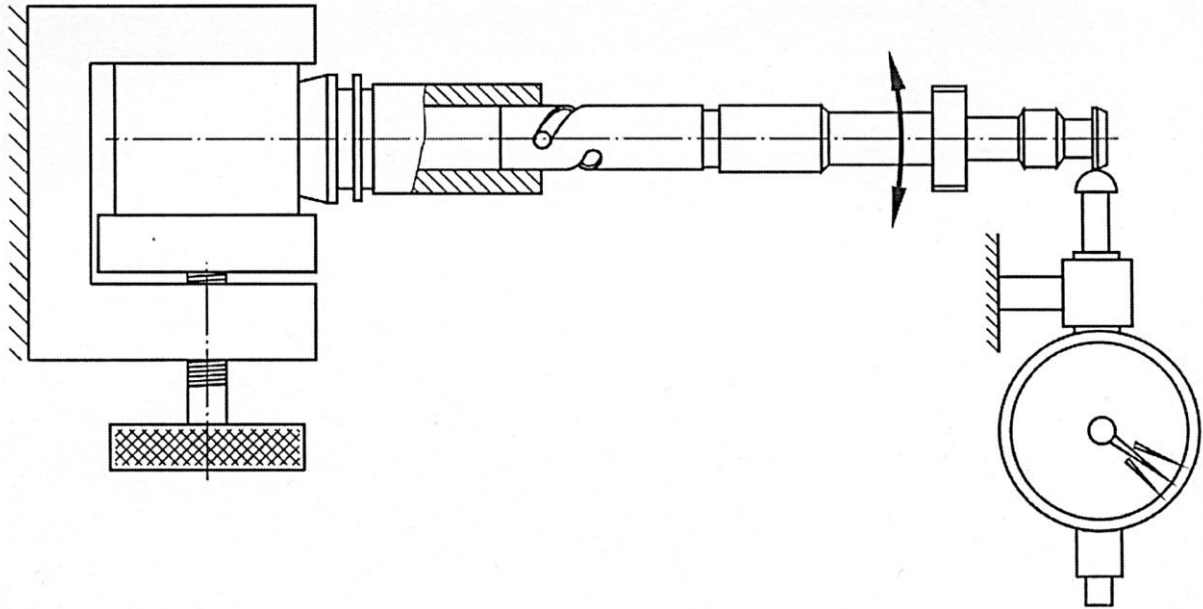


Рис. 2.10. Схема устрою для вимірювання розміру зазору в плунжерній парі, заснована на амплітуді коливань штока.

2.3 Аргументація організації праці у майстерні для відновлення НД

21/4

2.3.1 Режим виконання завдань та використання часових ресурсів

Визначаємо щорічні ресурси часу для ремонтної майстерні, працівників та технічного обладнання. Номінальний щорічний обсяг часу - це кількість годин, необхідних для виконання робіт без втрат, розраховується за допомогою формули.

$$\Phi_n = (K_p \cdot t_{зм} - K_n \cdot t_c) \cdot n, \quad (2.1)$$

$$K_p = 253;$$

$$K_n = 6(\text{год});$$

$$n = 1.$$

$$\Phi_n = (253 \cdot 8,2 - 6 \cdot 1) \cdot 1 = 2070 (\text{год}).$$

Застосовуємо формулу для визначення актуального щорічного часу, витраченого робітником на роботу.

$$\Phi_p = (\Phi_n - K_o \cdot t_{зм}) \cdot h_p, \quad (2.2)$$

$$h_p = 0,97;$$

$$\Phi_p = (2070 - 18 \cdot 8,2) \cdot 0,97 = 1860 (\text{год}).$$

Використовуємо формулу для розрахунку фактичного щорічного часу роботи обладнання.

$$\Phi_o = \Phi_n \cdot h_c \cdot h_o \quad (2.3)$$

Здійснимо розрахунок фактичного щорічного часу роботи робочого місця за допомогою формули.

$$\begin{aligned} \Phi_{\partial m} &= \Phi_n \cdot n_c \\ \Phi_{\partial m} &= 2070 \cdot 1 = 2070 \text{ (год)}. \end{aligned} \quad (2.4)$$

2.3.2 Витрати робочого часу на відновлювальні заходи

Обсяг витраченого часу на ремонтні заходи у ремонтному цеху НД 21/4 на різних робочих станціях визначаємо згідно із стандартними нормами часу для відновлення НД 21/4. Інформацію вносимо в таблицю 2.1.

Обсяг витраченого часу на ремонтні заходи у ремонтному цеху НД 21/4 на різних робочих станціях визначаємо згідно із стандартними нормами часу для відновлення НД 21/4. Відповідно до цих норм, кожен етап ремонтних робіт включає конкретні завдання та операції, для яких визначено нормативні показники часу.

Ці показники враховують складність робіт, необхідність застосування спеціального обладнання та інструментів, а також кваліфікацію працівників. На кожній робочій станції процес відновлення здійснюється послідовно, з чітким дотриманням технологічної карти ремонту, що дозволяє забезпечити високу якість виконання робіт та оптимальне використання трудових ресурсів.

Крім того, для ефективного управління часом ремонтних заходів використовуються сучасні методи планування та контролю, такі як системи управління виробничими процесами (ERP), що дозволяють своєчасно виявляти та усувати можливі затримки у виробництві.

Таким чином, дотримання стандартних норм часу є запорукою ефективного функціонування ремонтного цеху НД 21/4, забезпечуючи своєчасне та якісне виконання ремонтних робіт, що в свою чергу підвищує надійність та довговічність відновлюваного обладнання.

Таблиця 2.1. Витрати часу та категорія ремонтних робіт

Назва роботи	Розряд	Трудовісткість, люд-год
1. Доставка та зовнішнє миття	2	0,21
2. Зняття регулятора	3	0,12
3. Миття деталей регулятора у ванні	2	0,18
4. Зняття та розбирання підкачуючого насоса	3	0,10
5. Зняття головки насоса в зборі	3	0,21
6. Зняття тримача, рейки, хомута	3	0,22
7. Знімання штовхана	3	0,16
8. Знімання шестерні регулятора, муфти, маточини, шпонки	3	0,12
9. Знімання кулачкового вала	3	0,15
10. Випресовка з корпусу втулки, рейки	3	0,2
11. Миття деталей насоса у ванні	2	0,18
12. Дефекація деталей насоса	5	0,23
13. Ремонт корпусу і деталей регулятора	4	0,22
14. Ремонт деталей підкачуючого насоса	5	0,21
15. Ремонт кулачкового вала і штовхача	4	0,24
16. Ремонт прецизійної пари	5	0,28
17. Збирання насоса	5	0,35
18. Випробування, обкатка і регулювання насоса	5	0,25
19. Фарбування насоса	2	0,21

2.4 Структура виробничих процесів у ремонтній компанії

Використовуючи інформацію про часові затрати на різні етапи відновлення НД 21/4, ми створюємо розклад координації ремонтних дій.

Для розробки цього розкладу необхідно встановити періодичність ремонтних операцій, яку визначаємо згідно з наступною формулою:

$$\tau = \frac{\Phi_n}{N}, \quad (2.5)$$

$$\Phi_n = 2070_{год};$$

$$N = 1500(шт).$$

$$\tau = \frac{2070}{1500} = 1,38$$

Часовий інтервал ремонтних операцій продукту найкраще встановлюється за допомогою графічного методу.

Кількість співробітників, задіяних на кожній робочій станції, обраховуємо використовуючи наступну формулу:

$$P_p = \frac{T_p}{\tau}, \quad (2.6)$$

Виконаємо обчислення для процесу зовнішнього очищення насоса.

$$P_p = \frac{0,21}{1,38} = 0,15 (чол.).$$

Робочі станції організуються у вигляді постів. Оскільки кількість працівників, необхідна для кожної діяльності, може не бути цілим числом, визначення призначеної кількості відбувається шляхом групування робочих станцій у пости для оптимального залучення персоналу. Водночас враховується, що недозавантаження може становити до 5%, а перевантаження - до 15%.

Навантаження кожного працівника на пості розраховується відповідно до формули:

$$C_d = \left(\frac{D_d}{D_{i0}} \right) \cdot 100\%, \quad (2.7)$$

$$3_p = \left(\frac{0,15}{1} \right) \cdot 100\% = 15 \%.$$

При організації робочих зон їхня кількість має бути якомога меншою. Це можливо шляхом збільшення кількості працівників на кожній станції до допустимого ліміту.

Кількість осіб на кожній станції визначається залежно від особливостей виконання завдань кількома особами, а також маси та розмірів об'єктів.

Час, потрібний для завершення завдань на кожній станції, обчислюється за допомогою формули:

$$t_i = \frac{T_p}{P_{np}}, \quad (2.8)$$

$$t_i = \frac{0,21}{1} = 0,21 \text{ (год)}.$$

За допомогою розкладу встановлюють максимальний період t_{max} . Усій часовий проміжок виробничого циклу, з урахуванням перевірок, транспортування, підготовки компонентів перед монтажем та часу між операціями, складає:

$$t = 1,1 \cdot t_{max}, \quad (2.9)$$

Період циклу t_{max} розрахований як 1,1 умножити на 1,38, що дорівнює 1,52.

Визначають ключовий показник виробничого процесу - обсяг ремонтних робіт, а саме кількість виробів, що одночасно перебувають у ремонті. Його обчислення ведеться за наступною формулою:

$$f = \frac{t}{\tau} = \frac{1,52}{1,38} = 1 \text{ насос}.$$

2.5 Технічний розклад для механічної ремонтної майстерні із організацією зони обслуговування НД 21/4

Розрахунок витрат часу на роботи у зоні та підрахунок необхідної кількості персоналу. Композицію цехів на заводі формуємо, враховуючи тип обладнання, що підлягає ремонту, щорічний план розвитку виробництва, план координації діяльності та стандартні проектні рішення. Фінальний склад заводу встановлюють після визначення кількості робочих і виробничих площ. Щорічний обсяг робіт для кожного цеху вираховуємо на основі річного плану виробництва і трудомісткості конкретного обладнання, застосовуючи процентне співвідношення по окремим видам діяльності. Розподіл загальної

трудомісткості для кожного відділення викладемо нижче. Результати обчислень вносимо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. Трудомісткість по цехах

Назва дільниці	Трудомісткість	
	люд-год	відсотки
1. Дільниця механічної обробки	409,9	11,2
1. Дільниця ремонту насосів НД 21/4	1229,7	33,5
3. Зварювально-наплавочна дільниця	691,7	18,9
4. Дільниця гальванічного нормування	547,5	14,96
5. Дільниця обкатування, випробування та ремонту	563,6	15,4
6. Дільниця дефектації та перевірки деталей	217,6	5,94
Всього	3660	100

Обрахунок чисельності виробничого персоналу для кожної секції проводимо відповідно до наступної формули:

$$D_n = \frac{\dot{O}}{\hat{O}_a}, \quad (2.10)$$

Визначаємо існуючий персонал за допомогою наступної формули:

$$D_n = \frac{\dot{O}}{\hat{O}_i}, \quad (2.11)$$

$$\Phi_n = 2070(\text{год}).$$

Списочний контингент працівників використовується для визначення загальної чисельності працівників та кількості осіб у побутових приміщеннях, а наявний контингент - для обрахунку кількості робочих місць у приміщенні.

Дані про кількість працівників на дільницях наведено в таблиці 2.3.

Розмір допоміжного персоналу встановлюють на рівні п'яти відсотків від загального числа працівників у списку.

$$P_{don} = 0,05 \cdot P_c = 0,05 \cdot 5 = 0,25.$$

Встановлюємо P_{don} на рівні 1 особа.

Число обслуговуючих працівників визначаємо як вісім відсотків від загальної кількості основного виробничого персоналу та допоміжних працівників.

$$P_{обсл}=0,08 \cdot (P_c + P_{дон}) = 0,08 \cdot (5 + 1) = 0,48.$$

Таблиця 2.3 Чисельність робітників на дільницях.

Назва дільниці	Кількість працівників					
	Списочна			Наявна		
	Φ_{δ}	$P_{озр}$	$P_{прий}$	$\Phi_{н}$	$P_{озр}$	$P_{при}$
1. Дільниця механічної обробки	1860	0,22	1	2070	0,2	1
1. Дільниця ремонту насосів НД 21/4	1860	0,66	1	2070	0,59	1
3. Зварювально-наплавочна дільниця	1860	0,37	1	2070	0,33	1
4. Дільниця гальванічного нормування	1860	0,29	1	2070	0,26	1
5. Дільниця обкатування та випробування	1860	0,30	1	2070	0,27	1
6. Дільниця дефекації деталей	1860	0,12	1	2070	0,11	-
Всього			5			5

Встановлюємо $P_{обсл}$ на рівні 1 особа.

Кількість інженерно-технічного персоналу визначаємо як десять відсотків від загальної чисельності працівників у списку.

$$P_{имн}=0,1 \cdot (P_c + P_{дон}) = 0,1 \cdot (5 + 1) = 0,6.$$

Приймаємо, що кількість осіб $P_{имн}$ дорівнює 1.

Обчислюємо загальну кількість працівників ремонтного підприємства за допомогою даної формули.

$$P = P_c + P_{дон} + P_{обсл} + P_{имн} \quad (2.12)$$

$$P = 5 + 1 + 1 + 1 = 8 \text{ (чол).}$$

Ми плануємо прийняти вісім осіб.

Обрання та визначення параметрів техніки. У додатковому поясненні наводимо обрахунки необхідної кількості мийок, верстатів та стендів для тестування. Решту апаратури визначаємо з огляду на вимоги виробничого процесу та періодичність обслуговування.

Кількість мийних установок встановлюємо згідно з формулою:

$$N_i = \frac{Q \cdot \beta}{\tau \cdot g \cdot h}, \quad (2.13)$$

$$Q = 0,0035 \text{ кг}; \beta = 0,8; \tau = 1,38; h = 0,7.$$

Обираємо пральний апарат моделі ОМ-131 В.

$$N_i = \frac{0,0035 \cdot 0,8}{1,38 \cdot 0,5 \cdot 0,7} = 0,01 \text{ (шт.)}.$$

Встановлюємо $N_M=1$ (одиниця). Обрахунок числа металообробних станків ведемо відповідно до вказаної формули.

$$N_{\bar{n}} = \frac{\dot{O}_{\bar{n}}}{\hat{O}_{\bar{n}} \cdot r}, \quad (2.14)$$

$$T_c = T_1 w = 5,4 - 1450 = 7830 (\text{год});$$

$$\Phi_{\partial} = 2030 (\text{год}); r = 0,85.$$

$$N_{\bar{n}} = \frac{7830}{2030 \cdot 0,85} = 4,54.$$

Встановлюємо $N_c=4$ (одиниці).

Кількість потрібних стендів для тестування, перевірки та налаштування визначаємо згідно з наступною формулою.

$$N_A = \frac{\alpha_n \cdot (t_1 + t_2)}{\tau_{\partial} \cdot \hat{E}_{\bar{n}}}, \quad (2.15)$$

Приймаємо $\alpha_p = 1,05; t_1 = 0,25; t_2 = 0,15; K_c = 0,9$.

$$N_A = \frac{1,05 \cdot (0,25 + 0,15)}{1,38 \cdot 0,9} = 0,34.$$

Визначаємо кількість тестових стендів $N_A=1$ (одиниця).

Внесено розраховане та обране обладнання до таблиці 2.4.

Таблиця 3.4. Техніка для ремонтного відділу насоса НД 21/4.

Марка	Назва	Габаритні розміри	К-ть	Загальна	Р _д , кВт
	Дільниця зовнішнього миття				
ОМ-131В	Машина для миття	1200х1200х600	1	1	7,5
ОРГ-1019-503	Стелаж	1400х500	1	7	-
СО-1606А	Стенд для розбирання	400х400х25	1	3	-

Марка	Назва	Габаритні розміри	К-ть	Загальна	Р _д , кВт
	насосів				
	Стіл	800x1600x600	1	2	-
	Шафа	400x1200x2000	1	1	-
	Дільниця дефектування	800x1600x600	1	2	-
КИ-759	Прилад для перевірки плунжерних пар	250x250x75	1	1	
КИ-1086	Прилад для перевірки нагнітальних клапанів	200x300x60	1	1	
ОРГ-1019-503	Стелаж	1400x500	1	7	-
	Дільниця ремонту паливних насосів				
СО-1606А	Стенд для збирання паливних насосів	400x400x25	2	3	-
	Стіл	800x2500x600	1	1	-
	Слюсарний верстак	1100x1000	1	1	-
2275П1	Стелаж	1400x500	1	7	-
ОРГ-1019-503	Шафа для приладів	600x402	1	2	-
ОРГ-1468-07	Ванна для миття	1000x800	1	1	
ОМ-1513	Верстат для притирання плунжерів	675x637	1	1	0,18
	Гальванічна дільниця Ванна гальванічна	800x800x600	2	2	
	Електропіч	200x40	1	1	-
П-472Б	Ванна зливна	585x315x925	1	1	-
Э-404	Шафа для приладів	860x360x1900	1	1	-
ОРГ-1968-07	Зварювальна дільниця	1200x800	1	2	

Марка	Назва	Габаритні розміри	К-ть	Загальна	Р _д , кВт
	Верстак слюсарний				
ОРГ-1019-102	Стелаж секційний	1400x500	1	7	-
АСМ-1-3Б	Генератор газозварюв.	1,25 м ³	1	1	-
ТС-500	Зварювальний трансф.	900x610	1	1	-
	Наплавочний верстат	1200x1000	1	1	3,5
ОРГ-1019-503	Стелаж	1400x500	1	7	-
	Механічна дільниця				
ТН-15	Токарно-гвинтовий верстат	150x1000	1	1	4
6Н12	Універсально-фрезерний верстат	700x280	1	1	3,5
2А118	Вертикально-свердлильний верстат	діаметр 18	1	1	2,5
ОРГ-1968-07	Шафа для приладів	600x902	1	2	-
ТШ-400	Точильно-шліфувальний	діаметр 400	1	1	4
ОРГ-1468-07	Ящик для сміття	1600x500x500	1	1	-
ОРГ-1019-802	Верстат слюсарний	1200x800	1	2	-
КИ-921М	Дільниця обкатки Стенд для перевірки паливних насосів	650x1200x1800	1	1	
ОРГ-1468-030	Шафа для інструменту	402x800x1000	1	1	-
	Стіл	400x1200x600	1	2	-
ОРГ-1019-503	Складські приміщення Стелаж	1400x500	3	7	-

Визначення площі для капітального ремонту насоса НД 21/4. Усю площу, що займає завод, формують виробничі зони, підсобні простори, адміністративні

будівлі, житлові об'єкти та склади. Для проведення капітального ремонту насоса необхідно виділити відповідну виробничу зону, яка забезпечить всі необхідні умови для виконання ремонтних робіт.

Загальна площа, необхідна для проведення капітального ремонту насоса НД 21/4, повинна бути ретельно спланована з урахуванням всіх вищезазначених факторів, що дозволить забезпечити ефективний і безпечний процес ремонту.

Розмір виробничих агрегатів розраховують згідно з формулою

$$F=A+w \cdot B, \quad (2.16)$$

Записуємо результати обрахунків у таблицю 2.5.

Таблиця 2.5. Розміри виробничих зон.

Назва ділянки	Площа, м ²
1. Мийно-розбиральна ділянка	36
2. Дефектувальна ділянка	12
3. Ділянка ремонту насосу НД 21/4	24
4. Ділянка гальванічного нарощування	12
5. Зварювально-наплавочна ділянка	36
6. Ділянка механічної обробки	36
7. Ділянка обкатування та регулювання	24
8. Складське приміщення	24
9. Склад готової продукції	12
Всього	216

Загальна планувальна схема корпусу МРМ з новоствореним спеціалізованим ремонтним відділенням для насоса НД 21/4.

Після обрахування площ усіх підрозділів розпочинається процес їх розстановки та розміщення обладнання. Спершу визначають конфігурацію основної продукційної лінії та потокову лінію для ремонтних робіт. На схемі підприємства відділення та виробничі ділянки організовують таким чином, щоб транспортування матеріалів було оптимізоване за найкоротшим маршрутом і узгоджене з технологічним процесом, уникаючи перетину транспортних

шляхів. Оптимальні розміри будівлі для заданої площі мінімізуються за допомогою співвідношення довжини до ширини в пропорції три до одного.

Ширина основного прольоту крану становить три метри, а відстань між опорами - шість метрів, що дозволяє використовувати стандартні конструкції.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Огляд наявних механізмів для шліфування плунжерних пар

Для шліфування плунжерних пар у виробничих умовах використовують вертикальний дводисковий станок 3А814.

Полірування здійснюється за допомогою двох чавунних дисків, на які нанесено абразивну пасту ГОІ. Робочу деталь розміщують у спеціальних сепараторах-тримачах, які обертаються завдяки механізму приводу нижнього диска через планетарну передачу. Верхній диск залишається нерухомим і кріпиться на шпинделі за допомогою плаваючої фіксації. Якість обробки плоских та циліндричних поверхонь становить 12, з точністю до 0,001 мм. Виробником є Каунаський завод шліфувальних станків «Неріс».

Встановлено такий режим роботи: тривалість процесу шліфування становить від 1 до 2 хвилин; тиск на верхній диск не перевищує 2,50...3,50 Н/мм довжини оброблюваної поверхні плунжера; лінійна швидкість нижнього диска обмежена 25...30 м/хв. Зі зростанням швидкості збільшується ефективність процесу. У випадках, коли з поверхні плунжера знімається відносно товстий шар металу, чергування машинного шліфування і ручного процесу на довідному обладнанні з використанням чавунного притиру здійснюється регулярно. Притири виготовлені з перлинного сірого чавуну дрібнозернистої структури.

Шліфування втулок виконують за допомогою вертикального хонінгувального станка та на довідному обладнанні. Режим шліфування передбачає обертання шпинделя на швидкості 160 об/хв. Для фінішної обробки втулок використовують станки ОФ-26. Втулки, що мають відхилення від циліндричності отвору понад допустимі норми, обробляють на фінішному станку або вручну за допомогою довідного обладнання.

Початкове шліфування робочої поверхні плунжерів за допомогою чавунного абразиву виконують на спеціалізованому довідному обладнанні або на токарному станку.

3.2 Апарат для шліфування точних компонентів. Функціональність та технічні параметри

Цей новий апарат класифікується як станок для шліфування плунжерних пар. Він розроблений з метою ефективного підвищення продуктивності процесів, забезпечення вищої якості обробки та зниження витрат металу. Цей апарат підходить як для індивідуального шліфування окремих деталей, так і для взаємодії між складовими. Під час взаємної обробки плунжерних пар процес шліфування триває до моменту ідеального співвідношення плунжера та втулки, після чого компоненти очищаються дизельним паливом. Такий підхід не тільки забезпечує високу точність зіставлення деталей, але й значно збільшує тривалість їхньої експлуатації.

Технічні параметри апарату включають наступне:

Швидкість вращения валу під час первинної обробки становить 1500 обертів на хвилину.

Швидкість валу при фінішній обробці досягає 2000 обертів на хвилину.

Продуктивність апарату варіюється від 20 до 30 одиниць за годину.

Потужність використовуваного електродвигуна складає 0,18 кВт.

Додатково апарат оснащений системою автоматичного контролю якості обробки, що дозволяє забезпечити однорідність та високу якість кінцевих деталей. Це робить його ідеальним вибором для прецизійної обробки в високопродуктивних промислових умовах.

3.3 Конструкція та принцип дії обладнання

Обладнання для шліфування плунжерних пар сконструйоване (див. рисунок 3.1) із базової рами 1, на якій встановлені електромотор 3 та підшипникова асамблея 4. Крутний момент передається від мотора через ремінну передачу на вал 5, на кінці якого закріплено цанговий хомут 8. В цей хомут вставляють конічну втулку 7 з чавунним шліфувальним пристосуванням 8, яке оснащено наскрізним гвинтовим каналом, що дозволяє регулювати його діаметр та утримувати шліфувальну пасту під час роботи. Втулка 9 фіксується в

обоймі 10, що кріпиться до опори 2 і може переміщатися уздовж осі пристосування.

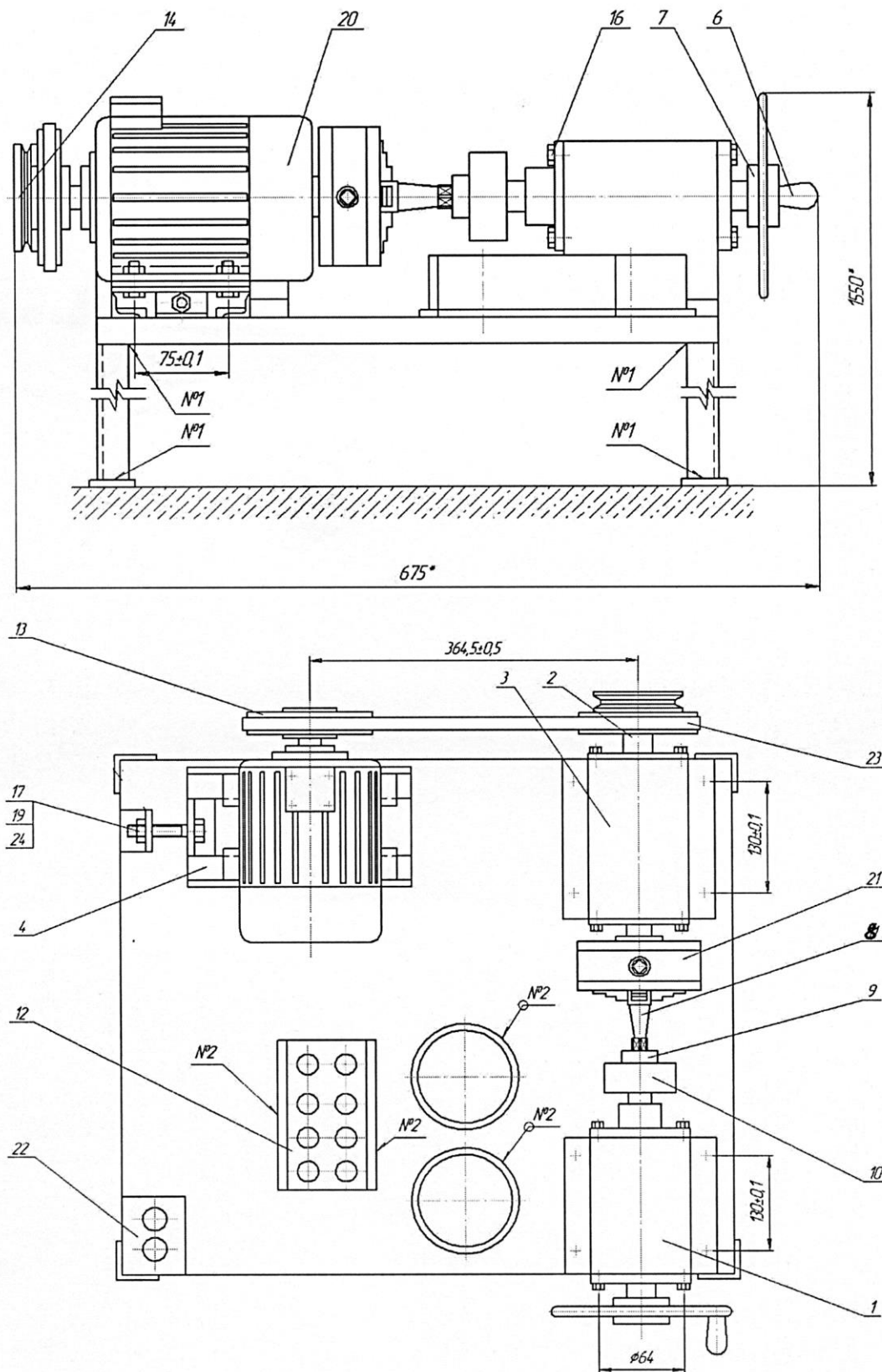


Рис. 3.1. Конструкція установки для полірування точних комплектів:
1 - бабка; 2 - вал ведений взборі; 3 - корпус; 4 - механізм натягуванняпаса;
5 - рама; 6 - ручка штурвала; 7 - оправа; 8 - притир; 9 - втулка; 10 - обойма;
11, 12 - шків.

Шків 11 та 12 забезпечують зміну частот обертання валу на 1500 та 2000 об/хв відповідно. Ремінь 13 регулюється за допомогою натяжного механізму 14. На рамі також розміщені блок-вимикач 15, підставка для плунжерів 16, а також дві ємності 17 для зберігання шліфувальної пасти. Всі обертові частини захищені захисним кожухом 18.

Для ремонту плунжерних пар насосів НД 21/4 за допомогою процесу притирання спочатку очищують та перевіряють деталі на наявність дефектів. Плунжери та гільзи розбирають і класифікують за діаметральними розмірами у три категорії: до 8,5 мм, від 8,5 до 8,54 мм, та понад 8,54 мм. Діаметр плунжера визначають за допомогою мікрометра.

Відновлення геометрії гільз здійснюють за двома етапами: спочатку проводять грубе шліфування з використанням пасти НЗТА-5М протягом хвилини при швидкості обертання валу 1500 об/хв, після чого виконують візуальний огляд; наступний крок - тонке шліфування з використанням пасти НЗТА-3М при швидкості 2000 об/хв. Плунжери ж відновлюються за допомогою притиральної пасти (паста 5М) протягом хвилини з частотою обертання 2000 об/хв.

Кожен етап ремонту супроводжується строгим контролем якості виконання робіт, щоб забезпечити високу точність відновлення деталей і їх довговічність після ремонту.

3.4 Обчислення компонентів устаткування

3.4.1 Обчислення клинної ремінної передачі

Розрахунки включають визначення оптимальних розмірів та типу ременя, вибір відповідних шківів, а також обчислення необхідної сили натягу та потужності передачі, що забезпечує ефективну та надійну роботу устаткування. Також враховуються параметри, такі як швидкість обертання, крутний момент та робоче навантаження, для забезпечення тривалої служби та мінімального зносу ремінної системи.

Це дозволить оптимізувати роботу пристрою та зменшити ймовірність відмов під час експлуатації.

Обчислюємо обертову швидкість ведучого валу згідно з наступною формулою

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30}, \quad (3.1)$$

$$n_1 = 1440 \text{ об / хв.}$$

Це дозволяє точно налаштувати параметри машини для забезпечення оптимальної продуктивності та мінімізації механічного зносу. Визначення обертової швидкості є критичним для правильного добору компонентів приводної системи, включаючи шківів та ременів, а також для уникнення резонансних явищ у механізмі.

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 1440}{30} = 150,7 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Розраховуємо обертову швидкість вихідного валу при заданих параметрах частоти обертань $n_2 = 1500 \text{ об / хв}$ та $n_2 = 2000 \text{ об / хв.}$:

Цей крок важливий для адаптації устаткування до різних режимів роботи, що дозволяє підтримувати високу точність і ефективність обробки. Відповідне налаштування обертової швидкості допоможе уникнути небажаного зносу та забезпечити стабільне функціонування механічної системи під час виконання задач з високими вимогами до точності.

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ (с}^{-1}\text{)},$$

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 2000}{30} = 209 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Обчислюємо коефіцієнт передачі використовуючи відповідну формулу.

$$U = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}, \quad (3.2)$$

Цей процес є критичним для забезпечення правильної передачі крутного моменту між компонентами системи. Точне визначення передаточного числа допомагає оптимізувати роботу механізмів, знижувати навантаження на двигун і підвищувати загальну надійність і ефективність обладнання. Воно також

важливе для підбору правильних шківів та ременів, що забезпечують бажану швидкість і потужність вихідного валу.

$$U = \frac{150,7}{157} = 0,96,$$

$$U = \frac{150,7}{209} = 0,72.$$

Приймаємо діаметр ведучого шківа $d_1 = 100$ мм.

Розраховуємо діаметр шківа на вихідному валу за допомогою наступної формули.

Цей крок необхідний для забезпечення належного співвідношення швидкостей обертання між ведучим та веденим валами, що впливає на ефективність передачі енергії. Правильний вибір діаметра шківа на вихідному валу допомагає уникнути надмірного навантаження на ремінь і забезпечити стабільну роботу всієї системи, підтримуючи необхідні робочі параметри обладнання.

$$d_2 = \frac{d_1 \cdot \omega_1}{\omega_2}, \quad (3.3)$$

$$d_2 = \frac{100 \cdot 150,7}{157} = 95,99 \approx 96 \text{ (мм)},$$

$$d_2 = \frac{100 \cdot 150,7}{209} = 72,2 \text{ (мм)}.$$

Обчислюємо периферійну швидкість ведучого та веденого валів за допомогою відповідної формули.

$$g_1 = \frac{\omega_1 \cdot d_1}{2} = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60}, \quad (3.4)$$

$$g_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_2}{2} = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot n_2}{60} \quad (3.5)$$

Цей розрахунок є важливим для забезпечення оптимальної продуктивності системи. Визначення периферійної швидкості дозволяє належним чином оцінити роботу ремінної передачі, зменшити знос компонентів і запобігти можливим механічним збоям. Крім того, точне визначення цих параметрів допомагає у виборі правильних матеріалів для ременів та шківів, що в свою чергу збільшує загальну довговічність і ефективність обладнання.

$$g_1 = \frac{3,14 \cdot 1440 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{60} = 7,5 \text{ (м/с)},$$

$$g_1 = \frac{3,14 \cdot 1500 \cdot 96 \cdot 10^{-3}}{60} = 7,5 \text{ (м/с)},$$

$$g_1 = \frac{3,14 \cdot 2000 \cdot 72 \cdot 10^{-3}}{60} = 7,5 \text{ (м/с)},$$

Обчислюємо протяжність ремня за допомогою математичного рівняння.

$$L_p = 2a + \frac{\pi(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}, \quad (3.6)$$

Орієнтовно обчислити відстань між осями можливо за допомогою спеціального математичного рівняння.

$$a_{\min} = 0,55(d_1 + d_2) + h, \quad (3.7)$$

$$v = 10 \text{ мм};$$

$$v_p = 8,5;$$

$$h = 6 \text{ мм};$$

$$A_1 = 81 \text{ мм}^2.$$

Довжина може варіюватися в межах від 400 до 2500 мм.

Вага одного метра становить 0,06 кг.

$$a_{\min} = 0,55(100 + 96) + 6 = 113,8 \text{ (мм)},$$

$$a_{\min} = 0,55(100 + 72) + 6 = 100,6 \text{ (мм)}.$$

Довжина ремня визначається наступним чином:

$$L_p = 2 \cdot 113,8 + \frac{3,14(100 + 96)}{2} + \frac{(96 - 100)^2}{4 \cdot 113,8} = 227,64 \text{ (мм)}.$$

Беручи до уваги співвідношення:

$$C_L = L/L_p,$$

$$C_L = 1,6.$$

Довжина паса буде становити певне значення, яке залежить від параметрів системи та може варіюватися в залежності від конкретних умов. Для точного визначення необхідно врахувати всі відповідні фактори, такі як натяг, матеріал паса, діаметр шківів та міжосьову відстань. Остаточна довжина паса повинна бути обчислена відповідно до цих параметрів, щоб забезпечити оптимальну роботу системи.

$$L = C_L \cdot L_p = 1,6 \cdot 227,64 = 364,22 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартне значення для перерізу О з довжиною L, що дорівнює 400 мм. Це значення є базовим для подальших розрахунків.

Для визначення міжосьової відстані скористаємося відповідною формулою. З урахуванням стандартної довжини перерізу, формула дозволить обчислити відстань між осями з урахуванням усіх необхідних параметрів, таких як діаметр шківів та натяг паса.

Зокрема, міжосьова відстань може бути розрахована за наступною формулою:

$$\begin{aligned} a &= 0,25 \left[(L - \Delta_1) + \sqrt{(L - \Delta_1)^2 - 8 \cdot \Delta_2} \right], \\ \Delta_1 &= 0,5 \cdot \pi (d_1 + d_2) = 0,5 \cdot 3,14 (100 + 96) = 144,9 \text{ (мм)}; \\ \Delta_2 &= 0,25 \cdot (d_2 - d_1)^2 = 0,25 \cdot (96 - 100)^2 = 4 \text{ (мм}^2\text{)} \\ a &= 0,25 \left[(400 - 144,9) + \sqrt{(400 - 144,9)^2 - 8 \cdot 4} \right] = 227,5 \text{ (мм)}. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Визначення крутного моменту на веденому валу може бути здійснене за різними формулами в залежності від конкретної системи. Пропоную розглянути основні підходи до розрахунку крутного моменту.

$$\begin{aligned} P &= M \cdot \omega, \\ M &= P / \omega = 0,18 \cdot 10^3 / 157 = 1,15 \text{ (кНм)}. \end{aligned} \quad (3.9)$$

Отже, якщо крутний момент на веденому валу дорівнює 1,15 кНм (1150 Нм).

3.4.2 Розрахунок діаметра веденого валу

Для розрахунку діаметра веденого валу із умови міцності використовують формулу, яка враховує максимальні допустимі напруження в матеріалі вала. Основна формула для визначення діаметра вала при крученні виглядає так:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M}{\pi \cdot [\tau]}}, \quad (3.10)$$

$$[\tau] = 20 \text{ МПа};$$

$$M = 1,15 \text{ кНм}.$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1,15 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 20}} = 0,017 \text{ (м)} = 17 \text{ (мм)}.$$

Для підбору діаметра вала із умови жорсткості використовується формула, яка враховує допустимий кут закручування вала. Жорсткість вала визначається через модуль зсуву матеріалу і геометричні параметри.

Основна формула для визначення діаметра вала із умови жорсткості:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot M}{G \cdot \pi \cdot [Q]}}, \quad (3.11)$$

$$G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа};$$

$$[Q] = \pi / (180 \cdot 4) \text{ м}^{-1}.$$

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 1,15 \cdot 10^{-3} \cdot 180 \cdot 4}{8 \cdot 10^4 \cdot \pi^2}} = 0,019 \text{ (м)} = 19 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр вала 19 мм.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Охорона праці при підготовці, ремонті і відновленні плунжерних пар

Система охорони праці при перевірці, ремонті та відновленні плунжерних пар базується в першу чергу на закон України про охорону праці.

До роботи в якості слюсаря при підготовці і відновленні плунжерних пар допускаються особи віком не молодше 18 років, які пройшли спеціальне навчання і мають посвідчення на право робіт, пройшли медичне обстеження, пройшли вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці та інструктаж по пожежній безпеці згідно НАОП 0.00-4.15-98.

Слюсарю з відновлення плунжерних пар видаються такі засоби індивідуальної захисту згідно ДСТУ EN ISO 13688:2016 [24]:

- костюм бавовняний;
- фартух хлорвініловий;
- наруківники хлорвінілові;
- чоботи гумові;
- рукавиці комбіновані;
- рукавички гумові.

У відділенні є система вентиляції, та освітлення їх модернізації було проведено у 2018 році згідно вимог ДСН 3.3.6.042-99. Також було встановлено не тільки загально обмінну вентиляцію, а і відведено локальні точки на робочі місця з випаруванням шкідливих речовин.

Недоліком ділянки є відсутність заземлення електроустановок (стендів та допоміжних пристосувань під'єднаних до мережі). Організовано тільки занулення але це не відповідає вимогам електробезпеки та може призвести до нещасного випадку.

4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на ділянці з ремонту паливної апаратури

У відділенні паливної апаратури виконуються ремонт системи живлення автомобіля: паливний насос, форсунки і паливопроводи. При необхідності пристрої розбираються, очищаються й промиваються. Після ремонту елементи паливної системи перевіряються на спеціальному стенді.

Виділення забруднюючих речовин в атмосферу відбувається й у процесах мийки, і випробування й регулювання паливної апаратури.

Основними забруднюючими речовинами на паливній дільниці є пари палива: бензину або гасу або дизельного палива.

Технічне обслуговування містить у собі, регламентовані в технічній документації, складально - мийні, кріпильні, контрольно-регулювальні й мастильно-заправні роботи. Як правило, ці види робіт виконуються без розбирання й зняття з машини агрегатів, вузлів і деталей. При виконанні ТО можлива заміна фільтруючого елемента.

Основними джерелами виділення забруднюючих речовин є автомобілі, що заїжджають у зону ТО. Забруднення атмосферного повітря в зоні ТО відбувається відпрацьованими газами, картерними газами й випарами з паливних баків автомобілів. Перелік викидів та допустимі норми наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Перелік шкідливих викидів та їх допустимі норми.

Назва речовини	Значення критерію, мг/м ³
Азоту диоксид	0,085
Вуглецю оксид	5,0
Сірки диоксид	0,5
Сажа	0,15
Бензин	
Гас	1,2

У відділенні паливної апаратури проводяться розбирально-складальні роботи, мийні, діагностичні й регулювальні роботи. Роботи можуть виконуватися на стендах.

При очищенні й промиванню віддаляються мастильні фарбувальні матеріали, продукти зношування й корозії, нагар, накип, смолисті відкладання.

З метою охорони навколишнього середовища передбачається очищення відпрацьованих розчинів і повторне їхнє використання.

4.3 Забезпечення електробезпеки при відновленні плунжерних пар

В місцях установки розеток і іншого обладнання, що живиться від 220

В треба встановити написи 220В. Розрахунок захисного заземлення електрообладнання.

Визначити основні параметри захисного заземлення стенду для випробування плунжерних пар – кількість, розміри і відстань між вертикальними елементами, а також довжину горизонтальної сполучної шини.

Вхідні данні: заглиблення – $t_0 = 0,8$ м; довжина вертикальних заземлювачів – $l = 2,5$ м; діаметр вертикальних електродів – $d = 0,01$ м; ширина горизонтальної смуги – $b = 0,08$ м; відстань між стержнями заземлювача – $a = 3,0$ м; кліматична зона – II; розміщення електродів – по контуру; питомий опір ґрунту – $\rho_{gp} = 45$ Ом м.

Визначаємо розрахунковий опір ґрунту з урахуванням сезонних змін:

$$\rho_s = \rho_{gp} \cdot k_c^s,$$

$$\rho_s = 45 \cdot 1,9 = 85,5 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо опір одиночного вертикального електрода, Ом:

$$S = t_0 + 0,5l,$$

відстань від денної поверхні до середини вертикально розташованого електрода:

$$S = 0,8 + 0,5 \cdot 2,5 = 2,05 \text{ м}.$$

$$R_s = \frac{0,366 \cdot 85,5}{2,5} \cdot \left[\lg \frac{2 \cdot 2,5}{0,01} + 0,5 \lg \left(\frac{4 \cdot 2,05 + 2,5}{4 \cdot 2,05 - 2,5} \right) \right] = 34,9 \text{ Ом}.$$

Визначаємо приблизну кількість електродів n_0 , приймаючи коефіцієнт використання вертикальних електродів $\eta_e = 1$ і допустимий опір заземлюючого обладнання $R_0 = 4$ Ом:

$$n_0 = \frac{R_s}{\eta_e \cdot R_0},$$

$$n_0 = \frac{34,9}{1 \cdot 4} = 8,7 \text{ шт}$$

По n_0 уточнюємо η_e^1 по і визначаємо n_1 :

$$n_1 = \frac{R_s}{\eta_e^1 \cdot R_0}$$

$$n_1 = \frac{34,9}{0,59 \cdot 4} = 14,8 \text{ шт.}$$

Приймаємо $\eta_e^{ост} = 15$ шт. вертикальних електродів.

Довжина горизонтальної з'єднувальної смуги при розташуванні електродів в ряд визначається за формулою:

$$L_z = 1,05 \cdot a \cdot (n_e^{ост} - 1),$$

$$L_z = 1,05 \cdot 3 \cdot (15 - 1) = 44,1 \text{ м.}$$

Визначаємо опір горизонтальної смуги:

$$R_z = \frac{0,366 \cdot \rho_z}{L_z} \cdot 0,5 \lg \left(\frac{2 \cdot L_z^2}{b \cdot t_0} \right),$$

$$\rho_z = \rho_{zp} \cdot k_c^z$$

$$\rho_z = 45 \cdot 4 = 180 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

$$R_z = \frac{0,366 \cdot 180}{44,1} \cdot 0,5 \lg \left(\frac{2 \cdot 44,1^2}{0,08 \cdot 0,8} \right) = 3,57 \text{ Ом.}$$

Визначаємо сумарний опір контуру заземлення:

$$R_{\text{сум}} = \frac{R_{\text{г}} \cdot R_{\text{з}}}{R_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{з}}^{\text{ост}} + n_{\text{ост}} \cdot R_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{г}}^{\text{ост}}},$$

$$R_{\text{сум}} = \frac{39,4 \cdot 3,57}{39,4 \cdot 0,52 + 15 \cdot 3,57 \cdot 0,59} = 2,7 \text{ Ом}$$

Схема заземлення паливної дільниці наведено на рис. 4.1.

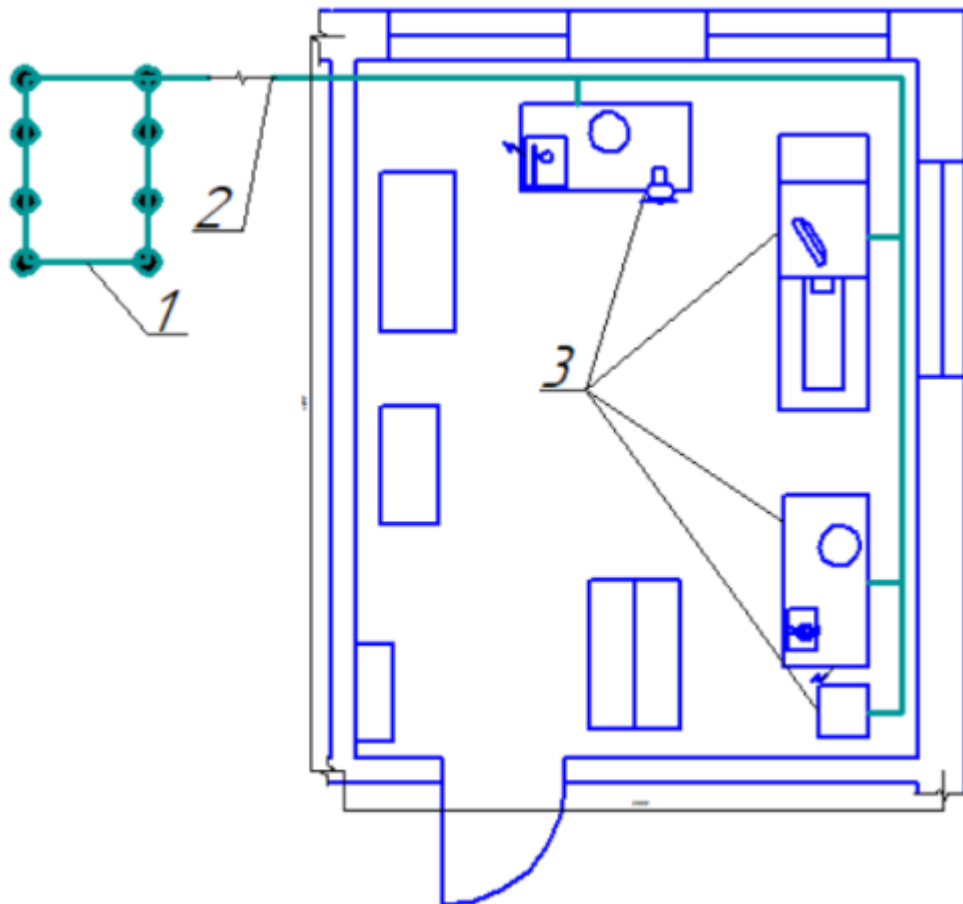


Рис. 4.1. Схема заземлення паливної дільниці:

1 – заземлювачі, 2 – контур заземлення, 3 – обладнання, що заземлюється.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота охоплює кілька основних розділів, які детально аналізують структуру, функціонування, відновлення та безпеку роботи з паливними насосами моделі НД 21/4, а також з їхніми плунжерними парами.

Описано основні характеристик і принципу дії насоса. Проведено аналіз конструктивних особливостей плунжерних пар і їхня роль в роботі насоса.

Описані кроки і методи відновлення працездатності насосів. Технологічні процеси та обладнання, що використовуються для відновлення плунжерних пар. Розглянуто оптимальної організації робочих процесів. Описано послідовності операцій у ремонтному процесі.

Проведено планування просторової організації та розміщення обладнання.

Проведено аналіз сучасних технологій шліфування. Функціональність та технічні параметри: Опис конкретного обладнання для шліфування. Деталізовано будову та принцип роботи апарату. Проведено технічні розрахунки основних компонентів. Розрахунок параметрів ремінної передачі. Визначення оптимальних розмірів веденого валу.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
3. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
4. Аулін, Д.О. Удосконалення технології технічного обслуговування паливної апаратури тепловозних дизелів [Текст] / Д.О. Аулін // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма III Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 22-25 квітня 2014 р.: у 2-х ч. / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. - Суми : СумДУ, 2014. - Ч.2. - С. 207-208.
5. Анісімов В. Ф. Шляхи і методи підвищення довговічності і надійності роботи паливної апаратури автотракторних двигунів / Анісімов В. Ф., Музичук В. І., П'ясецький А. А., Рябошапка В. Б. – Вінниця: ВНАУ, 2012. - 142 с.
6. Конспект лекцій (частина I) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.
7. Конспект лекцій (частина II) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.
8. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за

спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.

9. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с

10. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.

11. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.

12. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.

13. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.

14. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.

15. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.

16. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.

17. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Курс лекцій: Навчальний посібник для студентів вищих педагогічних навчальних закладів всіх спеціальностей за освітньо-кваліфікаційним рівнем "бакалавр" / А.І. Ткачук, О.В. Пуляк. – Перевидання, доповнене та перероблене. – Кропивницький: ПП "Центр оперативної поліграфії "Авангард". – 2017. – 184с.