

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу відновлення вала ведучих шестерень №740.10110404-40 дизельного двигуна

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

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Артем ДАВИДЮК
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Роман ХОРОШУН
(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)

«24» січня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Давидюка Артема Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу відновлення вала ведучих шестерень №740.10110404-40 дизельного двигуна

Керівник роботи Хорошун Роман Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2025 року № 4/7-46

2. Термін подання студентом завершеної роботи 09 червня 2025

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес відновлення вала ведучих шестерень №740.10110404-40 дизельного двигуна

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)

Систематизація видів відновлення – 1А1;

Види наплавлення – 1А1;

Карта дефектування – 1А1;

Карта ескізів – 2А1;

Модернізована мийна установка – 1А1;

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Удосконалення технологічного процесу відновлення вала ведучих шестерень №740.10110404-40 дизельного двигуна».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра асистент Хорошун Роман Васильович

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 61 сторінки формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини сторінок додатків.

Ключові слова: ремонт валів, зношування, методи наплавлення, шліфування, термообробка.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Конструктивно-технологічна характеристика вала масляного насоса.....	7
1.2 Вибір та обґрунтування ефективного методу відновлення.....	8
1.3 Обґрунтування та формування технологічної процедури дефектування елементів оливного насоса.....	10
1.4 Аналіз дефектів і формування технологічного маршруту відновлення валу	11
1.5 Обґрунтування та розробка технологічного процесу дефектування валу ведучих шестерень.....	13
1.6 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра....	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Формування структурної схеми реалізації технологічного процесу відновлення вала оливного насоса.....	16
2.2 Обґрунтування та вибір установочних баз при виконанні операцій.....	17
2.3 Обґрунтування вибору технологічного обладнання, ріжучого, контрольньо-вимірювального та допоміжного інструменту.....	18
2.4 Розрахунок режимів обробки та вибір параметрів виконання технологічного процесу.....	21
2.5 Розроблення комплексного технологічного процесу відновлення деталей системи мащення.....	28
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	31
3.1 Технічне обґрунтування до розробки діагностичного стенда.....	31
3.2 Розрахунок ключових конструктивних елементів	40
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	45
4.1 Загальні положення з техніки безпеки при обслуговуванні автотранспортних засобів на підприємстві.....	45
4.2 Техніка безпеки під час використання електричної енергії.....	48
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	50
БІБЛІОГРАФІЯ	51
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У сучасних умовах експлуатації автотракторної та спеціалізованої техніки особливого значення набуває проблема підвищення надійності та довговічності елементів силових агрегатів, зокрема дизельних двигунів. Однією з критично важливих деталей, що зазнає інтенсивних навантажень і підлягає зносу в процесі роботи, є вал ведучих шестерень. Дефекти, які виникають унаслідок тривалого тертя, ударних навантажень, температурних впливів і вібрацій, призводять до порушення технічних параметрів роботи двигуна, зменшення моторесурсу та збільшення експлуатаційних витрат.

Вал ведучих шестерень з каталожним номером №740.10110404-40 застосовується в дизельних двигунах вітчизняного виробництва, зокрема ЯМЗ-740, що широко використовуються у вантажному автотранспорті, військовій техніці та сільськогосподарських машинах. Відновлення таких деталей є економічно доцільним і технічно виправданим заходом, який дозволяє знизити витрати на обслуговування, скоротити простої техніки та продовжити ресурс машин без заміни дорогої вузлової одиниці.

Метою даної кваліфікаційної роботи є вдосконалення технологічного процесу відновлення вала ведучих шестерень шляхом оптимізації технологічного маршруту, вибору сучасних методів наплавлення та шліфування, а також обґрунтування режимів обробки, що забезпечують необхідну точність, міцність та зносостійкість поверхонь. У процесі дослідження передбачається розробити ефективні технічні рішення, спрямовані на підвищення якості відновлених деталей і забезпечення стабільності їх експлуатаційних характеристик.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Конструктивно-технологічна характеристика вала масляного насоса

Вал масляного насоса виготовлений зі сталі марки 45. Конструктивно деталь являє собою осьово-симетричне тіло обертання з послідовно змінними по довжині циліндричними ділянками, що формують ступінчасту геометрію. Осьова лінія деталі є прямолінійною, що забезпечує точність взаємного розташування функціональних поверхонь та їх співвісність.

Максимальна довжина вала становить 256 мм, а найбільший діаметр – 20 мм із допуском на мінус 0,018 мм. Загальна маса деталі становить 0,280 кг. Такі габаритно-масові характеристики зумовлюють необхідність дотримання високої точності виготовлення та балансування, оскільки відсутність геометричної симетрії або перекосів може спричинити порушення у роботі масляної системи двигуна.

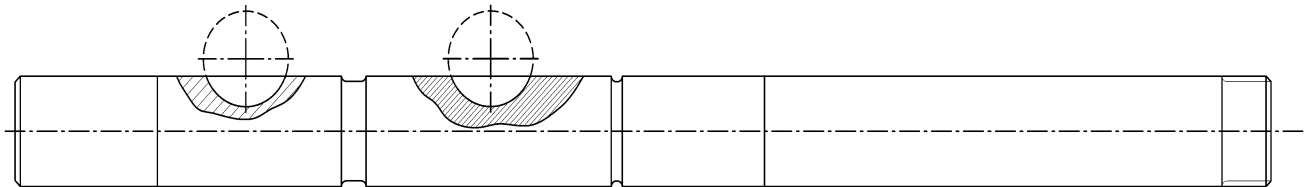


Рис. 1.1 – Вал ведучих шестерень.

Робочі поверхні вала, які забезпечують з'єднання з іншими елементами механізму, виготовляються з високою точністю, що досягається шляхом дотримання допусків відповідно до 7–8 квалітетів за класифікацією ГОСНИТИ. Такий рівень точності необхідний для забезпечення надійності з'єднань і стабільної роботи всієї системи приводу.

До геометричних параметрів вала висуваються жорсткі вимоги, зокрема граничне відхилення від прямолінійності осьової лінії не повинно перевищувати 0,025 мм. Це забезпечує мінімізацію вібрацій і зменшення навантажень у зоні спряження шестерень. Поверхневий шар робочих ділянок деталі піддається термічній обробці шляхом індукційного (СВЧ) нагріву, що забезпечує твердість у межах HRC 52...62 при глибині гартування 1...2,5 мм.

1.2 Вибір та обґрунтування ефективного методу відновлення

У сфері ремонту машинобудівної продукції існує значна кількість методів, які дозволяють ефективно відновлювати функціональність зношених деталей. Різні види дефектів можуть бути усунені альтернативними технологічними підходами, вибір яких залежить від характеру пошкодження, матеріалу деталі, її геометричних параметрів та умов експлуатації. Вибір оптимального способу відновлення вала ведучих шестерень передбачає урахування техніко-економічних показників, технологічної доцільності та забезпечення необхідної якості відремонтованої поверхні.

Вибір доцільного методу відновлення визначається сукупністю факторів, серед яких ключовими є тип матеріалу деталі, ступінь зношення, характер робочих навантажень, а також економічна доцільність проведення ремонтних робіт. У зв'язку з цим В.А. Шадричевим була розроблена методика обґрунтування вибору способу відновлення, яка базується на послідовному застосуванні трьох основних критеріїв:

технологічного, що дозволяє оцінити можливість використання конкретних методів для відновлення певної поверхні деталі з урахуванням її конструктивних особливостей;

експлуатаційного (довговічного), що визначається коефіцієнтом довговічності, тобто співвідношенням ресурсу після відновлення до ресурсу нової деталі;

техніко-економічного, який враховує взаємозв'язок між витратами на відновлення та отриманим ефектом у вигляді подовження терміну служби.

Технологічний критерій, також відомий як критерій застосовності, відображає можливість реалізації певного способу відновлення для конкретної поверхні деталі з урахуванням наявного виробничого потенціалу. Оскільки він не піддається точному кількісному вимірюванню, його оцінка здійснюється якісно, на основі практичного досвіду та інженерної інтуїції щодо ефективності застосування того чи іншого методу.

Критерій довговічності визначається як відношення ресурсу відновленої деталі до ресурсу нової та розраховується за формулою:

$$K_d = T_B / T_H,$$

де T_B – напрацювання деталі після ремонту, T_H – ресурс нової деталі.

Для коректної кількісної оцінки цього показника необхідна достовірна інформація щодо експлуатаційного ресурсу як відновлених, так і нових деталей. Оскільки отримання таких даних у процесі реальної експлуатації машин потребує значного часу, у практиці інженерного аналізу часто застосовуються прискорені стендові та лабораторні випробування на довговічність і надійність. Вважається, що чим вищий коефіцієнт довговічності, тим ефективнішим є обраний метод ремонту.

Водночас критерії застосовності та довговічності відображають виключно технічні аспекти проблеми, не враховуючи економічних чинників. З огляду на це, остаточне рішення щодо вибору оптимального методу ремонту приймається з урахуванням техніко-економічного критерію, що дозволяє поєднати показники тривалості експлуатації з витратами на відновлення.

У випадку відновлення циліндричних поверхонь діаметром до 45 мм до методів, що задовольняють технологічний критерій застосовності, належать:

- наплавлення з використанням порошкових дротів;
- вібродугове наплавлення;
- наплавлення в захисному газовому середовищі;
- електроконтактне наварювання;
- нанесення гальванічних покриттів;
- металізаційне напилення;
- електромеханічне осадження металу та його згладжування.

Застосування вказаних методів доцільне за умови їх відповідності геометричним і функціональним характеристикам деталі, а також ресурсним вимогам до її подальшої експлуатації.

Найвищу техніко-економічну ефективність серед розглянутих методів відновлення забезпечує електроконтактне приварювання, для якого коефіцієнт ефективності становить $K_{T,e} = 0,660$. У порівнянні з ним інші методи мають нижчі показники ефективності, а саме:

- наплавлення порошковими дротами – $K_{T,e} = 0,400$;
- вібродугове наплавлення – $K_{T,e} = 0,250$;

наплавлення в середовищі вуглекислого газу – $K_{т.е} = 0,403$;

газополуменеве напилення – $K_{т.е} = 0,390$;

плазмове напилення – $K_{т.е} = 0,400$;

хромування – $K_{т.е} = 0,087$;

залізнення – $K_{т.е} = 0,637$.

Враховуючи зазначені показники, для відновлення зношених циліндричних поверхонь без різьблення доцільно обрати електроконтактне приварювання із застосуванням металеві стрічки, що забезпечує високий рівень як зносостійкості, так і економічної ефективності.

1.3 Обґрунтування та формування технологічної процедури дефектування елементів оливного насоса

Дефектуванням називають процес визначення технічного стану окремих елементів та їхніх з'єднань шляхом зіставлення фактичних розмірних та геометричних характеристик з нормативними значеннями, зазначеними в технічній документації. До таких параметрів належать: допустимі та граничні відхилення розмірів, значення зазорів або натягів у спряженнях, геометричні відхилення, а також відповідність просторового розташування функціональних поверхонь.

Після завершення операцій очищення (миття), усі елементи системи мащення підлягають візуальному та інструментальному контролю, метою якого є оцінка їх придатності до подальшої експлуатації. Результати дефектування дозволяють класифікувати деталі на такі категорії:

елементи, які можна використовувати повторно без необхідності ремонту;

деталі, що підлягають відновленню;

вузли, технічний стан яких не відповідає вимогам – підлягають вибракуванню.

Контроль проводиться відповідно до чинних технічних умов і нормативів, спеціально розроблених із урахуванням функціонального призначення деталі, умов її роботи та навантаження в складі вузла або агрегату.

Такий підхід забезпечує об'єктивність оцінювання технічного стану та дозволяє ухвалити технічно обґрунтоване рішення щодо доцільності ремонту або заміни компонентів.

Відповідно до типової технологічної інструкції, розробленої ГОСНИТИ, під час дефектування деталей рекомендується здійснювати їх сортування за п'ятьма категоріями із застосуванням кольорового маркування, що дозволяє оперативно ідентифікувати технічний стан кожного елемента:

зелений колір – деталі, що є повністю придатними до подальшого використання без додаткової обробки;

жовтий колір – елементи, які можна використовувати лише в комбінації з новими або відновленими деталями, що відповідають номінальним розмірам;

білий колір – деталі, що підлягають відновленню безпосередньо на потужностях підприємства, де виконується дефектування;

синій колір – складові, які потребують ремонту на спеціалізованих або ремонтно-відновлювальних підприємствах;

червоний колір – деталі, які не підлягають відновленню, визнані непридатними до подальшої експлуатації.

Придатні елементи, залежно від виробничих потреб, передаються або до комплектувального відділу, або переміщуються на склад для тимчасового зберігання.

1.4 Аналіз дефектів і формування технологічного маршруту відновлення вала

У процесі тривалої експлуатації оливного насоса під впливом механічних навантажень, гідродинамічних тисків, тертя та вібраційних коливань поступово відбувається зношування його конструктивних елементів. Одним із ключових вузлів, що зазнає зносу, є вал насоса, на якому концентруються основні силові впливи.

Найпоширенішим дефектом, що виявляється при контролі технічного стану, є зменшення діаметра робочої поверхні вала внаслідок абразивного та адгезійного зношування. При досягненні критичної величини зносу, яка, як

правило, становить близько 0,04 мм, подальше використання без відновлення є недоцільним з погляду функціональної надійності вузла.

Ще одним типовим дефектом, що підлягає усуненню, є пошкодження шпонкового пазу. Такий дефект зазвичай зумовлений неправильним монтажем, порушенням експлуатаційних режимів або тривалим циклічним навантаженням, що спричиняє розхитування шпонки і появу задирів чи мікротріщин.

Усі виявлені дефекти класифікуються як придатні до відновлення і потребують розробки відповідного технологічного маршруту, що включає підготовку поверхні, застосування відповідного методу ремонту (наприклад, наплавлення, напилення чи встановлення ремонтної вставки), а також остаточну механічну обробку для досягнення заданих геометричних і експлуатаційних характеристик.

У ремонтній практиці застосовують три підходи до побудови технологічних процесів відновлення:

Подефектна технологія – для кожного окремого пошкодження розробляють індивідуальний процес, що враховує специфіку саме цього дефекту.

Маршрутна технологія – охоплює сукупність найбільш типових дефектів, властивих деталям певного найменування, і передбачає єдиний, упорядкований ланцюг операцій їх усунення.

Групова технологія – формує універсальний процес для відновлення широкого спектра однотипних деталей одного класу за принципом типізації.

Найпоширенішою в умовах ремонтного виробництва є саме маршрутна технологія, оскільки вона забезпечує раціональну послідовність операцій для комплексу характерних пошкоджень конкретної деталі і тим самим оптимізує трудомісткість та вартість відновлення.

Проектування маршрутної технології відновлення деталей має здійснюватися з урахуванням ряду принципових положень, які забезпечують ефективність виробничого процесу та економічну доцільність ремонтних заходів:

Реалістичність сполучення дефектів. Комплекс дефектів, передбачений у кожному маршрутному варіанті, повинен максимально відповідати типовим пошкодженням, з якими деталі фактично надходять у ремонт. Це дозволяє уникнути дублювання операцій та спрощує технологічну схему.

Раціональна кількість маршрутів. Для кожної деталі доцільно передбачати мінімально необхідну кількість маршрутів. Надмірна деталізація варіантів призводить до розпорошення ресурсів, ускладнює облік, планування, вимагає додаткових складських площ та знижує гнучкість виробничої системи.

1.5 Обґрунтування та розробка технологічного процесу дефектування валу ведучих шестерень

Процес дефектації виконується відповідно до положень, наведених у дефектаційних таблицях технічних умов або нормативних вимог щодо відновлення агрегатів. Основне завдання полягає у встановленні фактичного технічного стану деталі шляхом виявлення характерних дефектів і визначення можливості її подальшого використання, ремонту або вибраковування.

У контексті валу ведучих шестерень оливного насосу дефектація дозволяє своєчасно виявити пошкодження, що виникають внаслідок зношування, перевантажень, втоми матеріалу чи порушення умов змащування. Для цього проводяться відповідні вимірювання, візуальний контроль, використання калібрів та індикаторних пристроїв.

Нижче у таблиці 1.1 наведено приклад технологічної карти дефектації, яка деталізує типові пошкодження, методи їх виявлення та рекомендації щодо подальших дій.

Розподіл виявлених дефектів валу оливного насосу за маршрутами представлено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Технологічна карта дефектації валу ведучих шестерень
оливного насосу.

Номер і найменування дефекту	Розмір, мм		Способи і методи контролю		Висновок
	Номіна- льний	Допус- тимий	Наймену- вання	Позначе- ння	
1. Погнутість вала	0,025 на довжині 20 _{-0,018}	0,05	Призми і індикатор	-	Ремон- тувати
2. Зношування валу по діаметру	20 _{-0,018}	19,98	Мікрометр	МК 0-25	Ремон- тувати
3 Зношування шпоночних пазів по ширині	3 _{-0,01} -0,05	3,4	Шаблон 3,40 мм	-	Ремон- тувати
4. Зношування різьби	M20×1,5- 6g	-	Шаблон M20×1,5	-	Ремон- тувати

Таблиця 1.2. Дефекти вала оливного насосу і маршрути їх усунення.

Номер маршруту	Номер дефекту			
	1	2	3	4
I	+	+	-	+
II	+	+	+	-

Найбільш поширений набір ушкоджень зосереджено у маршруті № 2. Саме для цього поєднання дефектів буде розроблено детальний технологічний процес відновлення.

1.6 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Проаналізувати і розробити ефективну технологію відновлення вала оливного насоса з урахуванням сучасних методів ремонту, обґрунтувати вибір технологічного оснащення, здійснити розрахунки режимів обробки, сконструювати базову модель стенда для діагностики і розглянути основи безпеки праці при роботі з обладнанням.

Побудувати структурну схему реалізації технологічного процесу відновлення вала оливного насоса. Обґрунтувати вибір установчих баз, що забезпечують точність та повторюваність технологічних операцій. Провести обґрунтований вибір обладнання, ріжучого інструменту, вимірювального та допоміжного оснащення, яке застосовується в процесі відновлення. Виконати розрахунок режимів обробки: глибина, швидкість, подача, частота обертання – та обрати оптимальні технологічні параметри. Сформувати інтегрований технологічний маршрут повного циклу відновлення деталей системи мащення, враховуючи методи контролю якості.

Надати технічне обґрунтування до розробки стенда для діагностики масляного насоса (з аналізом умов експлуатації, габаритів, типу приводу тощо). Провести розрахунок основних конструктивних вузлів стенда (рама, опори, муфти, привід тощо).

Описати загальні заходи безпеки при виконанні ремонтних робіт на автотранспортному підприємстві. Проаналізувати вимоги техніки безпеки при використанні електроенергії під час обслуговування діагностичного обладнання та металообробних верстатів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Формування структурної схеми реалізації технологічного процесу відновлення вала оливного насоса

Побудова раціональної структури технологічного процесу відновлення вала передбачає визначення оптимальної послідовності виконання виробничих операцій, що забезпечує необхідний рівень якості відновленої деталі при одночасному мінімізації витрат ресурсів – як матеріальних, так і трудових. Головною метою такої структуризації є досягнення відповідності заданим технічним параметрам з дотриманням принципів економічної доцільності та ефективності виробничого циклу.

Запропонована структура послідовності технологічних операцій при відновленні вала ведучих шестерень оливного насоса сформована з урахуванням специфіки форми, матеріалу, характеру дефектів та режимів навантаження в експлуатації. Послідовність технологічних етапів, згідно з розробленим варіантом процесу, узагальнено представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Раціональний технологічний маршрут відновлення вала оливного насоса.

№ операції	Назва операції	Зміст виконуваного переходу
005	Токарна (I етап)	Перехід 1: виправлення центрального отвору згідно з вимогами А2 за ГОСТ 14034-74. Перехід 2: Обточування поверхні в зоні зносу з діаметра Ø19,5 мм до Ø19,0 мм на ділянці довжиною 30 мм з метою усунення слідів зношення.
010	Наплавлення	Відновлення шпоночного паза шляхом нанесення шару металу методом зварювання.
015	Слюсарна	Механічне очищення поверхні від напливів металу, що виникли в результаті операції наплавлення паза.
020	Плазмено-	Збільшення діаметра з Ø19,0 мм до Ø21,0 мм шляхом

	дугове напикання	наплавлення на ділянці довжиною 29 мм.
025	Слюсарна (контрольна)	Усунення можливих деформацій вала після наплавлення, приведення його до правильної геометрії.
030	Токарна (II етап)	Перехід 1: Обробка напавленої поверхні до $\varnothing 20,5$ мм на довжині 29 мм. Перехід 2: Вирізання канавки під стопорне кільце шириною $b=1,7+0,3$ мм, глибиною 0,75 мм. Перехід 3: Виконання фаски $1 \times 45^\circ$ на діаметрі $\varnothing 20,5$ мм.
035	Фрезерна	Формування шпоночного паза із розмірами: глибина – $6,5+0,16$ мм, ширина – згідно з конструктивною специфікацією.
040	Шліфувальна	Фінішна шліфівка циліндричної поверхні до $\varnothing 20-0,018$ мм на довжині 29 мм для досягнення необхідного класу точності та шорсткості.

2.2 Обґрунтування та вибір установочних баз при виконанні операцій

Установочними базами називають такі поверхні деталі, котрими вона встановлюється для обробки у визначеному положенні відносно ріжучого інструменту. Установочними базами можуть слугувати плоскі поверхні, зовнішні, внутрішні циліндричні поверхні, торцеві поверхні з отворами, поверхні центрових гнізд, конічні, криволінійні поверхні.

Рациональний вибір установчих баз при формуванні технологічного маршруту обробки деталей має вирішальне значення для забезпечення високої точності за координаційно-кінематичними параметрами. У процесі розробки маршруту відновлення ремонтних заготовок виникають певні труднощі, зумовлені наявністю зносу, деформацій або викривлень на основних поверхнях, що використовуються як базові. У зв'язку з цим доцільно дотримуватись таких методичних рекомендацій:

У разі збереження на ремонтній заготовці первинної (заводської) допоміжної бази, її слід обрати в якості установчої, оскільки вона гарантує найвищу узгодженість з початковою геометрією деталі.

Якщо технологічна обробка проводиться лише по окремих поверхнях, базування варто здійснювати від тих опорних поверхонь, які зберегли свою геометричну стабільність і функціональну відповідність. Від цих площин виконується обробка решти функціональних баз.

У випадках необхідності обробки всіх базових і базисних площин, доцільно використовувати таку опорну поверхню, яка забезпечує можливість за одну установку виконати максимальну кількість переходів із високим ступенем точності.

Максимальна точність координатного та координаційного типів досягається у тому разі, коли всі етапи обробки виконуються з використанням однієї незмінної установчої бази.

У ситуації, коли збереження незмінної бази впродовж усього циклу обробки є неможливим, наступну установчу базу слід вибирати з-поміж оброблених поверхонь, які мають прямий функціональний зв'язок із розмірами і положенням оброблюваної зони.

Під час виконання технологічних переходів, зокрема токарної, шліфувальної та електроконтактної обробки, базування деталі здійснюється по циліндричній поверхні вала та центровому отвору. Такий підхід до вибору установчих баз дозволяє забезпечити необхідну точність орієнтації деталі при обробці відновлюваної ділянки, а також стабільність геометричних параметрів під час усіх етапів відновлювального процесу.

2.3 Обґрунтування вибору технологічного обладнання, ріжучого, контрольно-вимірювального та допоміжного інструменту

У процесі проектування технологічного маршруту обробки деталей важливо не лише визначити послідовність операцій, але й конкретизувати тип верстатного обладнання, на якому буде виконано кожну з них. Поряд із цим

доцільно навести технічну характеристику обраного обладнання, що дозволить обґрунтувати його відповідність технологічним вимогам.

Ключовим критерієм при виборі того чи іншого типу верстата виступає економічна доцільність його застосування в умовах серійного або ремонтного виробництва. Прийняття рішення щодо доцільності використання конкретного верстата ґрунтується на комплексному аналізі таких факторів: Відповідність розмірів оброблюваної деталі технічним параметрам робочої зони верстата; Співвідношення виробничої потужності обладнання з обсягом річної програми обробки деталей; Максимальне завантаження верстата як за потужністю, так і за ефективним фондом часу; Мінімізація собівартості виготовлення або відновлення одиниці продукції; Скорочення тривалості технологічного циклу до оптимального значення; Конкурентна вартість закупівлі обладнання при збереженні його технічної придатності; Реальна можливість постачання обладнання або наявність у виробника; Доцільність використання наявного парку верстатів із метою зниження капіталовкладень у технічне переоснащення.

Паралельно з визначенням типу верстатного обладнання для кожної технологічної операції здійснюється добір відповідного оснащення, зокрема – пристосувань, ріжучого, вимірювального та допоміжного інструменту. Рациональний підбір інструментального забезпечення спрямований на досягнення високих показників продуктивності обробки, забезпечення необхідної точності та дотримання вимог до параметрів мікрогеометрії (шорсткості) оброблюваної поверхні.

Правильне поєднання інструменту та обладнання є визначальним фактором для забезпечення технологічної стабільності процесу, а також впливає на надійність та довговічність відновлюваної деталі. При цьому враховуються характеристики інструментального матеріалу, форма і розміри інструменту, метод контролю параметрів та тип ремонтного покриття або матеріалу, що використовується.

Перелік ріжучого, вимірювального, контрольного інструменту та витратних ремонтних матеріалів, необхідних для реалізації запропонованого технологічного процесу, наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Інструментальне та матеріальне забезпечення відновлювальних операцій.

№ та назва операції, перехід	Інструмент для механічної обробки	Матеріал ріжучої частини / ремонтний матеріал	Засоби вимірювання та контролю
005 Токарна Перехід 1 Перехід 2	Зенковка типу 2353-0084 Точильний різець 2103-0007 Зенковка 2353-0086	Швидкоріжуча сталь Р18 Твердосплав Т15К6	Візуальний контроль Штангенциркуль ШЦ-ІІ-300-0,1
010 Напилення (металізація)	—	Порошковий склад ПГ-ХН80СР2-42	Візуальний огляд
015, 025 Слюсарна обробка	Напилок плоский та напівкруглий	—	Візуальний контроль
020 Контактне наварювання*	—	Зварювальний дріт Св-08Г2С	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-300-0,1
030 Токарна Перехід 1 Перехід 2 Перехід 3	Різець 2103-0007 Цеховий токарний різець Різець 2102-0505	Твердий сплав Т15К6 Швидкоріжуча сталь Р18 Твердий сплав Т15К6	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-300-0,1 Візуальна перевірка Штангенциркуль ШЦ-ІІ-300-0,1
035 Фрезерна обробка	Фреза 2220-0009	Р18 – швидкоріжуча сталь	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1
040 Шліфування	Шліфувальне коло ПП-600×63×305 25А СМ-2-К	Електрокорунд білий, зернистість 50, твердість середня, структура №2, керамічна зв'язка	Мікрометр МК-25

2.4 Розрахунок режимів обробки та вибір параметрів виконання технологічного процесу

Операція 005 – Токарна обробка.

Для реалізації першого етапу токарної обробки в межах запропонованого технологічного маршруту відновлення, необхідно визначити режими різання та розрахувати відповідний час виконання кожного переходу.

Перехід 1.

Основний час обробки:

$$T_{01} = 0,08 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на встановлення, зняття та налаштування:

$$T_{B1} = 0,9 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Перед виконанням другого переходу проводиться розрахунок припуску на механічну обробку. Обчислений припуск забезпечує досягнення необхідної точності та чистоти поверхні відповідно до технічних вимог відновлення.

$$h = \frac{D - d}{2} = \frac{19,5 - 19,0}{2} = 0,25 \text{ мм.}$$

В якості глибини різання приймаємо значення, що відповідає величині припуску на обробку $t = 0,25$ мм.

Згідно з параметрами глибини різання, діаметром оброблюваної поверхні, а також фізико-механічними властивостями матеріалу заготовки, визначаємо раціональне значення подачі в напрямку осі $S = 0,3$ мм/об.

Швидкість різання підбираємо відповідно до узгоджених параметрів – глибини різання, типу ріжучого матеріалу інструменту та обраної величини подачі – з урахуванням рекомендацій довідкових джерел та досвіду аналогічної обробки.

$$V = V_t \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 22 \cdot 0,80 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 22 \text{ м/хв.}$$

Де V_t – довідкове (табличне) значення швидкості різання, м/хв;

k_1 – коригувальний коефіцієнт, що враховує марку та механічні властивості матеріалу заготовки;

k_2 – коефіцієнт, пов'язаний із нормативною стійкістю ріжучого інструмента;

k_3 – поправка, яка відображає вплив співвідношення довжини проходу до діаметра деталі.

У вихідних умовах довідкове значення швидкості різання становить

$$V_t = 150 \text{ м/хв.}$$

Для одержання розрахункової робочої швидкості (V_p) необхідно скоригувати V_t з урахуванням перелічених коефіцієнтів:

$$V = V_t \cdot k_m \cdot k_x \cdot k_{mp} \cdot k_{ox} = 150 \cdot 0,75 \cdot 1,15 = 129,4 \text{ м/хв.}$$

Обчислимо кількість обертів шпинделя верстата, необхідну для забезпечення заданого режиму різання. Це значення визначається за формулою, що пов'язує швидкість різання з діаметром оброблюваної поверхні та обертами:

$$n_2 = 318 \frac{V}{d} = 318 \cdot \frac{129,4}{19,5} = 2057,5 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо значення частоти обертання шпинделя верстата $n_2 = 3000$ об/хв.

На основі цього параметра визначаємо основний машинний час, необхідний для виконання відповідного технологічного переходу. Розрахунок проводиться за класичною формулою:

$$T_{o2} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{29 \cdot 1}{3000 \cdot 0,3} = 0,03 \text{ хв.}$$

Приймаємо, що допоміжний час, який включає в себе операції переміщення інструменту до початку обробки, його відведення після завершення проходу, а також установку та зняття деталі, складається з двох основних компонентів:

$$T_{b2} = 0,7 \text{ хв.};$$

Основний час виконання операції (T_o) визначається за класичною формулою:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} = 0,08 + 0,03 = 0,11 \text{ хв.}$$

Допоміжний час виконання операції (позначається як T_d) – це сукупність витрат часу на дії, які не пов'язані безпосередньо з різанням, але необхідні для здійснення операції

$$T_b = T_{b1} + T_{b2} = 0,9 + 0,7 = 1,6 \text{ хв.}$$

Оперативний час виконання операції – це сума основного й допоміжного часу, тобто загальний час, що витрачається безпосередньо на виконання технологічної операції.

$$T_{\text{оп}}=T_{\text{о}}+T_{\text{в}}=0,11+1,60=1,71 \text{ хв.}$$

Додатковий час – це регламентований час, який включає перерви на відпочинок і особисті потреби, а також час на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{дод}}=(T_{\text{оп}}\cdot K)/100=(1,71\cdot 8)/100=0,1 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час – це час, що витрачається на підготовку робочого місця, ознайомлення з технічною документацією, отримання та здачу інструменту й оснащення, а також прибирання робочого місця після завершення операції:

$$T_{\text{пз}}=4 \text{ хв.}$$

Щоб визначити норму часу на операцію, потрібно врахувати всі складові:

$$T_{\text{н}}=T_{\text{о}}+T_{\text{в}}+T_{\text{дод}}+T_{\text{пз}}/n=0,11+1,60+0,1+4/10=2,21 \text{ хв.}$$

010 – Наварювальна, відповідно до стилістики технічної документації:

$$T_{\text{н}} = 2,45 \text{ хв.}$$

Операція 015 – Слюсарна

На даному етапі технологічного маршруту проводяться слюсарні роботи, спрямовані на усунення надлишків металу, утворених у процесі попередньої наплавлювальної операції. Зокрема, видаляються напливи та задири, що можуть вплинути на точність наступної механічної обробки. Роботи виконуються з використанням напилків відповідного профілю.

Нормований час на виконання операції становить:

$$T_{\text{н}} = 2,25 \text{ хв}$$

Операція 020 – Плазмено-дугове напикання

Перехід 1 – Напикання циліндричної посадкової поверхні під підшипник ковзання.

Для відновлення посадкового діаметра валу застосовується метод плазмено-дугового напикання з використанням порошкових матеріалів на нікелевій або кобальтовій основі. Цей спосіб дозволяє отримати зносостійкий шар із високою адгезією до основного металу.

Режим виконання напикання:

Сила струму зварювання:

$$I=16\text{кА}$$

Тривалість зварювального імпульсу:

$$t_i=0,06\text{с}$$

Пауза між імпульсами:

$$t_{\text{п}}=0,12\text{с}$$

Швидкість переміщення наплавлювальної головки:

$$V_{\text{н}}=1,2\text{м/хв}$$

Подача електроду:

$$S=4,0\text{мм/об}$$

Сила стискання електродів:

$$P_{\text{р}}=1,3\text{кН}$$

Розрахунок частоти обертання шпинделя верстата:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \frac{1,2}{21} = 18,17 \text{ об/хв.}$$

Прийнято значення частоти обертання шпинделя:

$$n=24\text{об/хв.}$$

Розрахунок основного часу виконання переходу.

Для визначення тривалості основного часу при виконанні технологічного переходу скористаємося стандартною формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{29 \cdot 1}{24 \cdot 4} = 0,3 \text{ хв,}$$

Допоміжний час, що включає зміну інструмента, підведення та виведення електродів, а також підготовчі дії під час напікання, приймаємо орієнтовно:

$$T_{\text{в}}=0,9\text{хв.}$$

Оперативний час виконання операції обчислюється як сума основного й допоміжного часу:

$$T_{\text{оп}}=T_o+T_{\text{в}}=0,3+0,9=1,2 \text{ хв.}$$

Додатковий час включає витрати, пов'язані з організаційно-технічними перервами, відновленням інструменту, виконанням допоміжних дій, що не входять безпосередньо до основного або оперативного часу

$$T_{\text{дод}}=T_{\text{оп}} \cdot K/100=1,2 \cdot 15/100=0,18 \text{ хв.}$$

Для повної характеристики тривалості технологічної операції обчислюється норма часу, яка включає в себе всі елементи витрат часу, необхідні для її виконання. Норма часу (T_n) визначається як сума підготовчо-заклучного, оперативного та додаткового часу:

$$T_n = T_o + T_v + T_{\text{дод}} + T_{\text{пз}}/n = 0,3 + 0,9 + 0,18 + 8/10 = 2,18 \text{ хв.}$$

Операція 025 “Слюсарна”

Нормативна тривалість виконання операції 025 "Слюсарна" приймається на основі аналогічного переходу, передбаченого у типовому базовому технологічному процесі. Виходячи з цього, норму часу на виконання слюсарної операції встановлено на рівні $T_n = 0,55 \text{ хв.}$

Операція 030 “Токарна”. Перехід 1

На першому переході токарної обробки необхідно встановити величину припуску, яка забезпечить видалення дефектного шару та досягнення необхідної точності та шорсткості обробленої поверхні. Припуск визначається з урахуванням ступеня зношення, методу попередньої обробки, а також вимог до кінцевих розмірів. Розрахунок виконується згідно методики, поданої у нормативно-технологічній документації.

$$h = \frac{D - d}{2} = \frac{21 - 20,5}{2} = 0,25 \text{ мм.}$$

Операція 030 “Токарна”. Перехід 1 (продовження)

Для забезпечення необхідного рівня точності та стабільності процесу обробки припуск видаляється за один прохід. У зв'язку з цим глибину різання приймаємо $t = 0,25 \text{ мм.}$

На підставі вибраної глибини різання, характеристик матеріалу заготовки, встановлюємо наступні значення технологічних параметрів:

Подача на оберт $S = 0,2 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання $V = 46 \text{ м/хв.}$

Розрахунок частоти обертання шпинделя проводиться за формулою:

$$n_1 = 318 \frac{V}{d} = 318 \frac{46}{20,5} = 713,4 \text{ об/хв.}$$

Операція 030 "Токарна". Перехід 1 (продовження).

Враховуючи попередні розрахунки та доступний діапазон обертів верстата, приймаємо частоту обертання шпинделя $n_1 = 950 \text{ об/хв}$.

Основний машинний час для виконання даного переходу визначається за класичною формулою:

$$T_{o1} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{29 \cdot 1}{950 \cdot 0,2} = 0,15 \text{ хв.}$$

Приймаючи до уваги трудомісткість допоміжних операцій, встановлюємо допоміжний час, що припадає на виконання проходу в першому переході $T_{в1} = 0,7 \text{ хв/}$

Режимні параметри та витрати часу для наступних переходів в межах операції 030 "Токарна":

Перехід 2: Основний час $T_{o2} = 0,02 \text{ хв.}$,

Допоміжний час $T_{в2} = 0,08 \text{ хв.};$

Перехід 3:

Основний час приймається відповідно до технологічних умов (необхідно уточнити),

Допоміжний час $T_{o3} = 0,08 \text{ хв.}, T_{в3} = 0,08 \text{ хв.};$

Розрахунок загального основного часу виконання операції:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} = 0,15 + 0,02 + 0,08 = 0,25 \text{ хв.}$$

Визначимо допоміжний час операції шляхом підсумовування допоміжного часу для кожного переходу.

$$T_{в} = T_{в1} + T_{в2} + T_{в3} = 0,7 + 0,08 + 0,08 = 0,86 \text{ хв.}$$

Для визначення оперативного часу операції скористаємося формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_{в} = 0,25 + 0,86 = 1,11 \text{ хв.}$$

Додатковий час операції T_d зазвичай приймається як відсоток від оперативного часу, і визначається за формулою:

$$T_{дод} = (T_{оп} \cdot K) / 100 = (1,11 \cdot 8) / 100 = 0,09 \text{ хв.}$$

Норма часу операції T_n розраховується як сума всіх складових:

$$T_{пз} = 7 \text{ хв}$$

Норма часу операції становить

$$T_n = T_o + T_{в} + T_{дод} + T_{пз} / n = 0,25 + 0,86 + 0,09 + 7 / 10 = 1,9 \text{ хв.}$$

Операція 035 "Фрезерна" виконується з нормативним часом, який становить 2,45 хв.

Операція 040 "Шліфувальна" у межах даного технологічного процесу передбачає витрати часу на рівні 2,98 хв.

Усі нормативи часу, визначені для окремих етапів запропонованого технологічного процесу відновлення, узагальнено та представлено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3.– Нормативи часу виконання операцій у межах запропонованого технологічного процесу

№ з/п	Назва технологічної операції	Позначення операції	Норматив часу, хв
1	Токарна (1-ша)	005	1,65
2	Наварювальна	010	2,20
3	Слюсарна (1-ша)	015	2,25
4	Плазмено-дугове напикання	020	4,66
5	Слюсарна (2-га)	025	0,55
6	Токарна (2-га)	030	2,49
7	Фрезерна	035	2,45
8	Шліфувальна	040	2,98

У випадках, коли спостерігається зрив більш ніж двох ниток різьби, або має місце її значне засмічення чи деформація, виконують комплекс відновлювальних заходів. Найпоширенішими методами є: нарізання різьби ремонтного діаметра, наплавлення зношеної ділянки з подальшим обробленням і відновленням різьби стандартного профілю, або ж установлення кільця на шийку з наступним нарізанням різьбового з'єднання.

У разі застосування технології наплавлення різьбової частини, зношена різьба повністю видаляється, після чого поверхню вала наплавляють, здійснюють її механічну обробку (проточування), а потім нарізають різьбу необхідного стандартного розміру.

Інноваційним методом відновлення зовнішньої різьби є застосування електроконтактного наплавлення. Суть методу полягає в тому, що присадковий дріт розміщується у міжвитковому просторі зруйнованої різьби, після чого проводиться процес електроконтактного наплавлення. Після формування шару металу виконується обточування і нарізання різьби встановленого профілю.

Шпонкові канавки, що зазнали незначного зносу (до 15% перевищення ширини), підлягають доопрацюванню шляхом розточування до ремонтного розміру. При цьому встановлюють нові шпонки збільшеного профілю. У разі значного руйнування канавки її поверхню попередньо заварюють, а нову канавку фрезерують в іншому місці, забезпечуючи надійність та геометричну точність з'єднання.

2.5 Розроблення комплексного технологічного процесу відновлення деталей системи мащення

У межах даного етапу сформовано загальний технологічний процес відновлення деталі, який охоплює три основні послідовні стадії: попередню підготовку поверхонь до відновлення, безпосереднє відновлення функціональних характеристик та остаточну механічну обробку після відновлення.

Підготовчий етап включає комплекс технологічних переходів, спрямованих на видалення забруднень, оксидних плівок, залишків мастильних матеріалів та зношених шарів. Особливу увагу приділено забезпеченню геометричної точності та чистоти базових поверхонь для досягнення максимальної адгезії ремонтного матеріалу.

Основна стадія полягає у відновленні геометричних параметрів шляхом застосування відповідної технології, що обрана з урахуванням матеріалу деталі, характеру зносу та вимог до експлуатаційної надійності. Це можуть бути методи наплавлення, напикання, металізації або нанесення полімерних композицій.

Заключний етап передбачає обробку відновленої поверхні до заданих розмірів і параметрів шорсткості. При цьому використовуються операції

токарної, фрезерної, шліфувальної чи доводочної обробки з метою забезпечення відповідності відновленої деталі технічним умовам та стандартам.

Таблиця 2.4. Структура загального технологічного процесу відновлення деталі системи мащення.

№ опер.	Назва операції	Зміст операції	Трив-сть, хв
005	Мийна	Первинне очищення поверхонь деталі від залишків мастила, нагару та бруду з використанням мийних засобів і знежирення в органічних розчинниках	20
010	Сушильна	Висушування знежирених деталей у термошафі до стабільного стану поверхні	10
015	Дефектаційна	Оцінка технічного стану та визначення ступеня зносу функціональних поверхонь	5
020	Токарна	Обробка центрових отворів і формування правильної геометрії зношеної поверхні	20
025	Шліфувальна	Підготовка поверхні до відновлення шляхом абразивної обробки (зняття задирок, вирівнювання профілю)	15
030	Відновлю-вальна	Відновлення робочої поверхні методом плазмового напилення ремонтного матеріалу	35
035	Мийна	Повторне очищення напиленої поверхні від залишків напилювального матеріалу та забруднень	10
040	Сушильна	Закріплення стану поверхні після промивки шляхом термічного сушіння	10
045	Шліфувальна	Остаточне шліфування відновленої поверхні до заданих розмірів і шорсткості	20
050	Контрольна	Візуальний та інструментальний контроль геометричних параметрів і якості поверхні	5
Загальна тривалість		150 хв (2 год 30 хв)	

Структурований комплексний технологічний процес відновлення деталі системи мащення, який охоплює всі етапи – від підготовки до контролю якості. Розроблена послідовність операцій забезпечує надійне відновлення функціональних поверхонь завдяки ретельному очищенню, точному відновленню геометрії та застосуванню сучасних методів, таких як плазмове напилення. Завершальна механічна обробка гарантує відповідність відновленої деталі нормативним вимогам, що підвищує її експлуатаційну надійність. Загальна тривалість процесу становить 2 години 30 хвилин, що є оптимальним для умов ремонтного виробництва.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Технічне обґрунтування до розробки діагностичного стенда

Масляний насос виступає одним із провідних елементів у системі мащення двигуна внутрішнього згорання. Для забезпечення надійної експлуатації силового агрегату необхідно здійснювати діагностичну перевірку насоса з використанням спеціалізованого стенда, що дає змогу зняти експлуатаційні характеристики та порівняти їх з нормативними значеннями. У разі виявлення відхилень від технічних вимог виникає потреба у прийнятті рішення щодо ремонту або заміни вузла.

Функціонування більшості масляних насосів базується на однаковому принципі: відбувається всмоктування моторної оливи з нижньої частини картера (оливного резервуара) та її нагнітання у розподільну мережу системи мащення. Внаслідок цього створюється необхідний тиск, який забезпечує подачу оливи до вузлів циліндро-поршневої групи та газорозподільного механізму.

Для відтворення реальних умов експлуатації під час перевірки насоса необхідно моделювати навантаження, що відповідає опору, який створюється елементами двигуна при циркуляції оливи. Такий гідравлічний опір досягається шляхом встановлення регулювального клапана у вихідному каналі системи.

У подальшому доцільно провести аналіз існуючих конструкцій стендів, вимірювальних приладів та діагностичних засобів, що використовуються на сучасних станціях технічного обслуговування. Основною метою цього етапу є перевірка доцільності та можливості розробки нової конструкції стенда, яка відповідатиме заданим технічним вимогам і дозволить здійснювати ефективне тестування масляних насосів.

У рамках аналізу можливостей діагностики масляних насосів доцільно розглянути три типи стендового обладнання, призначеного для визначення технічного стану насосних агрегатів системи мащення:

стенд для функціонального випробування масляних насосів двигунів, модель 80;

пристрій діагностичного призначення для масляних насосів типу 63-016-01;

стенд СПВ-236, призначений для перевірки та регулювання параметрів масляних насосів.

Кожен із цих стендів має конструктивні й функціональні особливості, що обумовлюють його придатність до використання в умовах технічного обслуговування та ремонту.

Робоча рідина, яку нагнітає випробовуваний насос, транспортується системою внутрішніх каналів до монтажної плити (позиція 4), проходить через регулювальний кран (позиція 6) і направляється в зливний піддон, звідки повертається в масляний резервуар через отвір у кришці бака (позиція 2). Отвори в крані 6 мають калібровану геометрію, яка відповідає характеристикам зразкового еталонного насоса, що дає змогу моделювати реальні умови роботи.

Конструктивне виконання стенда моделі 80 для діагностики масляних насосів наведено на рисунку 3.1. Згідно з експлуатаційною документацією, основним несучим елементом стенда є зварна станина (поз. 1), на якій розміщується випробовуваний насос (поз. 5). Монтаж здійснюється на спеціальній опорній плиті (поз. 4), а фіксація насоса виконується за допомогою спеціалізованих затискних пристроїв. Вхідний патрубок насоса герметично з'єднується із впускним трубопроводом (поз. 3), інтегрованим у конструкцію стенда.

На діагностичному стенді передбачено виконання комплексу випробувальних операцій, серед яких:

- вимірювання граничного тиску, що розвивається масляним насосом у процесі роботи;
- налаштування параметрів роботи запобіжного та перепускного клапанів з метою забезпечення стабільності тиску в системі мащення;
- визначення фактичної продуктивності насоса, що дозволяє оцінити його працездатність та відповідність експлуатаційним характеристикам.

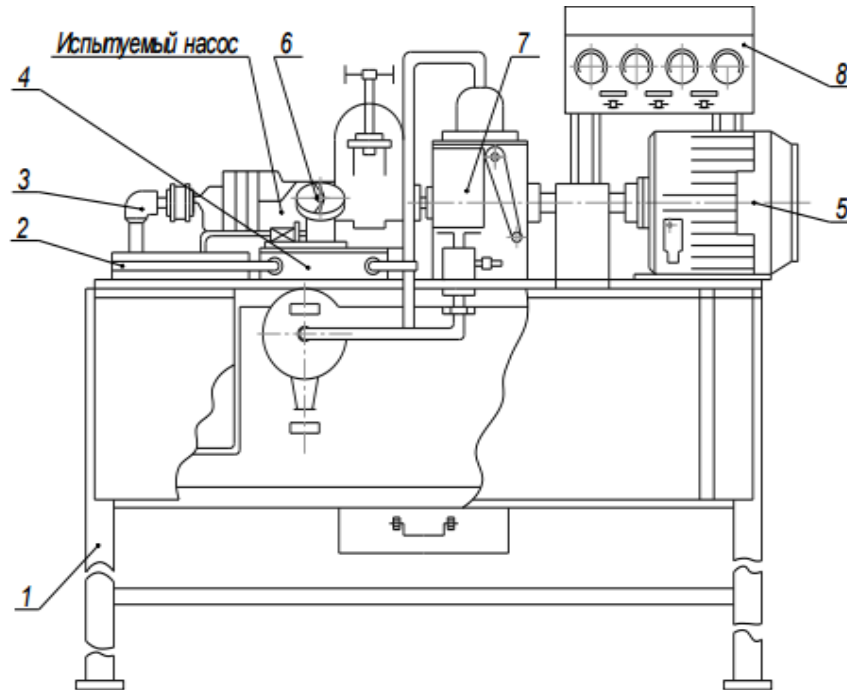


Рис. 3.1. Стенд конструкції 80 для випробування та регулювання масляних насосів:

1 – основа стенда; 2 – резервуар для зберігання мастильного матеріалу; 3 – вхідний трубопровід; 4 – монтажна плита для встановлення насоса; 5 – приводний електродвигун; 6 – регулювальний кран; 7 – редуктор з двоступеневим передаванням; 8 – пульт керування.

Оцінювання продуктивності масляного насоса здійснюється на основі вимірювання тиску, що створюється при прокачуванні оливи крізь калібровані отвори, розташовані у регулювальному крані 6. Реєстрація тиску виконується за допомогою манометра, інтегрованого в панель керування 8. Обертання приводного вала насоса забезпечується приводним вузлом стенда, який складається з двоступінчастого редуктора 7 та електродвигуна 5, з'єднаних між собою за допомогою пружної муфти. Така конструктивна схема приводу дозволяє відтворювати два режими роботи насоса, що підвищує достовірність діагностики.

У подальшому розглянемо випробувальний стенд типу 63-016-01 (рисунок 3.2), сконструйований для одночасного функціонального тестування двох масляних насосів різних типів або модифікацій.

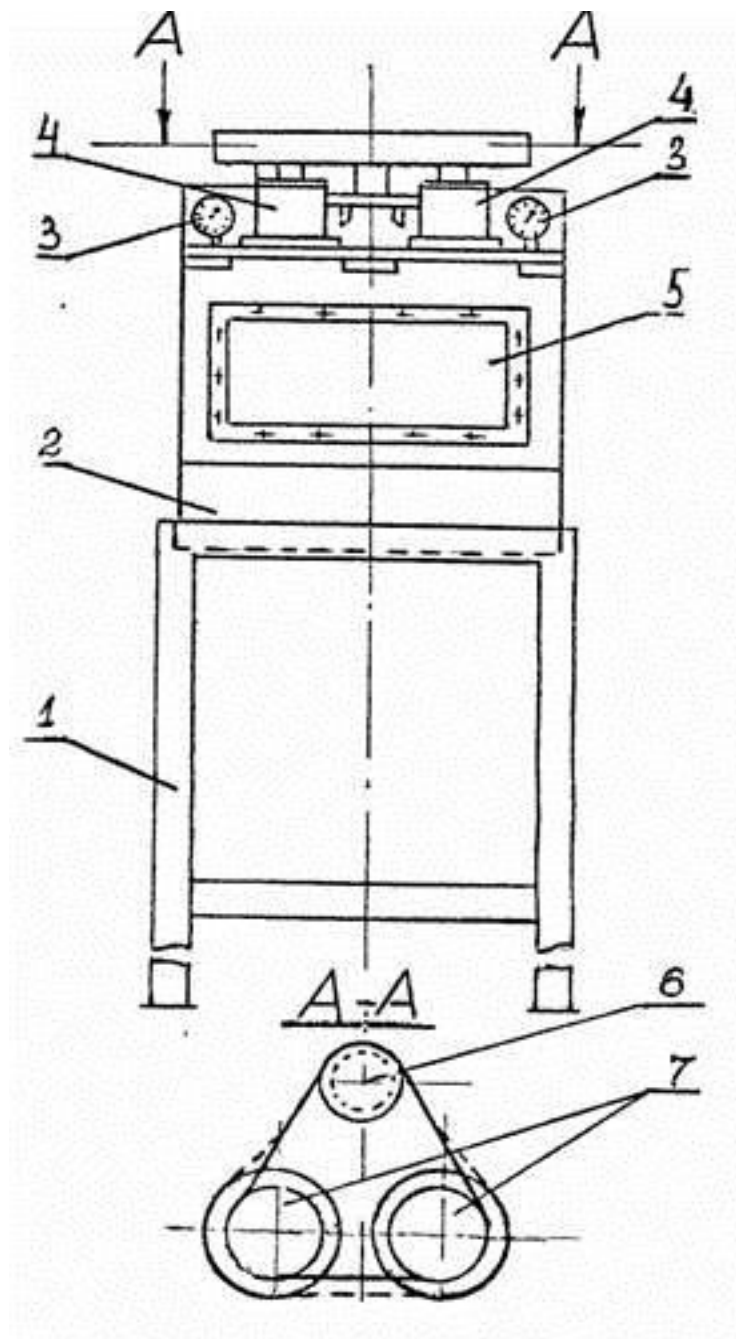


Рис. 3.2. Конструкція стенда для випробування масляних насосів типу 63-016-01:

1 – станина; 2 – камера; 3 – манометр; 4 – шпindelь; 5 – екран; 6 – електродвигун; 7 – приводні валики та шківи.

Конструкція стенда включає жорстку основу (станину) 1, випробувальну камеру 2, два шпindelі 4, що оснащені приводними валами та шківами 7, а також електричний двигун 6. У нижній частині камери передбачено зливний отвір із пробкою для видалення робочої рідини. На кожному робочому місці встановлено манометр 3 для реєстрації тиску, який розвивається протестованим насосом. Наявність оглядового екрану 5 дає змогу візуально контролювати стан

і поведінку насоса під час діагностування.

Випробувальна камера, нижню частину якої виконано у вигляді ванни, заповнюється робочою сумішшю, до складу якої входить 90 % гасу та 10 % мастила типу АС. Робочий рівень суміші підтримується в межах 80–90 мм від дна. Обертальний рух від електродвигуна 6 передається через систему шківів на шпindel 4, що забезпечує привід устанавленого в камері насоса.

Додатково до розглянутих конструкцій, доцільно виділити ще один технічний засіб – випробувальний стенд типу СПВ-236 (рисунок 3.3), який характеризується такими основними параметрами:

- габаритні розміри (довжина × ширина × висота), мм – 1300×600×1530;
- маса стенда у повністю змонтованому стані – 180 кг.



Рис. 3.3. Стенд для контролю та регулювання параметрів масляних насосів типу СПВ-236.

Стенд моделі СПВ-236 призначений для проведення технічної діагностики та функціонального налаштування масляних насосів і має низку суттєвих експлуатаційних переваг:

- універсальність у застосуванні до широкого спектра моделей насосів,
- висока точність і надійність результатів, отриманих у процесі тестування,

- відповідність сучасним вимогам безпеки під час виконання регламентованих процедур,
- раціональна ергономіка і сучасне інженерно-дизайнерське оформлення конструкції, що повністю узгоджується з актуальними нормативними актами та стандартами.

Проведене порівняння функціональних характеристик, конструктивних рішень і економічних аспектів аналізованих моделей дало змогу обґрунтовано визначити СПВ-236 як оптимальну базову платформу для модернізації. На відміну від інших зразків, які характеризуються надмірною масогабаритністю та складністю виготовлення, цей стенд поєднує ефективність, компактність та виробничу доцільність.

З урахуванням отриманих висновків і технічних вимог до конструкції, запропоновано реалізувати наступну компоновку стенда (рисунок 3.4).

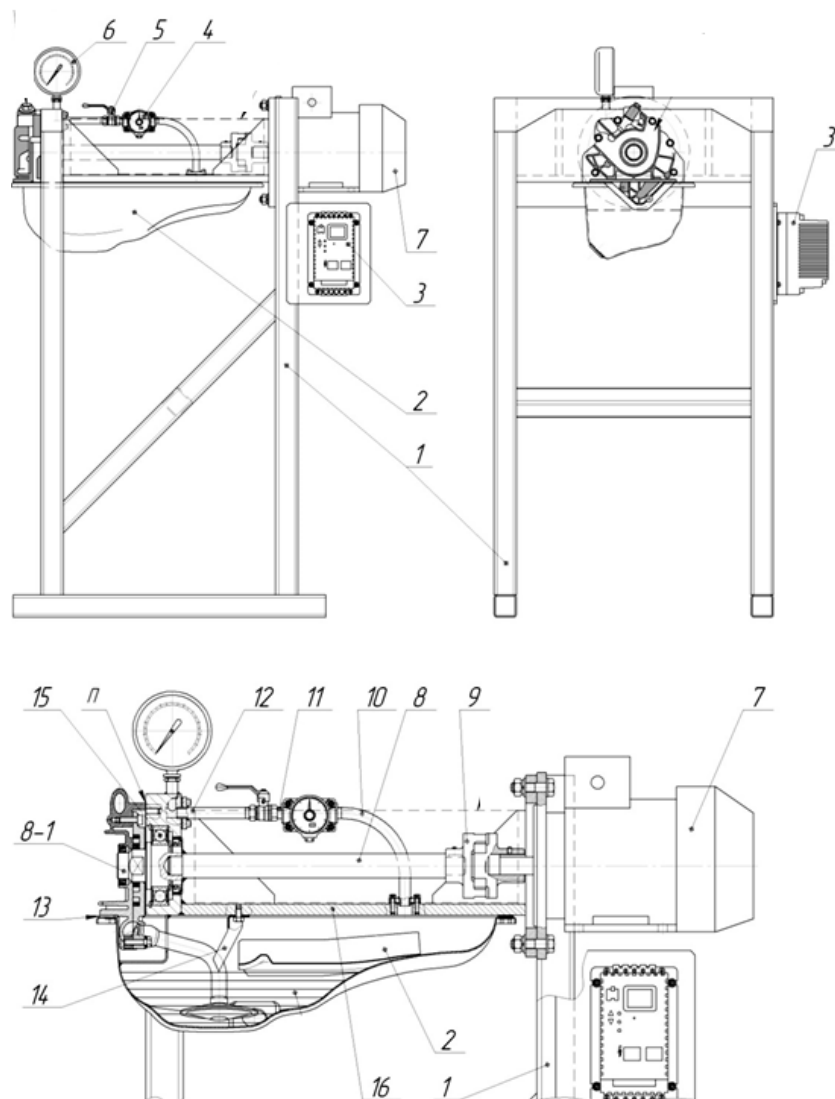


Рис. 3.4. Структурно-компоновальне рішення стенда.

Основа стенда представлена у вигляді звареної рами 1, що виготовлена із профільної труби квадратного поперечного перерізу. Для підвищення просторової жорсткості та формування зовнішніх поверхонь корпусу застосовується листовий метал, позначений як елемент 16. Сукупність рамної конструкції та обшивної плити 16 відтворює монтажну площину блока циліндрів двигуна, забезпечуючи імітацію умов штатної установки агрегату.

В нижній зоні плити 16 розміщується серійний піддон 2, укомплектований ущільнювальною прокладкою 13. У внутрішній частині піддона встановлюється вхідний патрубок системи всмоктування 14, призначений для подачі оливи до масляного насоса.

Кріплення самого насоса до плити здійснюється за допомогою спеціальної монтажної пластини, в якій передбачено отвори під кріплення вузла через ущільнювальний шар. У тій самій пластині встановлено опорний підшипник 15 кулькового типу, який слугує базовою опорою для обертання приводного вала 8.

Окрім того, у структурі пластини інтегровано канал, що забезпечує з'єднання напірного патрубку масляного насоса з вихідним трубопроводом 12. Для контролю тиску в системі використовується манометр 6, вмонтований у відповідну ділянку магістралі.

Відповідно до технічного каталогу, для реалізації функції регулювання потоку робочої рідини у стенді обрано серійний кульовий кран марки «Bugatti», модельного ряду 6000 (рисунок 3.5).



Рис. 3.5. Регулювальний кульовий кран типу «Bugatti» серії 6000.

У вузлі перехідника 11 (рисунок 3.4) необхідно передбачити встановлення витратоміра 4, який забезпечуватиме точне вимірювання об'ємної подачі масляного насоса. Згідно з технічними параметрами, він повинен фіксувати витрату щонайменше 34 л/хв при частоті обертання 5600 об/хв, у

поєднанні з провідною шестірнею 7 і гідравлічним опором, що створюється за допомогою кульового крана – на рівні 5 кгс/см².

З урахуванням зазначених умов, доцільно обрати з каталогу механічний об'ємний витратомір для автомобільних мастильних матеріалів виробництва компанії «Siemens» (рисунок 3.6), що відповідає вимогам точності та надійності вимірювання у даному технологічному процесі.

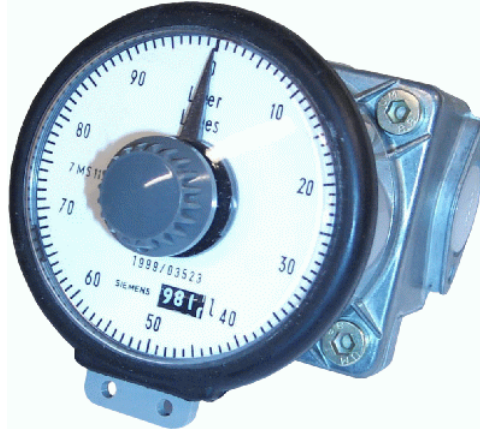


Рис. 3.6. Витратомір виробництва «Siemens».

У якості приводного елемента системи застосовується асинхронний електродвигун 7, керування яким здійснюється за допомогою частотного перетворювача 3 від компанії «Lenze» (рисунок 3.7).



Рис. 3.7. Частотний перетворювач «Lenze» ESMD551.

Реалізація конструкції на основі типових вузлів двигуна дозволяє суттєво зменшити витрати як часу на розробку, так і матеріальних ресурсів. Крім того, запропоноване компонувальне рішення сприяє зменшенню габаритів пристрою, забезпечуючи зручність розміщення станда у виробничому або лабораторному середовищі.

Відповідно до експлуатаційної документації, частотний перетворювач моделі «Lenze» ESMD551 виконує низку функціональних задач, зокрема:

- забезпечення плавного пуску електродвигуна з можливістю налаштування швидкості обертання;
- реалізація режимів реверсу, прискореного та сповільненого ходу, а також керованої зупинки;
- надання ефективного захисту електродвигуна та самого перетворювача від перевантажень і несправностей;
- підтримка динамічного гальмування ротора;
- переваги у вигляді компактних габаритів, малої ваги та простоти монтажу й обслуговування.

Інтеграція частотного перетворювача до конструкції діагностичного стенда дозволяє здійснювати випробування масляних насосів у заданому діапазоні частоти обертання – від 750 до 5600 об/хв, що відповідає умовам реальної експлуатації.

Передача обертового моменту від електродвигуна, змонтованого на рамі через фланцеве кріплення, здійснюється за допомогою пружної муфти з проміжною зірочкою. Такий тип з'єднання дозволяє ефективно компенсувати похибки монтажу та деформації, що виникають унаслідок зварювання та складання конструктивних елементів, зменшуючи негативний вплив можливих несоосностей на стабільність роботи стенда.

Задля гарантування безпечного виконання робіт з діагностики усі елементи конструкції, які здійснюють обертові рухи, оснащуються спеціальним захисним кожухом, що фіксується до рами стенда.

Виходячи з аналізу технічного завдання, можна стверджувати, що запропонована конструкція стенда для перевірки масляних насосів цілком відповідає сформульованим функціональним і технічним вимогам.

Положення, що регламентують вимоги до конструктивної побудови, естетичного оформлення та ергономіки, стали методологічною основою при розробці цього стенда. Нижче наведено основні тези, що враховувалися в процесі проектування:

Конструкція окремих модулів має забезпечувати цілісне, логічно вивірене

архітектурне рішення. Хоча не в усіх випадках вдалося досягти повної симетрії у розташуванні парних вузлів, загальна конфігурація агрегатів є лаконічною, технічно обґрунтованою та не передбачає багатофункціонального або суперечливого призначення.

3.2 Розрахунок ключових конструктивних елементів

Процес підбору електродвигуна базується на функціональному призначенні стенда та характері виконуваних на ньому випробувань. Технічні характеристики гідронасоса типу НШ-50, що підлягає тестуванню, повинні узгоджуватися з робочими параметрами обраного електроприводу, зокрема з номінальною частотою обертання вала, яка становить 1500 об/хв.

Визначення необхідної потужності електродвигуна здійснюється з урахуванням енергетичних потреб гідронасоса. Останні залежать від величини крутного моменту, що виникає на його приводному валу, відповідно до співвідношення:

$$M_{\text{уд}} = \frac{V_0 \cdot p}{2\pi} \cdot \frac{1}{\eta_m}, \quad (3.1)$$

V_0 – робочий об’єм насоса, що становить 49,1 см³;

p – тиск, який створює насос, дорівнює 16 МПа;

η_m – механічний ККД насоса, значення якого становить 0,85.

$$M_{\text{уд}} = \frac{49,1 \cdot 10^{-6} \cdot 16 \cdot 10^6}{2 \cdot 3,14} \cdot \frac{1}{0,85} = 147 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

У результаті розрахунків встановлено, що для забезпечення ефективної роботи гідронасоса потрібна відповідна потужність приводу, яка визначається виходячи з експлуатаційних характеристик агрегату. Отже, значення потужності, необхідне для обертання вала насоса з урахуванням внутрішніх втрат та заданих параметрів, становитиме:

$$P = M_{\text{уд}} \cdot \omega, \quad (3.2)$$

де ω – кутова швидкість обертання, яка визначається за формулою (3.3),

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.3)$$

де n – частота обертання вала насоса, що дорівнює 1500 об/хв.

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад/с},$$

$$P = 147 \cdot 157 = 2307 \text{ Вт}.$$

З урахуванням значення коефіцієнта корисної дії, що відображає вплив об'ємних втрат у гідросистемі для насоса моделі НШ-50, розрахунок потужності, яка забезпечує його ефективну роботу, виконується відповідно до залежності (3.4).

$$P_{\text{пр}} = \frac{P}{\eta_{\text{общ}}}, \quad (3.4)$$

де $\eta_{\text{заг}}$ – загальний коефіцієнт корисної дії електроприводу, який визначається за формулою (3.5),

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3, \quad (3.5)$$

де η_1 – ККД системи підведення робочої рідини, що становить 0,6;

η_2 – ККД системи передавання крутного моменту від двигуна до насоса, дорівнює 0,65;

η_3 – ККД, що враховує об'ємні втрати в насосі, становить 0,9.

$$\eta_{\text{общ}} = 0,6 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 0,851.$$

Після підстановки необхідних параметрів у формулу (3.4), отримуємо розрахункове значення потужності, яка потрібна для ефективного приводу гідронасоса, з урахуванням об'ємних втрат та реального коефіцієнта корисної дії системи.

$$P_{\text{пр}} = \frac{2307}{0,851} = 2710 \text{ Вт}.$$

У конструкції стенда для випробування масляних насосів як регульовальний гідравлічний елемент передбачено застосування дросельного пристрою типу Г77-33, який серійно виготовляється і класифікується як крановий дросель.

Цей тип обладнання забезпечує можливість варіювання перепаду тиску, що, у свою чергу, визначає зміну навантаження у широкому діапазоні – від 1,05

до 6,8 крат. Враховуючи ці характеристики, для уникнення перевантаження електродвигуна при експлуатації насоса, слід передбачити запас потужності приводу щонайменше у 8,2 раза порівняно з розрахунковим значенням.

Отже, остаточна потужність, необхідна для ефективного приводу масляного насоса в межах заданих експлуатаційних режимів, становить:

$$P_{\text{пр.ок}} = 2710 \cdot 6,8 = 18428 \text{ Вт}.$$

З огляду на доступні типорозміри електродвигунів, для приводу випробувального стенда доцільно використати двигун моделі АІР-160В4У2, який забезпечує номінальну потужність 18,5 кВт при швидкості обертання валу 1500 обертів за хвилину.

Подальшим кроком у процесі проєктних розрахунків є визначення оптимальних внутрішніх діаметрів гідравлічних трубопроводів – зокрема, всмоктувального, напірного та зливного контурів. Для цього слід врахувати основні технічні характеристики обраного гідроагрегата. У якості такого агрегата запропоновано шестеренний насос НШ-50, робочі параметри якого включають тиск 16 МПа та об'ємну витрату 110,8 л/хв.

При цьому важливо враховувати рекомендовані швидкості переміщення робочої рідини в окремих ділянках гідросистеми. Відповідно до нормативних даних, допустимі значення становлять: для всмоктувальної магістралі – до 1,5 м/с, для напірної – у межах 3–5 м/с, а для зливної – близько 2 м/с.

З урахуванням наведених умов і параметрів, внутрішні діаметри трубопроводів розраховуються із застосуванням аналітичних співвідношень, поданих у формулах (3.6), (3.7) та (3.8).

$$D_{y.вс} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot V_{вс}}}, \quad (3.6)$$

$$D_{y.н} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot V_n}}, \quad (3.7)$$

$$D_{y.сл} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot V_{сл}}}, \quad (3.8)$$

$$D_{y.вс} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00185}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,039 \text{ м},$$

$$D_{y.n} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00185}{3,14 \cdot 3,5}} = 0,025 \text{ м},$$

$$D_{y.cл} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00185}{3,14 \cdot 2}} = 0,034 \text{ м}.$$

З урахуванням розрахованих параметрів, внутрішні діаметри трубопроводів слід округлити до найближчого більшого стандартного значення. Таким чином, остаточно приймаємо такі розміри:

$$D_{y.вс} = 40 \text{ мм}, D_{y.n} = 25 \text{ мм}, D_{y.cл} = 40 \text{ мм}.$$

Після остаточного вибору діаметрів трубопроводів необхідно визначити фактичні швидкості потоку робочої рідини в кожній з гідроліній. Для цього використовуються залежності (3.9), (3.10), (3.11), які враховують об'ємну витрату та поперечний переріз труб.

$$V_{вс} = \frac{4 \cdot Q_H}{\pi \cdot D_{y.вс}^2}, \quad (3.9)$$

$$V_H = \frac{4Q_H}{\pi \cdot D_{y.n}^2}, \quad (3.10)$$

$$V_{cл} = \frac{4 \cdot Q_H}{\pi \cdot D_{y.cл}^2}. \quad (3.11)$$

Підставивши у формули відповідні розрахункові параметри, отримуємо значення швидкостей для всмоктувальної, напірної та зливної магістралей.

$$V_{вс} = \frac{4 \cdot 0,00185}{3,14 \cdot (0,04)^2} = 1,48,$$

$$V_H = \frac{4 \cdot 0,00185}{3,14 \cdot (0,025)^2} = 3,77,$$

$$V_{cл} = \frac{4 \cdot 0,00185}{3,14 \cdot (0,04)^2} = 1,48.$$

Товщину стінки трубопроводу розраховують за наступною формулою, яка враховує внутрішній тиск робочого середовища, зовнішній діаметр трубопроводу, допустиме напруження для матеріалу труби та коефіцієнт міцності:

$$S = \frac{5 \cdot P_p \cdot D_y}{(0,3 \div 0,5) \cdot \sigma_s - 10 \cdot P_p}, \quad (3.12)$$

де σ_B – граничне значення напруження при розтягу, яке для конструкційної вуглецевої сталі марки 20 приймається рівним 400 МПа.

При цьому, відповідно до норм технологічної безпеки та умов експлуатації, мінімально допустиме значення товщини стінки трубопроводу не повинно бути менше ніж 0,8 мм.

$$S_{BC} = \frac{5 \cdot 16 \cdot 10^5 \cdot 0,04}{(0,4 \cdot 400 \cdot 10^6) - 10 \cdot 16 \cdot 10^5} = 0,0022 \text{ м},$$

$$S_H = \frac{5 \cdot 16 \cdot 10^5 \cdot 0,025}{(0,4 \cdot 400 \cdot 10^6) - 10 \cdot 16 \cdot 10^5} = 0,001 \text{ м},$$

$$S_{CI} = \frac{5 \cdot 16 \cdot 10^5 \cdot 0,04}{(0,4 \cdot 400 \cdot 10^6) - 10 \cdot 16 \cdot 10^5} = 0,0022 \text{ м}.$$

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Загальні положення з техніки безпеки при обслуговуванні автотранспортних засобів на підприємстві

При ремонті, обслуговуванні і експлуатації автотранспортних засобів (АТЗ) працівники організацій схильні до дії різних фізичних і хімічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Основні фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори: рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання; підвищення або зниження температури повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень вібрації; підвищена або знижена рухомість повітря; підвищена або знижена вологість повітря; відсутність або нестача природного освітлення; недостатня або підвищена освітленість робочої зони (місця). Основним хімічним небезпечним і шкідливим виробничим фактором є підвищена загазованість і запиленість повітря робочої зони.

Рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання відповідають вимогам діючих державних стандартів. Санітарно-гігієнічні вимоги до показників мікроклімату, рівнів шуму і вібрацій, освітленості відповідають вимогам діючих санітарних правил Технічне обслуговування, ремонт і перевірка технічного стану АТЗ проводяться в спеціально відведених місцях (постах), оснащених необхідним обладнанням, пристроями, приладами, пристосуванням та інвентарем згідно з наказом №964 МНС України «Про затвердження правил охорони праці на автомобільному транспорті» від 1 серпня 2012 року.

Автотранспортні засоби, що направляються на пости технічного обслуговування, ремонту і перевірки технічного стану, поступають вимиті і очищені від бруду та снігу. Постановка АТЗ на пости здійснюється під керівництвом відповідального працівника (майстра, начальника ділянки, контролера технічного стану АТЗ). В'їзд АТЗ в виробниче приміщення і їх постановку на робочі пости перевірки здійснюють контролери технічного стану

АТЗ, які мають посвідчення водія АТЗ відповідної категорії. Після постановки АТЗ на пост необхідно загальмувати його стоянковим гальмом, вимкнути запалювання (перекрити подачу палива в автомобілі з дизельним двигуном), встановити важіль перемикачів передач (контролера) в нейтральне положення, під колеса підкласти не менше двох спеціальних упорів (башмаків). На рульове колесо вивішується табличка з написом "Двигун не запускати – працюють люди!". На АТЗ, що мають дублюючі пристрій для пуску двигуна, аналогічна табличка вивішується і у цьому пристрої. Присутність людей у смузі руху АТЗ при в'їзді, виїзді або маневруванні в виробничому приміщенні забороняється. При обслуговуванні АТЗ на підйомнику (гідравлічному, електромеханічному) на пульті управління підйомником вивішується табличка з написом «Не чіпати - під автомобілем працюють люди». У робочому (піднятому) положенні плунжер гідравлічного підйомника повинен надійно фіксуватися упором (штангою), що гарантує неможливість довільного опускання підйомника. У приміщеннях технічного обслуговування з потоковим рухом АТЗ обов'язково наявний пристрій сигналізації (світлової чи звукової), який своєчасно попереджає працюючих на лінії обслуговування (в оглядових канавах, на естакадах), про момент початку переміщення АТЗ з поста на пост. Включення конвеєра для переміщення АТЗ з поста на пост дозволяється тільки після включення сигналу (звукового, світлового) диспетчером або спеціально виділеним працівником, який призначається наказом по організації. Пости обладнуються пристроями для аварійної зупинки конвеєра.

Пуск двигуна АТЗ на постах технічного обслуговування або ремонту дозволяється здійснювати тільки водієві-перегонщику, бригадиру слюсарів або слюсарю, який призначається наказом по організації і які пройшли інструктаж з охорони праці та при наявності у них посвідчення водія АТЗ. Перед проведенням робіт, пов'язаних з прокручуванням колінчастого і карданного валів, необхідно додатково перевірити відключення запалювання (перекриття подачі палива для дизельних автомобілів), нейтральне положення важеля перемикачів передач (контролера), важіль стоянкового гальма. Після виконання необхідних робіт по ремонту АТЗ загальмовують стоянковим

гальмом. Працівники, що проводять обслуговування і ремонт АТЗ, забезпечуються відповідними справними інструментами, пристосуваннями, а також засобами індивідуального захисту (ЗІЗ).

При необхідності виконання робіт під АТЗ, що знаходяться поза оглядовою канавою, підйомником, естакадою, працівники забезпечуються лежаками. При вивішуванні частини автомобіля, причепа, напівпричепа підйомними механізмами (домкратами, таями), крім стаціонарних, необхідно спочатку підставити під непідйомні колеса спеціальні опори (башмаки), потім вивісити АТЗ, підставити під вивішену частину козелки і опустити на них АТЗ. Ремонт, заміна підйомного механізму кузова автомобіля самоскида, самосвального причепа або долив в нього мастила проводяться після установки під піднятий кузов спеціального додаткового упору, що виключає можливість падіння або довільного опускання кузова. При ремонті і обслуговуванні верхньої частини автобусів і вантажних автомобілів працівники забезпечуються риштуванням або драбинами. Застосовувати приставні драбини не дозволяється. Прибирати робоче місце від пилу, тирси, стружки, дрібних металевих обрізків дозволяється тільки за допомогою щітки. При роботі на поворотному стенді (перекидачі) необхідно попередньо надійно укріпити на ньому АТЗ, злити паливо з паливних баків і рідину із системи охолодження та інших систем, щільно закрити маслозаливну горловину двигуна і зняти акумуляторну батарею.

Працівник, що обслуговує або ремонтує автомобіль забезпечується засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Згідно з ДНАОП 0.00-3.06-98 «Типові норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття і інших засобів індивідуального захисту працівникам автомобільного транспорту» слюсареві по ремонту автомобілів видаються: костюм віскозно-лавсановий (термін носіння 12 місяців); черевики шкіряні (термін носіння 12 місяців); берет (термін носіння 12 місяців); рукавиці комбіновані (термін носіння 2 місяців); окуляри захисні (до зносу).

Роботодавець зобов'язаний замінити або відремонтувати спецодяг і інші засоби індивідуального захисту, що прийшли в непридатність, до закінчення встановленого терміну носіння по причинах, які не залежать від працівника.

Слюсар зобов'язаний:

- дотримуватися норм, правил та інструкцій з охорони праці, пожежної безпеки та правил внутрішнього трудового розпорядку;

- правильно застосовувати колективні та індивідуальні засоби індивідуального захисту, дбайливо відноситися до виданих в користування спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту;

- негайно повідомляти своєму безпосередньому керівнику про будь-який нещасний випадок, що відбувся на виробництві, про ознаки професійного захворювання, а також про ситуацію що створює загрозу життю і здоров'ю людей;

- виконувати тільки доручену роботу. Виконання робіт підвищеної небезпеки проводиться за нарядом-допуском після проходження цільового інструктажу;

- бережливо відноситися до використовуваного обладнання та інструменту, тримати його в чистоті та справності.

4.2 Техніка безпеки під час використання електричної енергії

Застосування електричної енергії у ремонтних роботах створює потенціальну загрозу ураження електричним струмом у разі безпосереднього стикання з оголеним проводом замкненого електричного кола. Ураження можливе також через ґрунт, на якому лежать оголені проводи, й на відстані - через провідники високої напруги за механізмом вольтової дуги. Може бути уражена й та особа, яка надає допомогу, якщо торкатиметься потерпілого незахищеними руками.

Електричний струм уражує всі відділи організму, спричинюючи механічні ушкодження, опіки, іонізацію тканин та інші патологічні зміни. Потерпілий, як правило, не може відірватися від проводу через сильне

скорочення м'язів кінцівок. При цьому можливі додаткові травми (забите місце, опік тощо).

Щоб запобігти ураженню електричним струмом, використовують засоби колективного й індивідуального захисту, а також засоби додаткового захисту.

До спеціальних засобів індивідуального захисту належать: діелектричні рукавиці, боти, галоші, килимки, ізоляційні підставки; переносні безпечні світильники напругою 12...48 В, понижуючі трансформатори напругою 220/12 або 220/42 В, захисне заземлення.

До засобів додаткового захисту належать: діелектричні доріжки; захисні окуляри; спеціальні рукавиці з важкозаймистої тканини; захисні пристрої тощо.

Крім того, на працюючих накопичуються заряди статичної електрики, особливо в разі користування одягом із штучного волокна, вовни, взуттям із підшвами, що не проводять електричного струму, а також під час виконання ручних робіт із речовинами-діелектриками й шліфувальною шкіркою.

Найпростіший і найнадійніший спосіб захисту від статичної електрики - заземлення технологічного обладнання, трубопроводів тощо. Необхідно передбачати також струмопровідні підлоги, антистатичні рукавиці.

Перед початком роботи з ручним електроінструментом слід пересвідчитися в тому, що він справний і є захисне заземлення.

Для роботи з інструментом під напругою 127...220 В треба надіти захисні окуляри, гумові рукавиці, галоші й користуватися гумовим килимком або сухим дерев'яним стелажем.

Залишаючи робоче місце навіть ненадовго, слід вимкнути електроінструмент. У разі виявлення будь-якої несправності електроінструменту, заземлювального пристрою або штепсельної розетки треба негайно припинити роботу.

У приміщеннях без підвищеної й особливої небезпеки використовуються світильники напругою 42 В. У приміщеннях з особливою й підвищеною небезпекою, в тісноті, в незручному положенні працюючого застосовуються переносні світильники місцевого освітлення напругою 12 В.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

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. Конспект лекцій (частина І) 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.
5. Конспект лекцій (частина ІІ) 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.
6. 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.
7. Левкович М.Г., Кищун В.А., Гандзюк М.О. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с.

8. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Dzyura, V., Aulin, V., Khoroshun, R. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system (2021) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 23 (2), pp. B139-B149. (Scopus).

9. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

10. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

11. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

12. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Nevko, I., Khoroshun R Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications, 24(3), B247-B258.

13. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Левкович М.Г., Клендій В.М., Гупка В.В. Структурний синтез гальмівних систем з техніко-економічним обґрунтуванням // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Вип. 71. Луцьк. Ред.-вид. відділ ЛТНУ.- 2021. – С. 228-233.

14. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

15. Ляшук О., Серілко Л., Гевко І., Кондратюк О., Цьонь О., Галан Ю. Investigation of the operation of vibration-centrifugal installation for automobile parts machining (Дослідження роботи вібраційно-відцентрової установки для обробки деталей автомобілів). Вісник ТНТУ, Тернопіль, 2021. № 1 (101), с. 80-89.

16. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

17. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>