

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)

(ім'я та прізвище)

«14» листопада 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Ткачуку Андрію Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування технічного обслуговування та ремонту передньої підвіски автомобіля citroen berlingo з дослідженням відновлення гільз циліндрів електролітичним хромуванням

Керівник роботи Хорошун Роман Васильович., доктор філософії PhD.

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

Затверджені наказом ректора від «14» листопада 2025 року № 4/7-972

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Базовий ТП технічного обслуговування та ремонту передньої підвіски автомобіля citroen berlingo

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

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

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

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

Установка для діагностики передньої підвіски автомобіля – 1А1.

Маршрутна технологічна карта – 1А1.

Операційна технологічна карта – 1А1.

Стенд для розбирання і зборки передньої підвіски автомобіля – 1А1.

Прес гідравлічний 10 т – 1А1.

Пневматичний гайкокрут – 1А1.

Результати наукових досліджень – 1А1.

Схема планувального рішення зони ПР – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, ім'я та прізвище консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 14.11.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	18.11.25	
2	Технологічний розділ	25.11.25	
3	Конструкторський розділ	02.12.25	
4	Науково-дослідний розділ	09.12.25	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	16.12.25	
6	Оформлення графічної частини	16.12.25	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра		

Студент

(підпис)

Андрій ТКАЧУК

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Роман ХОРОШУН

(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Проектування технічного обслуговування та ремонту передньої підвіски автомобіля citroen berlingo з дослідженням відновлення гільз циліндрів електролітичним хромуванням».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра доктор філософії PhD. Хорошун Роман Васильович.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 72 сторінок формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 1 сторінки додатків.

Ключові слова: колювання, стійкість, надійність, заміна, відновлення.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Загальна характеристика конструкційних та експлуатаційних властивостей передньої підвіски автомобіля Citroën Berlingo.....	8
1.2 Аналіз типових дефектів передньої підвіски автомобіля Citroën Berlingo та методів їх усунення.....	11
1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	18
2.1 Виявлення та класифікація дефектів підвіски автомобіля.....	18
2.2 Розроблення планувального рішення зони поточного ремонту.....	23
2.2.1 Функціональне призначення та перелік робіт у зоні ПР.....	23
2.2.2 Організація технологічного процесу робіт у зоні поточного ремонту.....	24
2.2.3 Вибір та обґрунтування обладнання для зони поточного ремонту.....	26
2.3 Розроблення технологічного процесу поточного ремонту передньої підвіски.....	28
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	34
3.1 Технічне завдання на проектування пристрою.....	34
3.2 Технічна пропозиція щодо створення конструкції пристрою.....	35
3.3 Розрахунок основних елементів конструкції.....	38
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	47
4.1 Оцінювання силового навантаження та контактного тиску у вузлі тертя..	47
4.2 Методика випробувань деталей типу «циліндр» та параметри моделі їхнього зношування.....	51
4.3 Устаткування та методика проведення експериментальних випробувань..	56
4.4 Результати експериментальних досліджень та ідентифікація параметрів моделі зношування.....	57
4.5 Оцінювання інтенсивності зношування.....	61
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	63
5.1 Приміщення й площадки для зберігання автомобілів.....	63

5.2 Приміщення для технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів.....	64
5.3 Особливості перебігу та наслідки можливих хімічних аварій.....	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	71
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Системи технічного обслуговування і ремонту сучасних автомобілів набувають особливої актуальності в умовах зростання інтенсивності їх експлуатації, вимог до надійності та безпеки руху. Передня підвіска як один із ключових елементів ходової частини автомобіля виконує важливі функції забезпечення стійкості, керованості та комфорту під час руху. Будь-які порушення у роботі підвіски призводять до погіршення динаміки, збільшення навантажень на інші агрегати, зростання зносу шин і, найголовніше, – зниження рівня активної безпеки транспортного засобу.

Автомобіль Citroën Berlingo широко використовується як у приватному, так і в комерційному секторі завдяки своїй універсальності та вантажопасажирській компоновці. Експлуатація в умовах міста та на дорогах зі значними нерівностями зумовлює підвищені навантаження на передню підвіску, що вимагає своєчасного діагностування, технічного обслуговування та впровадження ефективних методів ремонту.

Окрему увагу в дослідженні приділено питанням підвищення ресурсу деталей циліндро-поршневої групи двигуна. Знос гільз циліндрів значною мірою впливає на паливну економічність, токсичність відпрацьованих газів і загальний технічний стан силового агрегату. Серед сучасних методів відновлення контактних поверхонь ефективним та економічно доцільним є електролітичне хромування, яке забезпечує формування зносостійкого покриття з підвищеною твердістю, низьким коефіцієнтом тертя та високою корозійною стійкістю.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика конструкційних та експлуатаційних властивостей передньої підвіски автомобіля Citroën Berlingo

Передня підвіска автомобіля Citroën Berlingo відіграє ключову роль у забезпеченні стійкості, керованості та плавності руху транспортного засобу. Її конструктивне виконання визначає характер взаємодії коліс із дорожнім покриттям, а також впливає на рівень безпеки та комфорту під час експлуатації автомобіля.

Інформаційні дані щодо основних параметрів передньої підвіски наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Основні технічні характеристики передньої підвіски автомобіля Citroën Berlingo.

Показник		Параметр
Стабілізатори поперечної стійкості	Затискні болти кріплення	65 Н·м
	Гайки кріплення сполучної тяги	40 Н·м
Гайка затискного болта кульової опори нижнього важеля підвіски		40 Н·м
Гайки кріплення кульової опори нижнього важеля підвіски		50 Н·м
Передній осьової болт нижнього важеля		80 Н·м
Болти кріплення заднього сайлентблока нижнього важеля	Болт 8 мм	35 Н·м
	Болт 10 мм	65 Н·м
Верхні болти кріплення стійки		25 Н·м
Гайки кріплення штока амортизатора		45 Н·м
Болти кріплення підрамника		85 Н·м
Болт кріплення поворотної маточини до стійки		45 Н·м

Автомобіль Citroën Berlingo обладнано незалежною передньою підвіскою типу McPherson, яка включає пружні елементи у вигляді гвинтових пружин та інтегровані телескопічні амортизаторні стійки. Верхня частина стійки через

амортизаторну опору закріплюється на кузові, а нижня – з'єднується з поперечним важелем підвіски за допомогою кульової опори, що забезпечує необхідну кінематичну рухливість вузла.

Поворотні цапфи (поворотні маточини), які виконують функцію несного елемента колісного вузла, інтегрують підшипниковий вузол, гальмівний супорт та маточину з гальмівним диском. Вони зв'язуються одночасно зі стійкою McPherson та нижнім важелем, формуючи трикутну силову структуру, що сприймає та розподіляє навантаження від колеса.

На всіх модифікаціях моделі застосовується стабілізатор поперечної стійкості, що підвищує стійкість автомобіля під час маневрування. Стабілізатор кріпиться до підрамника через гумові втулки та з'єднується зі стійками підвіски через спеціальні стійки-з'єднувачі, що дає змогу компенсувати крен кузова під час поворотів.

Задня підвіска автомобіля – напівзалежного типу, у конструкції якої використано два поздовжні важелі, об'єднані трубчастою поперечиною. Як пружний елемент застосовано поперечно розташований торсіон, встановлений між важелями та лонжеронами кузова. Додаткове зменшення поперечних коливань забезпечується стабілізатором поперечної стійкості, інтегрованим між поздовжніми важелями.

Задній міст монтується до кузова через чотири пружні елементи, що сприяють ефективному гасінню вібрацій і зниженню динамічних навантажень.

Рульове керування обладнане рульовою колонкою з двома карданними шарнірами, які забезпечують кінематичну відповідність між кутом повороту керма та переміщенням шестерні рульового механізму. Верхній шарнір розміщується в центральній частині колонки, тоді як нижній з'єднаний зі шестернею рульового редуктора за допомогою стяжного болта, що гарантує жорстке та надійне кріплення.

Рульовий механізм встановлений на передньому підрамнику та взаємодіє з поворотними цапфами через дві поперечні рульові тяги, на кінцях яких розташовані кульові шарніри. Останні з'єднуються з поворотними кулаками у задній частині поворотних маточин і забезпечують необхідну свободу переміщення при керуванні автомобілем. Різьбові елементи в конструкції тяг і

шарнірів дають можливість виконувати точне регулювання параметрів геометрії підвіски – кутів розвалу та сходження коліс.

Гідравлічний підсилювач рульового керування використовувався як опційний елемент на ранніх версіях моделі, а починаючи з 2002 року став стандартним обладнанням. Створення робочого тиску в системі забезпечується насосом, що наводиться в дію ремінним приводом від шківа колінчастого вала двигуна.

Телескопічна амортизаторна стійка передньої підвіски з'єднується з поворотним кулаком через штампований хомутовий кронштейн (рис. 1.1), який забезпечує надійне кріплення та точне позиціонування вузла у процесі роботи підвіски.

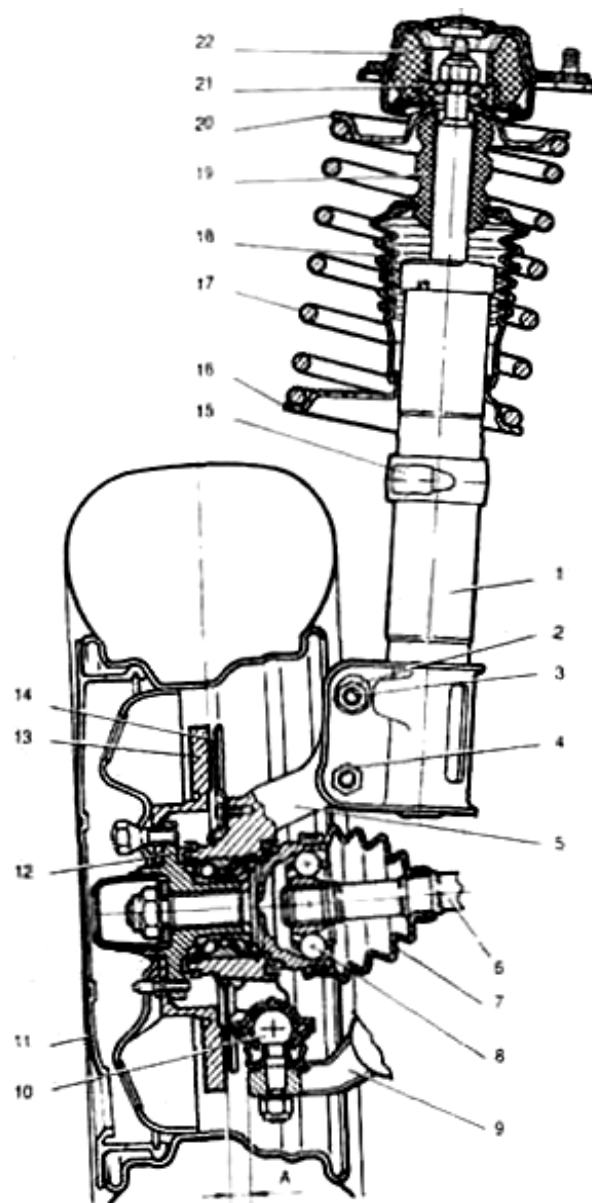


Рис. 1.1. Важільно-телескопічна підвіска типу Мак-Ферсон.

1 – телескопічна стійка; 2 – гайка; 3 – ексцентриковий болт; 4 – гайка; 5 – поворотний кулак; 6 – вал приводу переднього колеса; 7 – захисний чохол шарніра; 8 – зовнішній шарнір валу; 9 – нижній важіль; 10 – кульова опора; 11 – декоративний диск (ковпак) колеса; 12 – маточина; 13 – гальмівний диск; 14 – захисний кожух; 15 – поворотний важіль; 16 – нижня опорна чашка; 17 – пружина підвіски; 18 – захисний чохол телескопічної стійки; 19 – буфер ходу стиску; 20 – верхня опорна чашка; 21 – підшипник верньої опори; 22 – верхня опора стійки; А – контрольний розмір.

Верхня частина амортизаційної стійки з'єднується з елементами кузова через гумометалеву опору, у конструкцію якої інтегровано підшипниковий вузол. Це забезпечує можливість вільного обертання стійки під час повороту керованих коліс, мінімізуючи тертя та забезпечуючи плавність роботи рульового управління.

Нижній поперечний важіль з'єднаний із поворотним кулаком за допомогою кульового шарніра, а з лонжероном або поперечиною кузова – через гумовий шарнір, що одночасно виконує функцію демпфування вібрацій та сприйняття динамічних навантажень. До важеля також кріпиться стабілізатор поперечної стійкості, який фіксується гумовими втулками. Окрім зменшення поперечних кренів кузова, стабілізатор виконує роль додаткового силового елемента, що сприймає поздовжні сили та моменти, які передаються від коліс на несні елементи кузова.

1.2 Аналіз типових дефектів передньої підвіски автомобіля Citroën Berlingo та методів їх усунення

З огляду на конструктивні особливості та характер навантаження елементів передньої підвіски автомобіля Citroën Berlingo, можливі експлуатаційні відмови можуть бути класифіковані за причинами виникнення. Систематизований перелік дефектів, їх причин і рекомендованих методів усунення наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Типові несправності передньої підвіски, їх причини та способи усунення.

Причина несправності	Метод усунення
Шум і стук в підвісці при русі автомобіля	
Несправні амортизатори	Замінити амортизатори
Ослабіли болти, що кріплять штангу стабілізатора поперечної стійкості	Підтягнути болти і гайки кріплення штанги; при зносі гумових подушок замінити їх
Знос резинометалічних шарнірів важелів	Замінити шарніри
Ослабіло кріплення амортизаторів або зносилися гумові втулки проушин амортизаторів	Затягнути болти і гайки кріплення, замінити втулки в проушині амортизатора
Знос кульових шарнірів важелів	Замінити кульові шарніри
Підвищений проміжок в підшипниках маточин коліс.	Відрегулювати проміжок або замінити підшипники.
Великий дисбаланс коліс.	Відбалансувати колеса.
Деформація дисків коліс.	Замінити диски.
Осідання або поломка пружини.	Замінити пружину.
Стук від "пробою" підвіски внаслідок руйнування буферів.	Замінити пошкоджені буфери.
Не піддаються регулюванню кути установки передніх коліс	
Деформація осі нижнього важеля або важелів підвіски	Замінити вісь або важелі
Відведення автомобіля від прямолінійного руху	
Різний тиск повітря в шинах	Встановити нормальний тиск в шинах
Порушення кутів установки передніх коліс	Відрегулювати кути установки коліс
Неправильний зазор в підшипниках передніх коліс	Відрегулювати зазор в підшипниках
Деформовані важелі підвіски	Замінити деформовані важелі
Неоднакова пружність пружин підвіски	Замінити пружину, що втратила

	пружність
Неповне розгальмування гальмівного механізму колеса	Усунути несправність
Значна різниця в зносі шин	Замінити зношені шини
Підвищений дисбаланс передніх коліс	Відбалансувати колеса
Кутове коливання передніх коліс, що самозбуджується	
Тиск повітря в шинах не відповідає нормі	Встановити нормальний тиск в шинах
Збільшений зазор в підшипниках маточин передніх коліс	Відрегулювати зазор
Не працюють амортизатори	Замінити амортизатори
Ослабіли гайки кріплення пальців кульових шарнірів	Затягнути гайки
Порушення кутів установки передніх коліс	Відрегулювати кути установки коліс
Знос резинометалічних шарнірів осей важелів	Замінити шарніри
Великий дисбаланс коліс	Перевірити і відбалансувати колеса
Знос кульових шарнірів важелів	Замінити шарніри
Часті пробої підвіски	
Осідання пружин підвіски	Замінити пружини новими
Не працюють амортизатори	Замінити амортизатори
Деформація важелів передньої підвіски	Замінити деформовані важелі
Збільшений зазор в кульових шарнірах	
Знос поверхонь кульового шарніра, що труться, в результаті забруднення, викликаного негерметичністю захисного чохла або його ушкодженням	Замінити кульовий шарнір і захисний чохол
Нерівномірний знос протектора шин	
Підвищена швидкість на поворотах	Зменшити швидкість
Великий знос шарнірів і втулок підвіски	Відремонтувати підвіску

Дисбаланс коліс (поява плям, рівномірно розташованих по колу, на крайніх доріжках, а при тривалій їзді з колесом, що не відбалансоване, і на центральній доріжці)	Відбалансувати колеса
Нерівномірне гальмування коліс	Відрегулювати гальмівну систему
Не працюють амортизатори	Замінити
Порушений кут розвалу коліс (знос внутрішніх доріжок протектора)	Відрегулювати кут розвалу коліс
Знижений тиск повітря в шинах (великий знос по краях протектора)	Встановити нормальний тиск
Підвищений тиск повітря в шинах (великий знос в середній частині протектора)	Встановити нормальний тиск
Занижено сходження передніх коліс (знос внутрішніх доріжок протектора)	Відрегулювати сходження коліс
Збільшено сходження передніх коліс (знос зовнішніх доріжок протектора)	Відрегулювати сходження коліс
Биття колеса	
Порушення балансування колеса: - нерівномірний знос протектора по колу; - зміщення важків балансувань і шин при монтажі; - деформація обода; - ушкодження шин.	- відбалансувати колеса або замініте; - відбалансувати колеса; - виправити обід або замінити новим, відбалансувати колеса; - замінити шину і відбалансувати колесо
Збільшений проміжок в підшипниках маточин коліс	Відрегулювати проміжок
Підвищений знос протектора шин	
Їзда на високій швидкості	Вибирати швидкість залежно від стану

	дороги
Занадто різкі розгони автомобіля	Уникати різких розгонів
Часте користування гальмами	Уміло користуватися гальмами
Порушені кути установки коліс	Відрегулювати кути
Підвищений проміжок в підшипниках маточин передніх коліс	Відрегулювати зазор
Перевантаження автомобіля	Не перевищувати допустимих навантажень, вказаних в керівництві по експлуатації
Не виконувалася рекомендована перестановка коліс	Переставляти колеса згідно з керівництвом по експлуатації
Виск шин на віражах	
Ненормальний тиск в шинах	Доведіть тиск до норми
Неправильна установка кутів передніх коліс	Встановити кути
Деформовані важелі підвіски, поперечка або елементи передка кузова	Замінити деформовані деталі, виправити елементи передка кузова

Аналіз даних, наведених у таблиці 1.1, дає змогу узагальнити, що можливі відмови та несправності передньої підвіски умовно класифікуються на десять основних груп залежно від характеру їх виникнення та впливу на працездатність вузла.

Комплексні методи діагностування, технічного обслуговування й ремонту кожної з виявлених груп несправностей будуть детально розглянуті у розділі 3 цієї кваліфікаційної випускної роботи.

1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

Метою виконання роботи є розроблення комплексу технологічних, конструкторських та науково-дослідних рішень, спрямованих на підвищення ефективності технічного обслуговування та поточного ремонту підвіски

автомобіля, а також на дослідження закономірностей зношування деталей типу «циліндр» для подальшого удосконалення методів їх відновлення.

У технологічному розділі необхідно

Провести виявлення та класифікацію дефектів підвіски автомобіля, визначити їх природу, причини виникнення та вплив на працездатність транспортного засобу. Сформувати систематизовану структуру можливих пошкоджень за ознаками, характерними для умов експлуатації.

Розробити планувальне рішення зони поточного ремонту автомобіля з урахуванням вимог ергономіки, охорони праці, технологічної доцільності та логістики транспортних потоків.

Визначити функціональне призначення зони ПР та сформувати перелік робіт, які виконуються у межах виробничого поста.

Описати організацію технологічного процесу виконання ремонтних робіт, зокрема визначити послідовність операцій, взаємодію виконавців, порядок використання обладнання та допоміжних засобів.

Здійснити вибір обладнання для зони поточного ремонту, обґрунтувавши його технічні параметри, продуктивність та відповідність вимогам технологічного процесу.

Розробити повний технологічний процес поточного ремонту передньої підвіски. Визначити зміст операцій, необхідні інструменти, обладнання, норми часу та заходи з контролю якості виконання робіт.

У конструкторському розділі передбачити.

Сформулювати технічне завдання на створення спеціального пристрою, визначивши вимоги до конструкції, експлуатаційні умови та показники ефективності.

Розробити технічну пропозицію, в якій обґрунтувати вибір конструктивної схеми, принцип роботи, основні елементи та умови використання пристрою у виробничому середовищі.

Виконати розрахунки основних елементів конструкції на міцність, жорсткість і довговічність. Виділити параметри, що впливають на безпечну та ефективну роботу пристрою.

У науково-дослідній частині роботи необхідно.

Провести оцінювання силових навантажень та контактного тиску у вузлі тертя деталей типу «циліндр», визначити основні фактори, що впливають на зношування робочої поверхні.

Розробити методику випробувань циліндричних деталей та описати модель їхнього зношування, визначивши ключові параметри та критерії оцінювання зносостійкості.

Висвітлити склад та будову експериментального обладнання, обґрунтувати вибір методів дослідження й умов проведення експериментів.

Подати результати експериментальних випробувань, виконати їх аналіз та провести ідентифікацію параметрів моделі зношування на основі отриманих даних.

Оцінити інтенсивність зношування досліджуваних деталей, визначити закономірності та сформулювати практичні рекомендації щодо підвищення їх ресурсу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Виявлення та класифікація дефектів підвіски автомобіля

Після виконання миття та очищення деталей підвіски від експлуатаційних забруднень проводиться їх ретельне дефектування з подальшим сортуванням. За результатами контролю деталі можуть бути віднесені до однієї з таких категорій:

Придатні до подальшої експлуатації – параметри й технічний стан повністю відповідають встановленим нормативам;

Непридатні (підлягають утилізації) – виявлено критичні пошкодження (тріщини, значні деформації та інші дефекти, що не усуваються технологічними методами ремонту);

Такі, що потребують відновлення – наявні дефекти допустимі для усунення згідно з регламентованою технологією ремонту.

Результати дефектування дозволяють визначити фактичний обсяг і характер відновлювальних робіт, а також кількість нових деталей, необхідних для забезпечення надійності відремонтованого вузла. Отже, правильність та повнота проведення даної операції безпосередньо впливають на ефективність технічного обслуговування, ресурс відновлених агрегатів і рівень безпеки дорожнього руху.

Дефектацію здійснюють після зовнішнього огляду з використанням спеціалізованих інструментів, пристосувань, вимірювальної апаратури та діагностичного обладнання.

Для забезпечення чіткого подальшого сортування результати оцінювання фіксують шляхом кольорового маркування:

зелена позначка – деталь придатна до експлуатації;

жовта позначка – деталь підлягає відновленню;

червона позначка – деталь непридатна та підлягає списанню.

Однією з причин зниження ефективності відновлювальних процесів є недостатній системний облік статистичних даних щодо питомої частки ремонтпридатних і неремонтпридатних дефектів. Наявність такої інформації дала б змогу оперативно коригувати конструкції окремих вузлів і деталей,

удосконалювати їх міцнісні характеристики та в результаті підвищувати надійність автомобілів і їх ресурс до капітального ремонту.

Цей напрямок роботи доцільно впроваджувати в рамках дисципліни СДП, де кожен студент міг би виконувати аналіз конструктивного вдосконалення окремої деталі чи вузла, застосовуючи результати дефектування.

Типові дефекти деталей автомобільних підвісок.

Під час тривалої експлуатації транспортних засобів найбільш поширеними є такі види пошкоджень конструктивних елементів:

відхилення геометричних параметрів (зміна лінійних розмірів та форми робочих поверхонь);

порушення точності взаємного розташування базових поверхонь;

механічні дефекти (удари, вм'ятини, задирки тощо);

корозійні ураження металу;

зміни фізико-механічних властивостей матеріалу.

Механічні пошкодження проявляються у вигляді тріщин, пробоїн, зламів, а також різного виду деформацій – вигинів, скручування та локальних зминань. Тріщиноутворення виникає переважно в ситуаціях, коли експлуатаційні напруження перевищують межу міцності або втомної витривалості матеріалу. Подібні дефекти особливо актуальні для таких силових елементів, як елементи рами, кузовні лонжерони, колінчасті вали, поворотні цапфи, листові ресори та гвинтові пружини підвіски.

Деформації деталей типу шатуна, карданного валу, балки переднього моста, конструкцій рам і кузова здебільшого є наслідком впливу динамічних навантажень, що перевищують допустимі значення, або аварійних режимів роботи (наприклад, ударів коліс об дорожні перешкоди).

Корозійні пошкодження виникають унаслідок хімічної або електрохімічної взаємодії металу з агресивними середовищами – вологою, реагентами, дорожніми солями, конденсатом тощо. Зовнішні прояви корозії можуть мати вигляд суцільної окисної плівки, локальних плям, питтінгових раковин або точкового руйнування. Для підвищення довговічності елементів, що працюють у зонах інтенсивного впливу корозійних чинників (зокрема днища,

підрамників), у конструкції сучасних автомобілів застосовують оцинкований метал або захисні покриття з полімерними та композитними домішками.

Зміна фізико-механічних властивостей матеріалу. У процесі експлуатації деталі підвіски зазнають значних навантажень, що з часом призводить до зміни їх первинних властивостей. Основні чинники такого впливу:

- перегрів металу при роботі у режимах, що перевищують допустимі температурні межі;

- втомне ослаблення пружних властивостей, зокрема у пружинах та резинометалевих шарнірах;

- знос зміцненого поверхневого шару, сформованого хіміко-термічною обробкою чи методами ППД (поверхневого пластичного деформування).

Діагностування пошкоджень під час зовнішнього контролю. Під час візуального технічного огляду можуть бути ідентифіковані такі типові порушення:

- послаблення кріплень стабілізатора поперечної стійкості та його стійок у місцях з'єднання з нижнім важелем;

- зношення гумових втулок стабілізатора і демпферних елементів опор амортизаційних стійок;

- деградація гумових компонентів верхньої опори стійки;

- надмірний люфт або стирання робочих поверхонь кульових шарнірів і рульових наконечників;

- зниження ефективності пружних елементів: поломка гвинтової пружини, критичний знос буфера стискання амортизатора;

- дефекти маточинних вузлів – зношення підшипників або послаблення гайки ступиці;

- нерівномірний знос протектора шин, який може бути спричинений:

- порушенням кутів розвалу-сходження,

- неоднаковим ступенем осадки пружин,

- різним тиском у шинах,

- відмінностями жорсткості бортів шин,

- дисбалансом коліс.

Вивчення технологічного процесу відновлення амортизаційної стійки.

Практика експлуатаційного обслуговування показує, що ремонт телескопічних амортизаційних стійок у більшості випадків не забезпечує необхідних відновлювальних характеристик, тому у разі виходу амортизатора з ладу рекомендовано виконувати повну заміну вузла.

Необхідне оснащення. Для виконання демонтажно-складальних робіт використовують:

- комплект накидних і розвідних ключів;

- пристрій для безпечного стискання пружин підвіски.

Послідовність розбирання

Демонтувати амортизаційну стійку з автомобіля.

Встановити стійку в пристосування для стискання та стиснути пружину до зняття навантаження з опор.

Відкрутити гайку на штоку амортизатора, утримуючи його другим ключем від провертання.

Демонтувати верхню опору, а також тарілчасту та плоску шайби.

Зняти захисний чохол разом із буфером ходу стискання.

Демонтувати пружину.

Зняти нижню гумометалеву прокладку пружини.

Закріпивши корпус стійки у лещатах, відкрутити гайку кріплення амортизатора, обертаючи корпус.

Витягнути амортизатор із корпусу стійки.

У разі потреби розібрати та оглянути захисний чохол – пошкоджені елементи підлягають заміні.

Установити амортизатор вертикально і декілька разів виконати його повний хід – шток повинен переміщуватися рівномірно, без заїдань, провалів та сторонніх шумів. У разі виявлення підтікання робочої рідини або порушення плавності ходу амортизатор замінюється.

Замінити буфер ходу стискання та верхню опору у разі наявності осьового люфту чи заїдання підшипника.

Зворотне складання.

Виконати встановлення вузла у послідовності, зворотній до розбирання. При цьому дотриматися таких вимог:

орієнтувати захисний чохол відповідно до сторони встановлення:

– на лівій стійці виступ має бути повернений уперед;

– на правій – назад;

тарілчасту шайбу верхньої опори встановлювати вигнутою стороною догори.

Остаточне затягування гайки штока виконується на автомобілі, після опускання коліс на опорну поверхню, моментом 55 Н·м.

Вивчення технологічного процесу заміни кульової опори. Заміна кульових опор є однією з найпоширеніших операцій технічного обслуговування передньої підвіски, оскільки цей вузол піддається значним динамічним навантаженням і працює в умовах інтенсивного забруднення. Ефективність та безпечність виконання робіт значною мірою залежить від правильного дотримання технологічних вимог.

Необхідне обладнання та інструмент

універсальний набір ріжкових та накидних ключів;

спеціальний знімач кульових шарнірів.

Технологічна послідовність демонтажу

Підняти автомобіль, встановити його на надійні опори та демонтувати передні колеса.

Видалити пружинний стопор, що фіксує гайку пальця кульової опори.

Відкрутити стопорну гайку кріплення пальця опори.

Встановити знімач і випресувати палець опори з гнізда важеля.

Якщо кульову опору встановлено заводським методом на заклепках – висвердли їх.

Якщо кріплення виконано болтами – відвернути три самоконтрійні гайки, при цьому болти утримувати від провертання.

Увага! Самоконтрійні гайки повторному використанню не підлягають й обов'язково замінюються на нові.

Видалити заклепки або болти та демонтувати опору з важеля підвіски.

Особливості складання. Монтаж нової кульової опори виконують у зворотній до розбирання послідовності з дотриманням таких вимог:

не допускається пошкодження захисного чохла шарніра під час встановлення;

після опускання автомобіля на опорну поверхню необхідно декілька разів навантажити підвіску (розкачуванням) для забезпечення правильного самоустановлення вузла;

момент затягування гайки пальця та кріпильних болтів повинен становити 70 Н·м;

встановити новий пружинний стопор пальця опори.

Після завершення заміни рекомендується виконати контроль і коригування кутів установки коліс, оскільки втручання у вузол нижнього важеля впливає на геометрію рульового керування.

2.2 Розроблення планувального рішення зони поточного ремонту

2.2.1 Функціональне призначення та перелік робіт у зоні ПР

Зона поточного ремонту (ПР) є ключовою ділянкою виробничої структури автотранспортного підприємства, призначеною для оперативного відновлення працездатності транспортних засобів. Тут здійснюється усунення експлуатаційних відмов і пошкоджень, виявлених під час руху, під час виконання регламентного технічного обслуговування або за результатами діагностики технічного стану автомобіля. Крім того, у зоні ПР проводяться роботи зі зняття, ремонту та повторного встановлення окремих агрегатів та механізмів, а також заміна дефектних деталей.

Необхідність виконання поточного ремонту встановлюється:

під час контрольно-діагностичних операцій у процесі ТО;

на підставі заяв водія про виявлені несправності;

в межах планово-попереджувальних заходів підтримання технічного стану автомобіля.

Запровадження планово-попереджувальної системи ПР дозволяє:

своєчасно локалізувати та усувати початкові ознаки відмов,

мінімізувати обсяг складних відновних робіт і витрати запасних частин,

підвищувати рівень технічної справності та безпеки транспортних засобів,

скорочувати простої автомобілів і забезпечувати їх гарантовану працездатність у реальних умовах експлуатації.

У межах постів поточного ремонту виконуються роботи, спрямовані на відновлення технічного стану основних систем і агрегатів автомобіля, зокрема:

заміна силового агрегату в зборі, проведення відновлювальних робіт двигуна, а також ремонт систем живлення, мащення та охолодження;

демонтаж і монтаж елементів електрообладнання, у тому числі технічне регулювання без необхідності їх повного зняття з транспортного засобу;

ремонт або заміна компонентів передньої підвіски, ведучих мостів, коробки передач, вузлів зчеплення та відновлення окремих деталей цих агрегатів;

усунення дефектів та заміна зношених деталей з обов'язковою перевіркою правильності остаточного складання;

роботи з рульовим керуванням, включаючи відновлення або заміну його елементів, регулювання привідних тяг, а також контроль і підтягування кріплень рульового механізму;

обслуговування й ремонт гальмівної системи: заміна пошкоджених деталей, відновлення нормативного зазору між гальмівними колодками та барабаном/диском, заповнення магістралей робочою рідиною та коригування приводу стоянкового гальма.

Після завершення комплексу робіт у зоні ПР автомобіль відповідно до технологічного маршруту направляється на подальші операції – контрольні випробування, діагностику або повторне технічне обслуговування, залежно від результатів ремонту та вимог виробничого процесу.

2.2.2 Організація технологічного процесу робіт у зоні поточного ремонту

Загальна логістика виконання робіт з технічного обслуговування та відновлення працездатності автомобілів представлена на рисунку 2.1. Постове

обладнання в зоні ПР включає електромеханічні підйомники, комплект спеціалізованих інструментів і діагностичних засобів, що забезпечують можливість оперативного доступу до агрегатів та вузлів транспортного засобу.

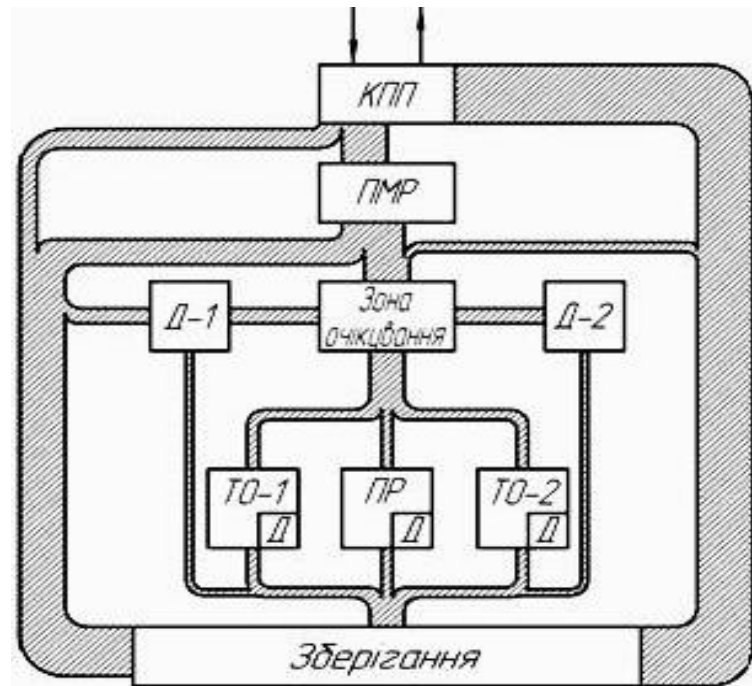


Рис. 2.1. Принципова схема організації робіт з обслуговування та ремонту.

Після прибуття транспортного засобу на пост поточного ремонту виконавці здійснюють первинну технічну оцінку стану та визначають характер несправностей і необхідний комплекс ремонтних робіт. У випадках, коли дефекти є незначними і можуть бути усунені без демонтажу агрегатів та систем, усі операції виконуються безпосередньо на автомобілі.

Якщо ж характер відмови є складним і потребує розбирання або повного демонтажу складальних одиниць, ремонт організовується агрегатно-дільничним принципом. За такої схеми несправні компоненти замінюють справними, які надходять із оборотного фонду, а зняті агрегати передаються на спеціалізовані ремонтні дільниці для відновлення їхньої працездатності.

Після завершення ремонтних операцій обов'язково проводяться регулювальні роботи та контроль якості відновлених вузлів з метою забезпечення відповідності вимогам безпеки та технічної готовності. Планово-попереджувальна система технічного обслуговування передбачає систематичний вплив на потенційні причини відмов, тим самим підвищуючи експлуатаційну надійність транспортного засобу.

З огляду на специфіку завдань, поточний ремонт охоплює широкий спектр технологічних операцій: демонтаж і складання, заміну зношених деталей, слюсарні, зварювальні та фарбувальні роботи. Під час його виконання допускається заміна елементів, що досягли граничного стану, за винятком базових деталей, ресурс яких розрахований на тривалий строк експлуатації.

2.2.3 Вибір та обґрунтування обладнання для зони поточного ремонту

Під час компоновки технологічного оснащення в зоні ПР необхідно забезпечити не лише раціональність виробничих процесів, а й відповідність вимогам ергономіки та безпеки праці. Особливу увагу приділяють обладнанню, яке монтується на фундаментах: навколо нього повинен бути вільний доступ з усіх боків для проведення технічного обслуговування та монтажних робіт. Крім того, має бути гарантовано безпечне виконання операцій персоналом.

Допоміжне оснащення – стелажі, шафи, підставки – за умови розміщення боковими або тильними поверхнями до огорожувальних конструкцій може встановлюватися без зазорів до стін та щільно один до одного. Проте мінімальні відстані між елементами обладнання, а також між обладнанням і будівельними конструкціями повинні відповідати чинним нормам проєктування виробничих приміщень.

Схема планувального рішення зони ПР із прив'язкою технологічного обладнання наведено на рисунку 2.2 та представлена в графічній частині роботи. Розташування оснащення визначено відповідно до послідовності виконання основних технологічних операцій.

До складу технологічного обладнання входять стаціонарні та мобільні стенди, спеціалізовані пристосування, вантажопідіймальні пристрої й виробничий інвентар. За функціональним призначенням їх поділяють на загальновиробничі, профілактичні, ремонтні, підйомно-транспортні та складські засоби. Підбір конкретних одиниць здійснено згідно з прийнятою технологією виконання ПР, типовими табелями оснащення, каталогами та технічними довідниками.

Під'їзд транспортних засобів до виробничої будівлі організовано через три ворітні прорізи, що водночас виконують функцію виїзних шляхів, забезпечуючи двосторонній рух і раціональну логістику транспортних потоків у межах зони обслуговування.

Внутрішнє опорядження приміщень відповідає вимогам експлуатаційної безпеки та санітарно-гігієнічним нормам. Зокрема:

підлогове покриття виконане з високоякісного шліфованого бетонного матеріалу, що гарантує зносостійкість та простоту очищення;

оглядові канали облицьовано плиткою з кераміки, яка забезпечує стійкість до вологи та хімічних речовин, що застосовуються під час технічного обслуговування;

поверхні стін і стелі мають вапняне покриття, що сприяє належному мікроклімату та забезпечує необхідну протипожежну й санітарну стійкість.

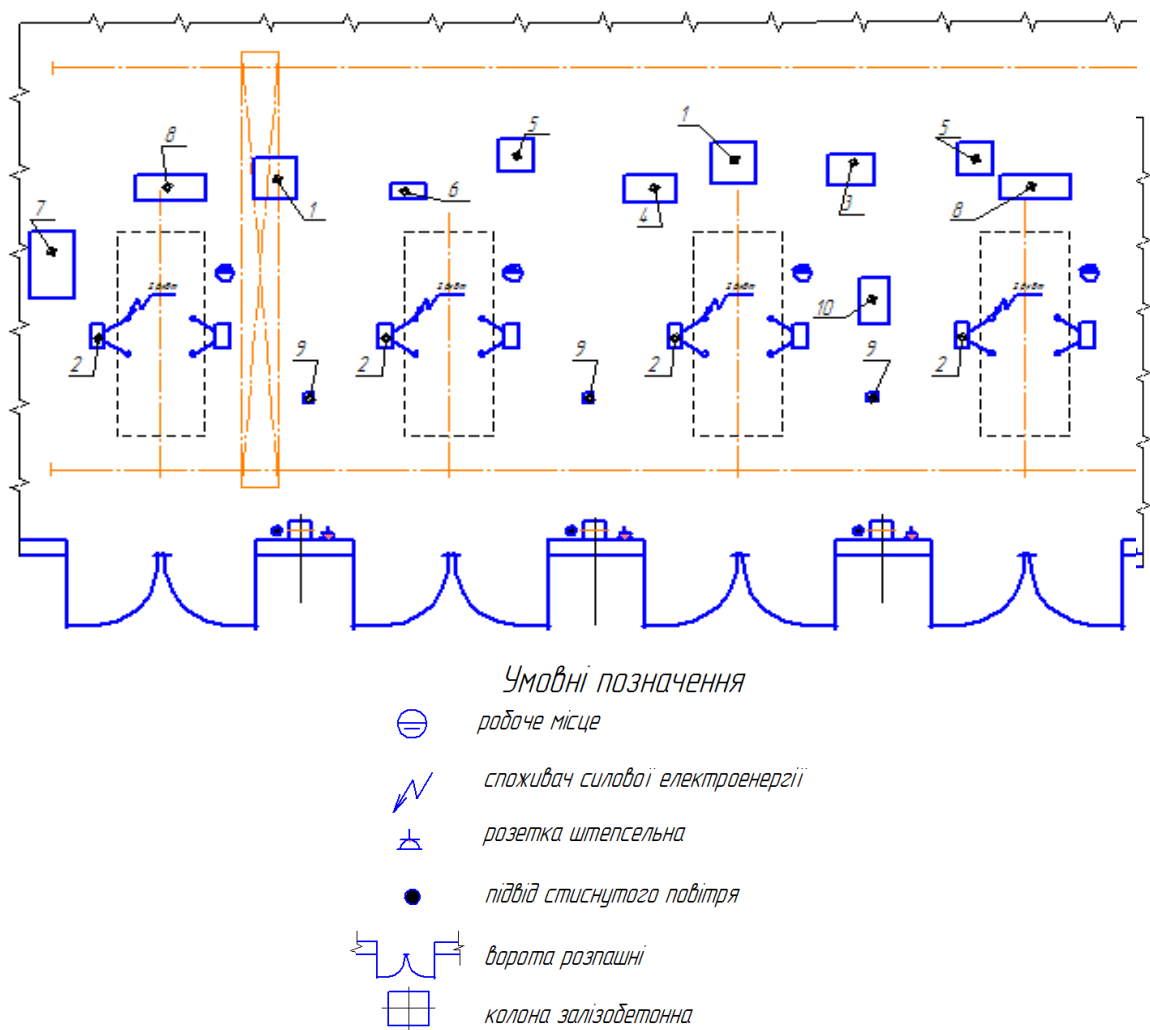


Рис. 2.2. Схема планувального рішення зони ПР.

У таблиці 2.2 наведено перелік обладнання, прийнятого для оснащення зони поточного ремонту.

$$F_{то,пр} = n_{обл} \cdot f_{обл} \cdot K_{ц0бл} \quad (3.1)$$

$$F_{то,пр} = 11 \cdot 32,2 \cdot 0,4 = 142,12 \text{ м}^2.$$

Таблиця 2.2. Перелік обладнання зони ПР.

№	Найменування обладнання	Кіль- кість	Розмір обладнання
1	Стелаж з інструментом	2	900×900×1400
2	Підйомник двостійковий електромеханічний	4	Q = 3 т
3	Шафа для інструменту і пристосувань	1	1000×700×1500
4	Ящик для зберігання чистої вітоші	1	900×500×700
5	Ящик для зберігання брудної вітоші	2	500×500×700
6	Бак для відпрацьованого мастила	1	400×250×500
7	Шафа для одягу і спецодягу працівників	1	1500×600×1500
8	Верстак слюсарний	2	400×360
9	Гайковерт пневматичний ручний	3	300×300
10	Стенд промивання/заповнення системи охолодження	1	750×500×1300
11	Гідравлічний домкрат	1	Q = 300 кг

Розрахована проєктна площа, яку займає технологічне обладнання, становить 32,2 м², що надалі використовується при визначенні загальної площі ділянки за відповідною формулою.

2.3 Розроблення технологічного процесу поточного ремонту передньої підвіски

Для забезпечення високої ефективності та організованості процесів поточного ремонту автомобілів розробляються детально структуровані

технологічні процеси. Їх зміст охоплює систематизований перелік операцій, необхідних для виконання конкретного виду ремонтних робіт, а також визначає оптимальну послідовність їх реалізації. У технологічній документації регламентуються вимоги до інструментального оснащення, типів обладнання, технічних умов проведення робіт і нормування витрат робочого часу.

Маршрутна технологічна карта

Зміст робіт: Заміна поворотного кулака передньої підвіски на автомобілі Citroen Berlingo

Зона (дільниця, пост): Зона ПР

Трудомісткість, люд·хв: 120

Номер і назва операції	Технологічне обладнання	Пристрої та інструменти
Приймання транспортного засобу на пост ремонту. Автомобіль спрямовується у виробничу зону, де здійснюється первинна фіксація зовнішніх ознак несправностей та уточнення скарг водія.	—	—
Підйом автомобіля та попередній візуальний контроль елементів підвіски. На підйомнику проводиться огляд стану пружних, демпфуючих та з'єднувальних вузлів для виявлення явних дефектів.	—	—
Комплексне діагностування передньої підвіски. Виконується перевірка люфтів шарнірів, стану амортизаторів, підшипників маточин, втулок, важелів, а також вимірювання геометричних параметрів підвіски.	VP 215014 МАНА	Противідкатні упори
Опрацювання результатів діагностичного контролю. Проводиться технічна оцінка отриманих даних із визначенням переліку	VP 215014 МАНА	Персональний комп'ютер

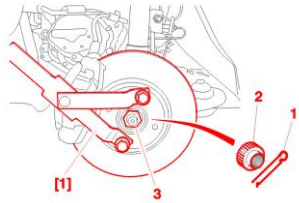
вузлів, що потребують обслуговування чи заміни.		
Виконання комплексу робіт з відновлення працездатності підвіски. Включає демонтаж, відновлення або заміну зношених деталей, усунення люфтів у зчленуваннях, відновлення пружних і демпфуючих властивостей.	Підйомник	Динамометричний ключ, набір
Проведення регулювальних і мастильних операцій. Здійснюється регулювання параметрів розвалу, східності та кастера коліс; обробка відповідних елементів мастильними матеріалами.	Солідолонагнітач	—
Контроль якості виконаних робіт і завершення обслуговування. Проводиться перевірка функціональних характеристик підвіски, після чого автомобіль допускається до виходу з поста ремонту.	Пост	—

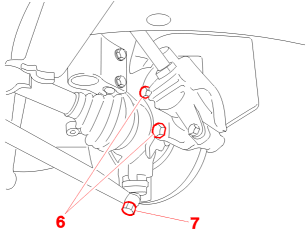
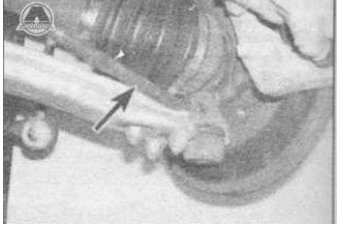
Операційна технологічна карта

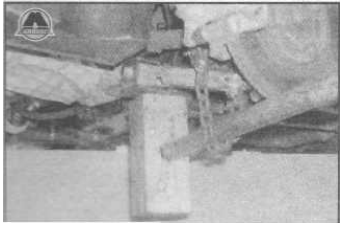
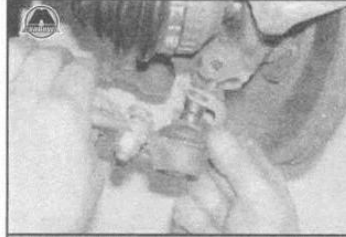
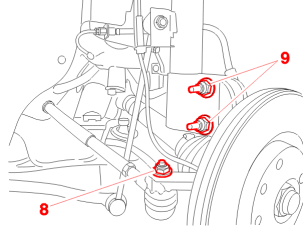
Зміст робіт: Зняття поворотного кулака передньої підвіски автомобіля Citroen Berlingo

Дільниця: Зона поточного ремонту

Номер і назва операції (переходу)	Облад., інструм.	Технічні умови та вказівки
Встановіть упори під передні колеса, потім затягніть гальмо стоянки. Підніміть передню частину кузова автомобіля за допомогою домкрата і встановіть опорні стійки. Зніміть відповідне переднє колесо	Пост, домкрат, упори	

Демонтувати стопорну шпильку та зняти захисну кришку гайки кріплення приводного вала.	Вручну	 Вийняти стопорну шпильку
Відпустити та видалити кріпильні елементи, після чого демонтувати привідний вал із маточини.	Інструм. для фіксації маточини колеса	
Від'єднати електричний роз'єм датчика зносу гальмівних колодок на поворотній ступиці. Зняти болт, що фіксує кронштейн проводки у верхній частині поворотної маточини, і відвести проводи у безпечне положення.	Ключ гайковий 17 мм	
Акуратно демонтувати датчик частоти обертання колеса з посадкового місця на поворотному кулаку.	Ключ гайковий 12 мм	
Зняти гальмівний диск після відпускання його кріплення.	Ключ гайковий 17 мм	

Послабити та викрутити гайку кріплення кульового шарніра поперечної рульової тяги до поворотного кулака.	Ключ гайковий 17 мм	
Від'єднати пальцевий елемент шарніра від посадкового гнізда.	Екстрак.	
Повністю видалити кріпильну гайку.	Гайков.	
Вивести затискний болт кульової опори нижнього важеля з поворотного кулака. При зворотному складанні обов'язково встановлюється нова гайка.	Ключ 12	 Викрутити гайку і витягнути затискаючий болт шарові опори нижнього важеля підвіски від поворотного кулака.
Розтиснути затиск у поворотному кулаку та витягнути палець кульової опори.	Пристос. для випресу- вання кульових шарнір. поворот. кулаків	 Розклинити поворотний кулак, запресувавши невелику колодку (вказану на рисунку стрілкою)

Опустити нижній важіль підвіски донизу з метою остаточного роз'єднання опори й поворотного кулака.	Довгий стержень і дерев'яни й брусок, мотузка	 Потім перемістити нижній важіль підвіски вниз за допомогою стержня і ланцюга
Демонтувати захисну пластину з пальця кульової опори.	Слюсарн ий інструме нт	 Як тільки шарова опора буде відєднана
Викрутити гайку і видалити затискний болт, який фіксує поворотний кулак до амортизаційної стійки.	Ключ 24	
Провести розклинювання поворотного кулака для послаблення його з'єднання зі стійкою.	Пристосу вання для випресов ування	Запресувати невеликий вибивач в отвір на поворотному кулаці, щоб розклинити кулак.
Від'єднати поворотний кулак у зборі від амортизаційної стійки та зняти його з автомобіля.	Ключ гайковий 19 мм	

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Технічне завдання на проектування пристрою

Згідно з тематикою випускної кваліфікаційної роботи передбачається розроблення конструкції спеціалізованого пристрою, призначеного для демонтажу та переміщення коліс вантажних автомобілів, а також для виконання операцій із заміни гальмівних колодок.

Під час проєктування необхідно врахувати низку технічних та організаційних передумов.

Передусім, конструкцію слід адаптувати до умов індивідуального виготовлення в межах існуючих технологічних можливостей автотранспортного підприємства. Це пояснюється тим, що розроблення обладнання для серійного виробництва передбачає значно складніший підхід, що спирається на ретельно стандартизовані рішення окремих вузлів і деталізовані виробничі процеси. Така робота потребує глибшого техніко-економічного обґрунтування та значного обсягу ресурсів, що виходить за рамки випускної кваліфікаційної роботи.

Крім того, конструкція повинна в максимальному обсязі містити уніфіковані й доступні комплектувальні елементи, що дозволяє уникнути використання складних технологічних операцій і спеціалізованого високовартісного обладнання.

Важливо також визначити експлуатаційні умови, які впливають на технічні обмеження проєкту. Розроблюваний підймальний пристрій функціонуватиме переважно в ремонтних приміщеннях з твердим покриттям підлоги. Водночас конструкцією необхідно передбачити можливість нетривалого застосування обладнання на відкритих майданчиках, розташованих поблизу виробничих корпусів. З огляду на це, діапазон робочих температур приймається в межах від -10 до $+50$ °С, що забезпечує достатню надійність експлуатації в різних кліматичних умовах.

Основним функціональним призначенням розроблюваного пристрою є зниження фізичного навантаження на обслуговуючий персонал під час виконання операцій з демонтажу та встановлення коліс вантажних автомобілів.

Це, своєю чергою, сприяє підвищенню загального рівня виробничої безпеки та зменшенню ризику отримання травм під час таких робіт.

Додатково пристрій може ефективно використовуватися в умовах ремонтно-діагностичних підрозділів для маніпулювання колесами транспортних засобів, а також під час роботи зі стендами динамічного балансування чи шиномонтажним обладнанням. Конструкція візка повинна мати такі габаритні розміри, щоб забезпечити безперешкодне проходження через дверні прорізи шириною не менше 1200 мм, що визначає його універсальність у різних виробничих приміщеннях.

3.2 Технічна пропозиція щодо створення конструкції пристрою

З метою розроблення оптимальної конструкції майбутнього пристрою проведено огляд наявних на ринку технічних рішень, що використовуються для операцій з монтажу та демонтажу коліс вантажних транспортних засобів.

У результаті аналізу було відібрано кілька конструкцій, серед яких розглянуто як приклад гідравлічний підйомник ПКН-6 (рисунок 3.1), що застосовується для обслуговування автомобілів різних типорозмірів. Наведене обладнання характеризується такими основними технічними параметрами:

- здатність переміщувати та обслуговувати одночасно до чотирьох коліс;
- максимальна вантажопідйомність складає 3000 кг, що забезпечує роботу з більшістю вантажних автомобілів середнього класу;
- наявність розсувних опор із діапазоном встановлення коліс діаметром 545–1278 мм;
- максимальна висота підйому платформи становить 600 мм, що достатньо для проведення необхідних ремонтних дій;
- раціональне розташування гідравлічного циліндра, яке не обмежує доступ до вузлів і полегшує виконання технологічних операцій;
- застосування здвоєних роликів елементів на кожній із робочих опор, що сприяє незалежному обертанню та точному позиціонуванню коліс;
- маса обладнання – 136 кг, що забезпечує мобільність під час переміщення в межах ремонтної зони.



Рис. 3.1. Підйомник ПКН-6.

У процесі дослідження існуючих технічних рішень додатково було ідентифіковано ще один конструктивно привабливий зразок підйомального обладнання – підйомник моделі ТС-1-10. Його зовнішній вигляд представлено на рисунку 3.2, що дає можливість оцінити особливості компоновки та ергономіку конструкції.



Рис. 3.2. Підйомник ТС-1-10.

Розглянута модель також функціонує на основі гідравлічного приводу, що забезпечує можливість одночасного обслуговування чотирьох коліс, підвищуючи продуктивність робіт на посту технічного обслуговування. До ключових технічних характеристик підйомника належать:

- максимальна вантажопідйомність – 5000 кг, що дозволяє працювати з важкими вантажними автомобілями;
- робочий діапазон діаметрів коліс – 800...1100 мм;

- висота підймання платформи – 690 мм;
- компактність конструкції, підтверджена габаритами 770×1480×575 мм;
- маса обладнання – 169,3 кг, що забезпечує достатню стійкість та мобільність.

Під час подальшого аналізу ринку технічних засобів було виявлено ще кілька альтернативних конструкцій підймальних пристроїв (рисунк 3.3).



Рис. 3.3. Підйомник Т-10Р.

Проведений аналіз дозволив виокремити найбільш раціональні конструктивні рішення серед розглянутих зразків обладнання, що можуть бути використані як основа для створення вдосконаленого пристрою. Обидві конструкції підйомників характеризуються наявністю міцної несної рами на чотириколісному ходовому модулі, при цьому задня пара коліс виконує функцію керованих. Така компоновка значно покращує маневровість пристрою і дає змогу точно встановлювати його під колесом вантажного автомобіля.

Для забезпечення можливості обертання колеса під час виконання монтажно-демонтажних операцій передбачено використання обертових роликів. В одній із конструкцій вони інтегровані безпосередньо в підймальну раму, тоді як в альтернативному варіанті їх вертикальне переміщення реалізується поворотним механізмом. Незважаючи на конструктивну складність, варіант із підймальною рамою забезпечує більший хід підйому, що є критично важливим згідно з технічними вимогами до проекту.

Системи підйому обох розглянутих пристроїв функціонують на основі гідравлічного приводу з ручним гідронасосом, який активує роботу гідроциліндра. Така схема є технологічно простою, надійною та

енергонезалежною, що гарантує мобільність обладнання в умовах обмеженого доступу до стаціонарних джерел живлення.

У рамках технічного проектування запропоновано конструкцію підйимального пристрою, основою якого є жорстка рама на чотириколісному шасі, де дві задні опорні точки виконують функції керованих, що забезпечує підвищену маневровість та точність позиціонування обладнання відносно коліс транспортного засобу.

На рухому платформу встановлюються обертові ролики, що виконують роль опорних елементів для коліс у процесі їх монтажу або демонтажу. Така схема дає змогу виконувати поворот колеса у піднятому стані, тим самим полегшуючи суміщення отворів диска з матчиною та спрощуючи встановлення кріпильних елементів.

Підйом рухомої рами здійснюється за рахунок гідравлічного циліндра, активація якого забезпечується ручним гідронасосом. Поздовжнє переміщення рухомої частини конструкції реалізується за принципом кочення роликів напрямними, вбудованими у несну раму, що сприяє мінімізації втрат енергії на тертя.

Для зменшення собівартості пристрою доцільним є застосування гідронасоса односторонньої дії. Водночас стабільність та керованість руху вниз, особливо при відсутності навантаження, забезпечується створенням тиску в штоковій порожнині за допомогою стисненого повітря з ресивера.

Конструкцією передбачена можливість поворотного встановлення гідронасоса, що робить експлуатацію обладнання однаково комфортною як для праворуких, так і для ліворуких операторів, покращуючи ергономічні показники робочого місця.

3.3 Розрахунок основних елементів конструкції

На основі аналізу існуючих конструкційних рішень доцільним є застосування чотирьох опорних коліс. Така компоновка забезпечує рівномірний розподіл навантаження та необхідний запас вантажної здатності, розрахований на транспортування коліс сумарною масою до 3000 кг. У випадку переміщення

коліс збільшеного діаметра допускається транспортування одного колеса за цикл.

Після визначення максимального навантаження від коліс, що переміщуються, а також орієнтовної маси самого пристрою, виконується розрахунок граничного навантаження на одне ходове колесо. Додатково враховується можливий побічний вплив – наприклад, коли оператор випадково спирається або стає на платформу під час виконання робіт, створюючи додаткове миттєве навантаження.

Таким чином, розрахункове зусилля на одне опорне колесо визначається як одна четверта від сумарної ваги двох найбільш важких коліс, що транспортуються, маси самого пристрою та маси людини, що потенційно може впливати на конструкцію:

$$F_k = (1200 + 50) / 4 + 100 = 443 \text{ кг}$$

Для забезпечення необхідної мобільності та стійкості пристрою як базові опорні елементи обрано промислові колеса серії 235231, що встановлюються на керовану вісь. Їхня вантажопідйомність – 490 кг, що відповідає розрахунковим умовам експлуатаційного навантаження. Виготовлення шин з немаркованого сірого еластомеру твердістю 85 ± 3 од. за Шором гарантує належний рівень зчеплення з поверхнею та зносостійкість. Конструкцією передбачено вбудований механізм стоянкового гальма, який підвищує безпечність фіксації тележки під час виконання технологічних операцій.

Передню некеровану вісь пропонується комплектувати колесами серії 234611, вантажопідйомність яких становить 470 кг, що створює достатній запас міцності для транспортування коліс великої маси.

Визначальними факторами під час встановлення габаритів платформи є розміри коліс вантажних автомобілів, що будуть обслуговуватися.

Компоновка платформи повинна бути спроектована так, щоб забезпечити роботу з повним діапазоном наведених типорозмірів – як мінімальних, так і максимальних. Це створює універсальність застосування пристрою без необхідності додаткового переналаштування.

Подальші побудови та аналітичні розрахунки здійснюватимуться у фронтальній проекції – такий підхід є найбільш інформативним для оцінки просторових взаємозв'язків між колесом і опорними елементами платформи.

Після визначення параметрів несних елементів конструкції з'являється можливість перейти до формування просторового розміщення основної рами. З урахуванням ергономічних та конструктивних вимог верхню поверхню несної рами доцільно розташувати на висоті 197 мм від рівня опорної поверхні. Виходячи з того, що найбільший діаметр колеса, яке планується обслуговувати, становить 980 мм, мінімальна відстань між поперечними елементами рами має бути не меншою за 786 мм. Для гарантування технологічного зазору це значення приймається із запасом – 790 мм. Такий розмір забезпечує достатню вільність руху платформи під час роботи, а також дозволяє тележці безперешкодно проходити крізь стандартні дверні прорізи шиномонтажних і складських приміщень.

На основі схематичного розміщення діаметрів коліс визначається конфігурація та висотне розташування опорних роликів, що контактують з колесом під час підйому. Ролики розміщуються на висотному рівні 64 мм, що формує міжосьову відстань 590 мм, оптимальну для підтримки колеса різних типорозмірів.

Робочий хід платформи задається конструкційними можливостями гідроциліндра. Оскільки використання гідроциліндрів зі збільшеним ходом значно здорожчує систему, обрано раціональну величину ходу – 650 мм, чого достатньо для виконання всіх необхідних монтажно-демонтажних операцій. Після побудови кінематичної схеми у піднятому положенні та нанесення контурів коліс на креслення встановлюються дійсні значення максимально досяжної висоти підймання платформи.

Найбільш напруженим з погляду силового впливу є режим роботи рухомої рами, яка має просторову конфігурацію та виконує функцію основного вантажосприймального елемента конструкції. У процесі експлуатації на неї діють навантаження від маси двох коліс, розташованих по обидва боки, а також можливий нерівномірний додатковий вплив, спричинений випадковим прикладанням сили лише до однієї сторони платформи.

Система прикладання навантажень формує сукупність опорних реакцій: чотири сили, що передаються через напрямні ролики, а також осьове зусилля, створюване штоком гідроциліндра, яке спрямоване вертикально вгору. У загальному випадку це є просторовою статично визначуваною конструкцією з трьома невідомими реакціями, з яких дві через симетрію можуть бути прирівняні до нуля. Такий підхід дозволяє визначити одну ступінь статичної невизначеності в системі.

Для точного розрахунку необхідно виконати просторовий аналіз міцності й жорсткості перерізу, що на початковій фазі проектування є надмірно складним та недоцільним. Тому модель навантаження рами раціонально спростити до плоскої задачі, приймаючи рівномірність впливу навантаження на обидві бокові частини конструкції.

Узагальнена схема розподілу силових впливів представлена на рисунку 4.4, що слугує основою для подальшого визначення перерізу та параметрів рухомої рами.

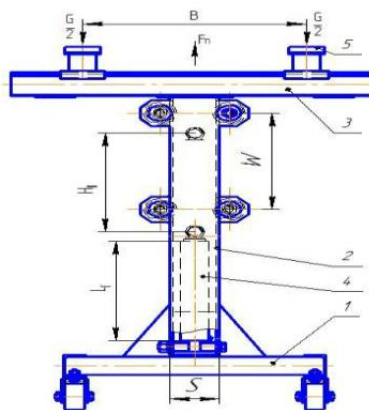


Рис. 3.4. Схема прикладання сил у підйомнику:

1 – рама; 2 – стійка; 3 – платформа; 4 – гідроциліндр; 5 – опора; G – навантаження на підйомальний пристрій; B – міжосьова відстань опор; H_p – висота підйому; L_t – висота гідроциліндра

Подібна задача розв'язується стандартними методами теоретичної механіки шляхом складання системи рівнянь рівноваги сил і моментів (3.1).

$$\sum F_x=0, \sum F_y=0, \sum M_i=0 \quad (3.1)$$

У результаті розв'язання сформованої системи рівнянь рівноваги визначаються величини опорних реакцій, що діють у вузлах конструкції:

$$R = F + F + F_1 = 600 + 600 + 1000 = 2200 \text{ Н}$$

$$R_1 = R_2 = (1000 \cdot 0,575 + 600 \cdot 0,435 + 600 \cdot 0,175 + 2200 \cdot 0,09) / 0,48 = 2373 \text{ Н}$$

Після визначення величин опорних реакцій виконується побудова епюр внутрішніх зусиль – поздовжніх стискуючих сил, поперечних сил зсуву та згинальних моментів у контрольних перерізах рухомої рами, що наведено на рисунках 3.5 і 3.6.

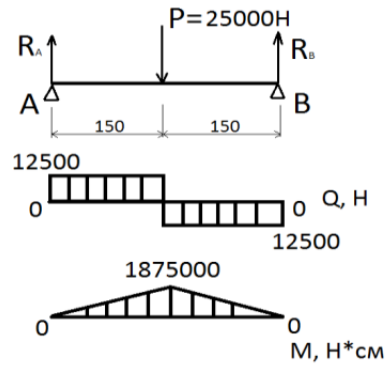


Рис. 3.5. Епюри поздовжніх стискуючих сил і поперечних сил зсуву в елементах рухомої рами.

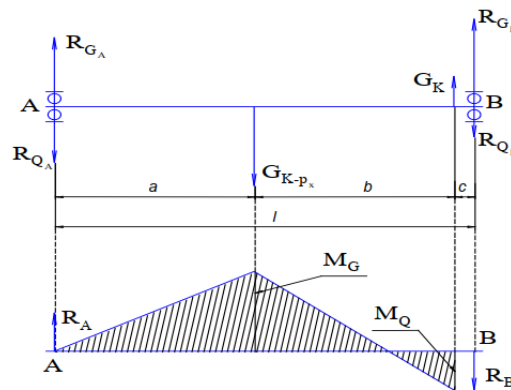


Рис. 3.6. Епюра згинальних моментів у рухомій рамі.

Аналіз отриманих епюр внутрішніх силових факторів дозволив встановити, що максимальне розрахункове навантаження, яке сприймають напрямні ролики, становить 12373 Н, тоді як найбільший згинальний момент у критичних перерізах рухомої рами досягає 1941 Н·м.

Враховуючи отримані силові впливи та необхідність забезпечення належного рівня міцності й жорсткості конструктивних елементів, здійснюємо інженерний підбір раціонального перерізу вил рухомої рами відповідно до умов роботи підйомного пристрою.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \geq [\delta] \quad (3.2)$$

Звідси отримуємо наступне співвідношення:

$$W \geq \frac{M_{\max}}{[\delta]} = \frac{941}{140 \cdot 10^6} = 6,72 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \quad (3.3)$$

Виходячи з результатів силового аналізу, мінімально необхідний момент опору перерізу елементів рухомої рами повинен становити не менше $6,72 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. З огляду на конструктивні вимоги та технологічну доступність матеріалів, для виготовлення рухомої рами раціонально застосувати рівнополичний сталевий кутник. Обрано профіль 7×6 , який забезпечує достатній запас міцності та жорсткості при згині.

Вертикальна стійка рухомої рами підлягає аналогічному навантаженню, тому для неї також встановлюється вимога щодо моменту опору не нижче $6,72 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. Як оптимальний варіант конструкційного виконання обрано прямокутну профільну трубу $60 \times 40 \times 3$, що гарантує необхідні показники міцності під час роботи підіймального механізму.

Оскільки зона спряження рами та стійки є найбільш напруженою, передбачено локальне підсилення у вигляді трикутного ребра жорсткості, що суттєво зменшує ймовірність виникнення деформацій та підвищує загальну структурну надійність вузла.

Обґрунтування вибору гідроциліндра. Підняття колеса здійснюється за рахунок гідравлічного приводу, і розрахункове робоче зусилля визначається сумою ваги колеса (частини маси автомобіля, що передається на нього) та маси рухомої платформи. За розрахунками воно становить орієнтовно 3200 кг, що еквівалентно силі 31077 Н.

Зважаючи на вимоги до надійності й герметичності гідравлічного приводу, задаємо граничне робоче тиск у системі на рівні $P_{\max} = 1,2 \text{ МПа}$.

Тоді необхідна площа поршня визначається за виразом:

$$F = F_{\text{пр}} / P_{\max} \quad (3.4)$$

$$F = 31077 / 1,2 \cdot 10^6 = 9,81 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Мінімальний діаметр гідроциліндра визначають за таким розрахунковим співвідношенням:

$$D = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}} \quad (3.5)$$

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,000981}{3,14}} = 35,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Визначивши мінімальний розрахунковий діаметр поршня, здійснюємо вибір стандартного гідроциліндра для силової стійки механізму підйому. Як оптимальний варіант прийнято гідроциліндр виробництва GIDROLAST типорозміру MF4-40/22, що має номінальний діаметр поршня $D = 80$ мм, що повністю задовольняє вимоги за вантажною здатністю та геометричними параметрами.

Згідно з технічною інформацією, робочий тиск для гідроциліндрів серії MF4-40/22 перебуває в межах 16–35 МПа, що забезпечує значний запас міцності та надійності під час експлуатації пристрою.

Таблиця 3.1. Геометричні параметри гідроциліндра GIDROLAST MF4-40/22.

Позначення	Значення	Одиниця вимірювання	Пояснення параметра
D	40	мм	Діаметр поршня
d	22	мм	Діаметр штока
K	G 3/8	дюйм	Різьбове приєднання
X	M16×1,5	—	Різьба штока
A	126	мм	Відстань між вушками кріплення
L2	17	мм	Розмір вушка в поперечному напрямі
L1	20	мм	Розмір вушка вздовж осі
E	9	мм	Ширина проушини
N	82	мм	Монтажний розмір у нижньому кріпленні
M	100	мм	Монтажний розмір у верхньому кріпленні

Об'єм поршневої порожнини гідроциліндра визначимо, скориставшись класичним виразом для розрахунку об'єму циліндричної форми:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} \quad (3.6)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,04^2 \cdot 0,45}{4} = 0,565 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Об'єм штокової порожнини (порожнини зворотного ходу) гідроциліндра становить:

$$V_{\alpha x} = V - \frac{\pi \cdot D_{iu}^2 \cdot L}{4} \quad (3.7)$$

$$V_{\alpha x} = 0,565 \cdot 10^{-3} - \frac{3,14 \cdot 0,022^2 \cdot 0,45}{4} = 0,394 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

На основі визначеного робочого об'єму гідроциліндра встановлюємо, що мінімально допустимий об'єм резервуара гідронасоса має бути не меншим ніж $0,565 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$, тобто 0,565 л. Такий запас є необхідним для забезпечення стабільної подачі робочої рідини в усіх режимах роботи підйомного пристрою.

Для обраного типу гідроциліндра розраховуємо максимальний тиск у привідній системі з урахуванням можливих додаткових (випадкових) силових впливів. У цьому випадку граничний тиск під час підйому становитиме:

$$P_{\max} = \frac{4 \cdot (F_{np} + F_e)}{\pi \cdot D^2} \quad (3.8)$$

$$P_{\max} = \frac{4 \cdot (1177 + 1000)}{3,14 \cdot 0,04^2} = 1,72 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Готовий продовжити оформлення формули, виконати розрахунок та обґрунтувати його відповідність технічним параметрам обраного гідроциліндра:

$$P = \frac{4 \cdot 1177}{3,14 \cdot 0,04^2} = 0,94 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

У процесі опускання рухомої рами, яка не несе навантаження, можливе утворення ситуації «зависання» через незначну власну вагу конструкції. Щоб уникнути подібного явища та забезпечити гарантований зворотний хід, доцільно подавати стиснене повітря у штокову порожнину гідроциліндра, формуючи додаткове зусилля на опускання.

Запропоноване рішення також усуває необхідність обов'язкового розміщення масляного бака нижче рівня нижнього приєднувального патрубку

гідроциліндра, розширюючи можливості щодо компоновки гідравлічної системи на пристрої.

Приймаємо, що зусилля, яке забезпечує повернення рами у нижнє положення, становить $F_v = 100$ Н. Тоді розрахункове значення необхідного тиску у штоковій порожнині визначається як:

$$P_{\epsilon} = \frac{F_{\epsilon}}{S_{ш}} = \frac{4 \cdot F_{\epsilon}}{\pi \cdot (D^2 - D_{ш}^2)} = \frac{4 \cdot 100}{3.14 \cdot (0,04^2 - 0,022^2)} = 0,11 \cdot 10^6 \text{ Па} \quad (3.9)$$

Для коректного вибору ресивера необхідно визначити його мінімально допустимий об'єм. Під час виконання робочого ходу гідроциліндра повітря зі штокової порожнини витісняється в ресивер, унаслідок чого загальний об'єм газу в системі зменшується, а тиск відповідно зростає. Щоб забезпечити стабільність роботи механізму, приймаємо умову, що підвищення тиску в процесі підйому не повинно перевищувати 15 % від початкового значення.

Скориставшись законом Бойля – Маріотта, сформуємо рівняння, яке встановлює залежність між зміною тиску та об'єму повітря в штоковій порожнині й ресивері для двох крайніх положень поршн

$$P \cdot (V_{ox} + V_p + V_{ш}) = P \cdot 1,15 \cdot (V_p + V_{ш}), \quad (3.10)$$

Після перетворення рівняння (3.8) отримуємо аналітичний вираз, який дає змогу визначити мінімально необхідний об'єм ресивера:

$$V_p \geq \frac{V_{ox}}{0,15} - V_{ш} \quad (3.11)$$

За умови використання шланга внутрішнім діаметром 5 мм і довжиною не менше 300 мм, його внутрішній об'єм становитиме $5,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. Тоді, згідно з формулою (3.9), мінімально допустимий об'єм ресивера має бути не меншим, ніж:

$$V_p \geq \frac{150 \cdot 10^{-6}}{0,15} - 5,9 \cdot 10^{-6} = 994 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Допустимий робочий тиск ресивера становить 1 МПа. Слід також враховувати можливі обмеження, пов'язані з використанням інтелектуальної власності, оскільки конструкція може бути запатентована розробниками з Італії.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Оцінювання силового навантаження та контактного тиску у вузлі тертя

Під час проєктування та розрахунку елементів машин особливу увагу приділяють аналізу напруженого стану, що виникає в деталях за різних режимів експлуатації. Для цього використовують декілька типів характеристичних напружень, які відрізняються за своїм призначенням та умовами визначення.

1. Робочі (фактичні) напруження – це напруження, що реально діють у деталях у процесі функціонування механізму під впливом робочих навантажень і визначають їх поточний механічний стан.

2. Граничні напруження – визначаються під час механічних випробувань контрольних зразків з матеріалу, і характеризують рівень навантаження, за якого в матеріалі починають проявлятися ознаки крихкого руйнування чи значні пластичні деформації, що передують втраті міцності зразка. До них належать:

межа текучості при розтягуванні і зрізі;

межа міцності (тимчасовий опір руйнуванню) при розтягуванні, зрізі або крученні;

межа витривалості при змінних режимах навантаження (вигин, кручення).

Вибір відповідної граничної характеристики залежить від:

механічної природи матеріалу (пластичний чи крихкий тип руйнування), виду прикладеного навантаження (розтяг, стискання, кручення, зсув), характеру зміни напружень у часі.

Характер зміни напружень у часі

У машинобудівній практиці розглядають декілька характерних типів циклів навантаження:

Статичний цикл – напруження залишаються постійними впродовж дії навантаження; характерний для деталей, що працюють безперервно при сталих силах.

Пульсуючий (віднульовий) цикл – напруження змінюються в межах від нульового до максимального значення і знову повертаються до нуля; використовується позначення.

У випадку симетричного циклу навантаження напруження змінюються у широкому діапазоні: від нульового значення до позитивного максимуму, повертаються до нуля, надалі досягають мінімального (негативного) значення й знову циклічно повторюються. Такий характер навантаження суттєво впливає на процес накопичення втомних пошкоджень матеріалу. Для деталей, які працюють у змінних умовах з чергуванням розтягувальних та стискальних напружень, визначальними параметрами стають межі витривалості при вигині та крученні, що позначаються відповідно σ_{-1} та τ_{-1} .

Допустимі (розрахункові) напруження. Одним із ключових етапів конструювання є встановлення допустимого рівня напруженого стану деталі. Правильний вибір допустимих напружень забезпечує необхідний рівень надійності конструкції, при цьому не допускаючи її надмірної маси чи перевитрати матеріалу. Тому визначення цих параметрів є складним інженерним завданням і активно досліджується у сучасній механіці матеріалів та проектуванні машин.

Допустимі напруження прийнято позначати у квадратних дужках як нормальні $[\sigma]$ та дотичні $[\tau]$, що відрізняє їх від робочих значень σ та τ , які визначаються під час розрахунку.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{zp}}{n} \quad \text{або} \quad [\tau] = \frac{\tau_{zp}}{n}, \quad (4.1)$$

Значення коефіцієнта запасу міцності n не є сталою величиною та залежить від комплексу чинників, що впливають на експлуатаційні властивості деталі. У проєктній практиці його прийнято визначати як добуток кількох часткових коефіцієнтів:

$$n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3,$$

Для часткового врахування точності інженерних розрахунків коефіцієнт n_1 обирають залежно від застосованого методичного підходу. Якщо використовується достатньо точний розрахунок, приймають $n_1 = 1,0 \dots 1,5$, тоді

як при спрощених або наближених методах його значення може зростати у діапазоні $n_1 = 2,0 \dots 3,0$.

Коефіцієнт n_2 корелює з пластичними властивостями матеріалу, які оцінюють за співвідношенням граничної міцності до межі текучості. Типові значення цього коефіцієнта наведені у довідкових таблицях для різних груп конструкційних матеріалів.

Додатковий коефіцієнт запасу n_3 вводиться для деталей підвищеної відповідальності – тих, відмови яких можуть призвести до серйозних наслідків або аварійних ситуацій. Його орієнтовно приймають у межах $n_3 = 1,1 \dots 1,5$, а у виняткових випадках – із подальшим підвищенням цього значення.

Оцінювання контактної взаємодії у парі «поршневе кільце – гільза циліндра»

Одним із найскладніших етапів розрахунку поршневих груп двигунів внутрішнього згоряння є визначення контактних напружень, що виникають між поршневими кільцями та поверхнею циліндра. Реальний тиск кільця на стінку гільзи формується під дією газодинамічного навантаження з камери згоряння та власної пружності кільця.

За експериментальними даними й аналітичними моделями, у зоні верхнього компресійного кільця тиск становить близько 75 % від максимального тиску газів під час робочого ходу. Під другим (нижнім) кільцем величина тиску в середньому зменшується до 7–8 %, тобто приблизно у десять разів нижча, ніж під верхнім кільцем (рис. 4.1).

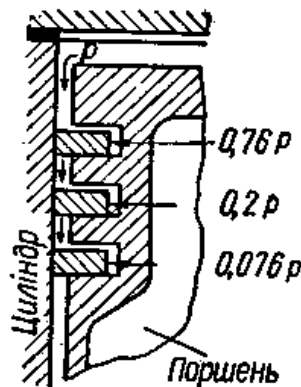


Рис. 4.1. Значення контактних тисків.

Згідно з нормативною технічною документацією заводу-виробника, мінімально допустимий тиск компресії у двигуні ЯМЗ-236 становить не менше

ніж 3,0 МПа. Це значення свідчить про суттєве газодинамічне навантаження на елементи циліндро-поршневої групи, зокрема на контактну пару «гільза циліндра – поршневе кільце». Тому при подальших розрахунках цей рівень тиску можна приймати як орієнтовний для визначення контактного тиску у вузлі тертя.

Однак вплив газів – не єдине джерело навантаження до контактного тиску додається також складова, зумовлена пружною деформацією самих поршневих кілець, які прагнуть розширитися й притискаються до внутрішньої поверхні гільзи.

Газодинамічна взаємодія в ЦПГ. На рисунку 4.2 наведено схематичну модель взаємодії деталей циліндро-поршневої групи під час робочого ходу. У момент згоряння паливно-повітряної суміші тиск газів P , що формується в камері згоряння, діє на:

- внутрішню поверхню гільзи 2,
- днище поршня 4,
- компресійні кільця (насамперед верхнє) 3.

Розподіл тиску відбувається по площах, що відповідають діаметру циліндра D , та поверхням опор виступів кільця.

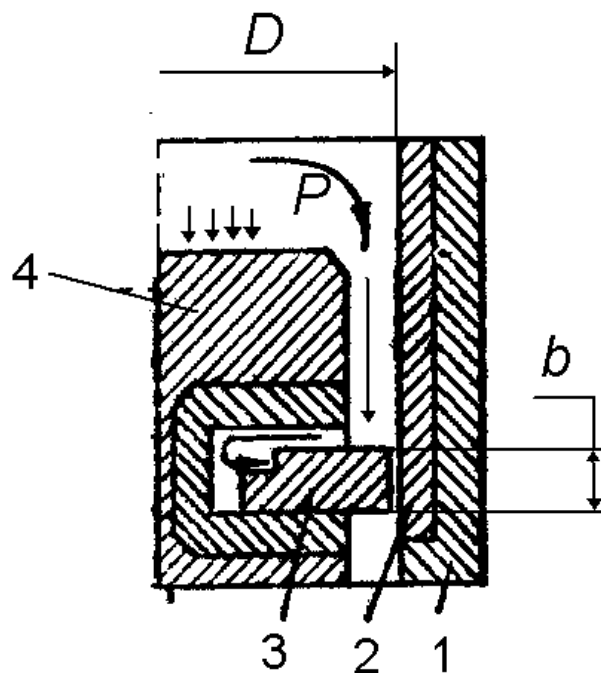


Рис. 4.2. Схема дії газів в камері згорання ДВЗ.

Газові прориви та ущільнювальна здатність кілець. Конструктивно поршневе кільце має радіальний зазор у канавці поршня, що забезпечує його

рухомість і компенсацію теплових розширень. Для двигуна ЯМЗ-236 граничне значення цього зазору становить $\Delta_{\text{канавка}} = 0,098$ мм.

Через цей компенсаційний зазор частина робочих газів неминуче проривається до підпоршневого простору, спричиняючи збільшення тиску в картері.

Крім того, наявний торцевий зазор у місці стику кільця, необхідний для його монтажу та розширення при нагріванні. Максимально допустиме значення для двигуна ЯМЗ-236 дорівнює $\Delta_{\text{стик}} = 0,65$ мм.

Окрім газодинамічного впливу, важливим фактором формування контактного тиску між поршневим кільцем і гільзою є пружні властивості самого кільця. Ступінь пружності визначається матеріалом, конструкцією та маркою двигуна внутрішнього згоряння. Для компресійного кільця, що використовується у двигуні ЯМЗ-236, характерна сила пружного розтиску, яка згідно з технічними даними дорівнює:

$$F_{\text{пр}} = H.$$

Оскільки розрахунок контактного тиску від пружності проводиться окремо від дії газів, оцінимо його величину для кільця шириною $b = 3$ мм за загальною інженерною залежністю:

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{пр}}}{S}, \quad (4.2)$$

У нашому випадку взаємодія відбувається по зовнішній циліндричній поверхні поршневого кільця, яка безпосередньо контактує з гільзою. І відповідно формула для визначення контактного тиску від дії пружної сили набуває вигляду:

$$S = \pi D \cdot b = 3.14 \cdot 130 \cdot 3 = 1224.6 \text{ мм}^2, \text{ або } 12,246 \text{ см}^2.$$

Тепер, спираючись на встановлені залежності, розрахуємо величину контактного тиску, що зумовлений суто пружним розтиском поршневого кільця

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{31}{12,246} = 0,025 \text{ МПа.}$$

У такому випадку сумарний робочий тиск, що виникає в зоні контакту компресійного кільця з поверхнею гільзи циліндра, приймається таким:

$$\sigma_p = \sigma + \sigma_{\text{пр}} = 2,28 + 0,025 = 2,305 \text{ МПа.}$$

Величину сили, що передається на поршень і його ущільнювальні кільця під час робочого процесу двигуна, доцільно визначати за наступною залежністю:

$$Q = \pi DP. \quad (4.3)$$

У результаті розрахунку отримано силу, що передається через циліндро-поршневу групу, яка становить близько 12 654,2 Н. Це свідчить про значне навантаження елементів ущільнення під час роботи двигуна.

4.2 Методика випробувань деталей типу «циліндр» та параметри моделі їхнього зношування

Для лабораторного дослідження процесів зношування деталей циліндричної форми було обрано метод випробувань за схемою «перехресених циліндрів» (див. рис. 4.3).

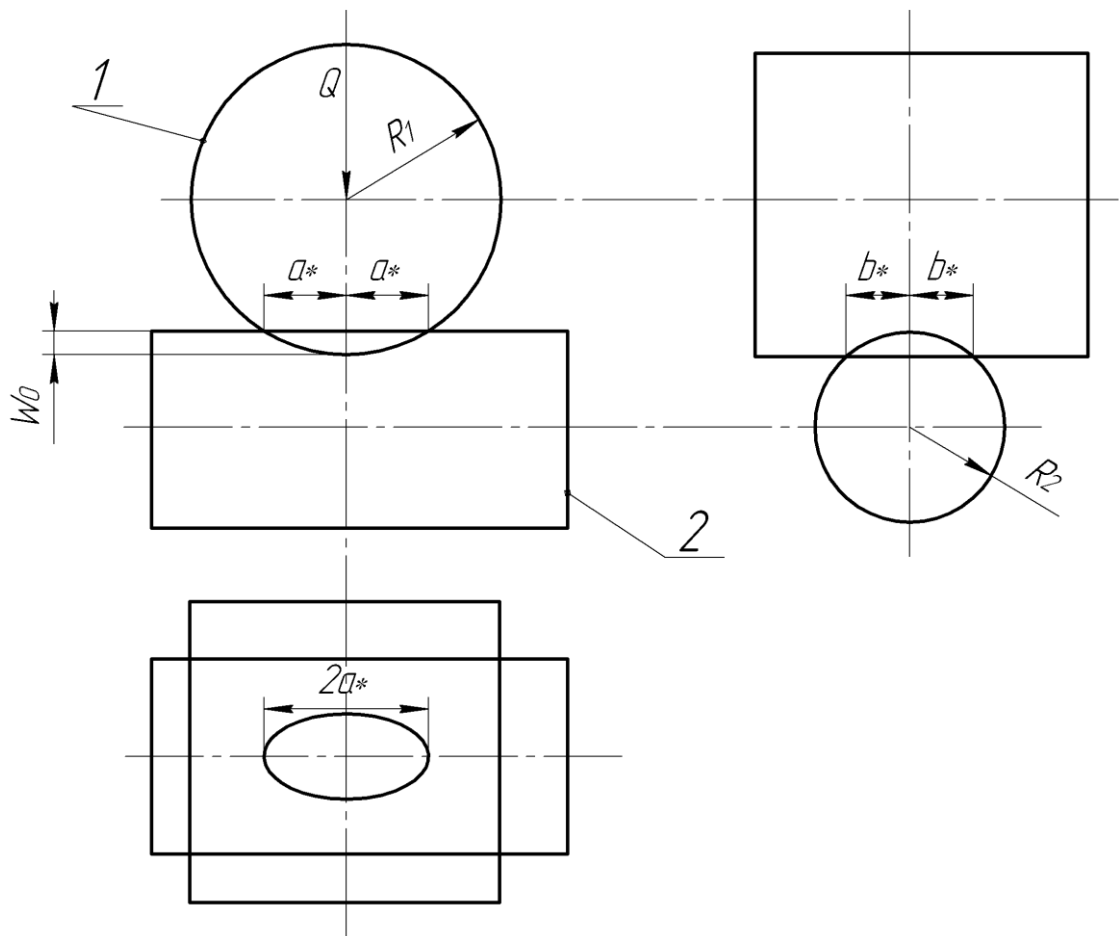


Рис. 4.3. Схема взаємодії перехресних циліндрів із зношуванням:

1 – зразок, нерухомий; 2 – контртіло (сталь HB2>HB1), обертається.

Для подальшого аналізу сформулюємо дослідницьку задачу та наведемо аналітичні залежності, необхідні для визначення параметрів моделі зношування.

Об'єктом розгляду є пара перехрещених циліндрів, осі яких у проєкції перетинаються під прямим кутом (90°). Контактна взаємодія між деталями здійснюється за таких вихідних умов:

радіуси циліндрів у загальному випадку не є рівними, тобто $R_1 \neq R_2$;
 елементи притиснуті один до одного постійною зовнішньою силою Q ;
 перший циліндр обертається і під час експерименту вважається таким, що не зазнає зношування;

другий циліндр залишається нерухомим і саме його поверхня піддається зношенню;

у зоні контакту формується еліптична пляма дотику з головними півосями a і b , значення яких періодично фіксуються в процесі випробувань;

у результаті вимірювань отримують експериментальні залежності $a(s)$ та $b(s)$, де s – шлях тертя;

зношування нерухомого циліндра $u_w(s)$ описується моделлю сталого (квазістаціонарного) зношування.

За умови, що $a = b$, контактна взаємодія між поверхнями може бути математично зведена до задачі про дотик сферичних тіл.

Сформулюємо основну задачу: використовуючи експериментально встановлені залежності $a(s)$ та $b(s)$, необхідно визначити параметри k_w і m , що характеризують модель сталого зношування.

Під час розв'язання задачі приймаються такі методологічні припущення:

Контактуючі тіла вважаються абсолютно твердими. Це означає, що розподіл контактного тиску по поверхні взаємодії приймається рівномірним упродовж усього періоду тертя. Достовірність такого припущення підвищується зі збільшенням відносного зношування порівняно з величинами пружних деформацій.

Основним фактором, що визначає інтенсивність зношування, є контактний тиск. Інші фактори впливу – температурний режим, швидкість ковзання, геометричні параметри та стан поверхонь – у рамках моделі не враховуються.

Контактна ділянка розглядається малою порівняно з поверхнями тіл. Тому її геометрію приймають такою, що може бути апроксимована плоскою.

Перейдемо до аналізу геометричних характеристик контакту. Із розгляду перерізів циліндра 1 та циліндра 2, які виконані у площині, нормальній до осі першого циліндра, можна вивести функціональний зв'язок між величиною зношування та параметрами контактної плями.

$$u_{w0} = \frac{a_*^2}{2 \cdot R_1}. \quad (4.4)$$

Аналогічні міркування застосовуються і до другого циліндра, для якого можна отримати відповідну залежність:

$$u_{w0} = \frac{b_*^2}{2 \cdot R_2}. \quad (4.5)$$

Порівнюючи праві частини співвідношень (4.4) та (4.5), отримуємо таку залежність:

$$\frac{a_*^2}{2R_1} = \frac{b_*^2}{2R_2}. \quad (4.6)$$

Звідси випливає аналітичне співвідношення, яке встановлює взаємозв'язок між напівосями еліптичної контактної площадки:

$$\frac{a_*}{b_*} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^{0,5}; \quad b_* = a_* \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^{0,5}. \quad (4.7)$$

Площу еліптичної зони контакту доцільно представити через одну з напівосей, використовуючи залежність між радіусами кривизни тіл, що взаємодіють:

$$F = \pi \cdot a_* b_*, \quad (4.8)$$

Підставивши вираз (4.7) у формулу (4.8), отримуємо наступне узагальнене співвідношення:

$$F = \pi \cdot a_*^2 \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^{0,5} = \xi \cdot a_*^2, \quad (4.9)$$

тоді

$$\xi = \pi \cdot \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^{0,5}. \quad (4.10)$$

Під час опрацювання та інтерпретації отриманих експериментальних даних доцільно використовувати усереднене значення площі контактної ділянки.

Таке середнє значення досягається шляхом прирівнювання площі еліптичної плями контакту до площі умовного кола з радіусом a :

$$F = \pi \cdot a_* b_* = \pi \cdot a^2. \quad (4.11)$$

З того:

$$a = (a_* b_*)^{0.5}. \quad (4.12)$$

У випадку, коли експериментальна залежність зміни параметрів контактної зони встановлена, можна застосувати аналітичні співвідношення, для визначення характеристик моделі зношування. Нижче наведено формули, необхідні для виконання цих обчислень.

Маючи апроксимовану експериментальну криву $a(s)$, параметри моделі сталого зношування доцільно знаходити за методом двох реперних точок. Для степеневій залежності виду:

$$a(s) = k_w \cdot s^m,$$

коефіцієнти k_w та m можуть бути обчислені за результатами вимірювань у двох довільно вибраних точках тертя s_1 і s_2 , що забезпечує спрощену, але достатньо точну оцінку параметрів моделі.

$$\beta = \frac{\lg a_1 / a_2}{\lg S_1 / S_2} ; \quad C = \frac{a_1}{S_1^\beta} \quad (4.13)$$

Подальше визначення параметрів моделі зношування вимагає знання приведенного радіуса контактуючих поверхонь. Його значення обчислюють за таким узагальненим виразом:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}. \quad (4.14)$$

Параметри, що характеризують модель сталого зношування, визначаються за такими розрахунковими залежностями:

$$m = \frac{1 - 2\beta}{2\beta}, \quad (4.15)$$

$$k_w = \frac{C^{2m+2}}{(2m+2)(Q/\pi)^m R}. \quad (4.16)$$

4.3 Устаткування та методика проведення експериментальних випробувань

З метою встановлення залежності зміни розмірів контактної плями від величини шляху тертя було виконано серію лабораторних випробувань зношування на зразках циліндричної форми. Дослідження здійснювалися з використанням спеціалізованого експериментального стенда, конструкція та принципова схема якого подані на рис. 4.4.

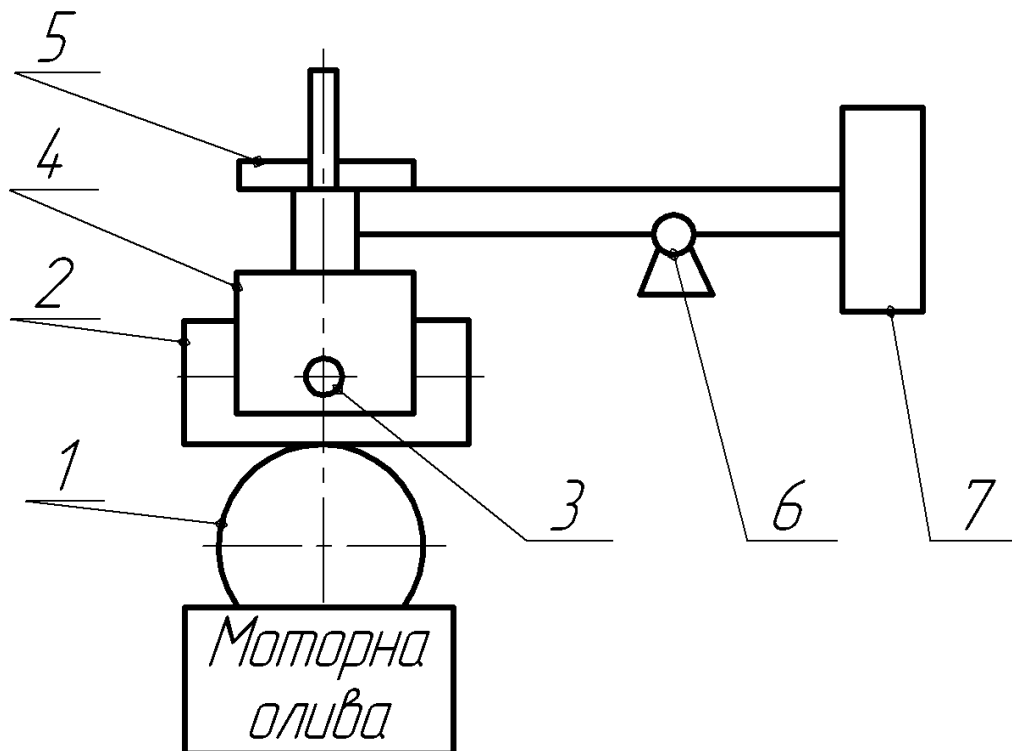


Рис. 4.4. Схема установки для випробувань на зношування перехресних циліндрів:

1 – вал; 2 – циліндричний зразок; 3 – гвинт; 4 – затискний механізм; 5 – вантаж; 6 – вісь; 7 – протизвага.

Вал 1 виконує функцію контргіла, на робочу ділянку якого монтується циліндричний зразок 2. Притискання здійснюється під дією навантаження Q , що створюється вантажем 5 із заздалегідь визначеною масою. Фіксація зразка на тримачі 4 забезпечується гвинтом 3. Для урівноваження маси всього кріпильного вузла на протилежний кінець держака встановлюється регульована протизвага 7.

У випадку досліджень у присутності мастильної речовини на установку додатково монтується резервуар («стакан») із оливою, внаслідок чого

контактуючі циліндричні поверхні повністю занурюються в мастильне середовище.

Послідовність виконання експерименту:

Зразок розміщується у затискному пристрої 4.

Виконується підтискання зразка 2 фіксуючим гвинтом 3.

За допомогою противаги 7 компенсується маса зразка та елементів тримача.

На вісь притиску встановлюється вантаж із відомим значенням сили.

Привід стенда вмикається, та фіксується час проведення випробування.

Після закінчення заданого інтервалу роботи зразок знімають у зворотній послідовності, проводячи вимірювання параметрів контактної плями.

Зразок знову встановлюється так, щоб площинка контакту збіглася з початковим положенням.

Операції 1–7 повторюють до моменту, поки зміни розмірів контактної ділянки залишаються вимірюваними та придатними для аналізу.

4.4 Результати експериментальних досліджень та ідентифікація параметрів моделі зношування

Вихідні передумови проведення дослідів. Як зазначалося вище, базовим матеріалом для виготовлення гільз циліндрів є високоякісний спеціальний чавун із підвищеною зносостійкістю. Матеріал компресійних кілець також є стандартизованим і відомим із технічної документації. Задля підвищення ресурсу сполучення *«гільза – кільця двигуна внутрішнього згорання»* та забезпечення можливості відновлення циліндрів без заміни блока запропоновано технологію хромування внутрішньої поверхні гільз.

У зв'язку з цим експериментальна програма передбачала порівняння зношуваності двох типів зразків:

стандартні чавунні гільзи,

гільзи з відновленою поверхнею шляхом гальванічного хромування.

Метою випробувань було визначення параметрів моделі сталого зношування для кожного варіанта виконання поверхні циліндра.

Випробування проводилися за такими регламентованими параметрами:

У визначені часові інтервали виконували вимірювання головних осей еліптичної плями тертя – a та b . Для подальших розрахунків зона контакту апроксимувалася еквівалентним колом, радіус якого визначали згідно з відомим співвідношенням:

$$a_{eq} = \sqrt{ab}$$

Отримані експериментальні дані щодо закономірності зміни еквівалентного радіуса контактної плями для зразка узагальнені у табл. 4.1.

Шлях тертя S наперед визначався за залежністю:

$$S = \pi d n t, \quad (4.17)$$

Таблиця 4.1. Результати випробувань на зношування хромованих зразків.

№	t , хв	$2a^*$, мм	$2b^*$, мм	a , мм	$S \cdot 10^6$, мм
1	4	0,582	0,456	0,258	0,1665
2	10	0,789	0,477	0,307	0,4164
3	20	0,899	0,482	0,329	0,8327
4	40	1,016	0,486	0,351	1,665
5	60	1,193	0,492	0,383	2,498

Визначення параметрів моделі зношування для хромованого зразка. Згідно зазначеної вище методики були проведені випробування на зношування зразка з хромованим покриттям. Випробування проводилися за наявності оливи. В якості оливи використовувалося дизельна моторна олива. Для зручності всю базу даних, отриману в експерименті занесемо в таблицю 4.1.

Для першого зразку результати зобразимо на рисунку 4.5 і позначимо його індексом ряд 1.

Використовуємо залежності (4.13) для визначення параметрів статичної апроксимації. Для цього виберемо дві точки на графіку:

$$T_1(a_1; S_1) = (0,329; 8,327 \cdot 10^5);$$

$$T_2(a_2; S_2) = (0,383; 2,498 \cdot 10^6).$$

$$\beta = \frac{\lg a_1 / a_2}{\lg S_1 / S_2} = \frac{\lg 0,329 / 0,383}{\lg 8,327 / 24,98} = 0,138 ;$$

$$C = \frac{a_1}{S_1^\beta} = \frac{0,329}{(8,327 \cdot 10^5)^{0,138}} = 0,05.$$

Приведений радіус можна визначити як еквівалентну геометричну характеристику, що дозволяє врахувати вплив взаємодії поверхонь тертя під час роботи гальмового механізму

$$R = \frac{5 \cdot 10}{5 + 10} = 3,33 \text{ мм.}$$

Для подальшого аналізу виконаємо визначення параметрів моделі зношування хромованих зразків, використовуючи аналітичні залежності (4.15) та (4.16), що описують кінетику зношування у досліджуваних умовах

$$m(x) = \frac{1 - 2\beta}{2\beta} = \frac{1 - 2 \cdot 0,138}{2 \cdot 0,138} = 2,614 ;$$

$$k_w(x) = \frac{C^{2m+2}}{(2m+2)(Q/\pi)^m R} = \frac{0,05^{2 \cdot 2,614 + 2}}{(2 \cdot 2,614 + 2)(0,24/3,14)^{2,614} \cdot 3,33} = 1,341 \cdot 10^{-8} \text{ (мм}^2\text{/кг)}^m.$$

У такому разі розрахункове значення інтенсивності зношування для зразка з хромовим покриттям буде визначатися наступним співвідношенням:

$$I_x = 1.341 \cdot 10^{-8} \sigma^{2.614}$$

Оцінювання параметрів моделі зношування спеціального чавуну. Відповідно до застосованої експериментальної методики проведено дослідження інтенсивності зношування робочої поверхні гільзи циліндра двигуна ЯМЗ-236, виготовленої з легованого спеціального чавуну.

Для подальшої обробки та аналізу результатів експериментальні дані були систематизовані й представлені у таблиці 4.2, що дає змогу оцінити характеристичні параметри процесу зношування та визначити закономірності зміни триботехнічних властивостей матеріалу.

Отримані під час дослідження результати подамо у вигляді графічної залежності на рисунку 2.5, де для наочності криву, що відповідає спеціальному чавуну, позначимо як ряд 2.

Таблиця 4.2. Результати випробувань на зношування.

№	t, хв	$2a^*$, мм	$2b^*$, мм	a, мм	$S \cdot 10^6$, мм
1	4	0,839	0,564	0,344	0,1665
2	10	0,901	0,699	0,397	0,4164
3	20	0,979	0,802	0,443	0,8327
4	40	1,012	0,867	0,468	1,665
5	60	1,127	0,912	0,507	2,498

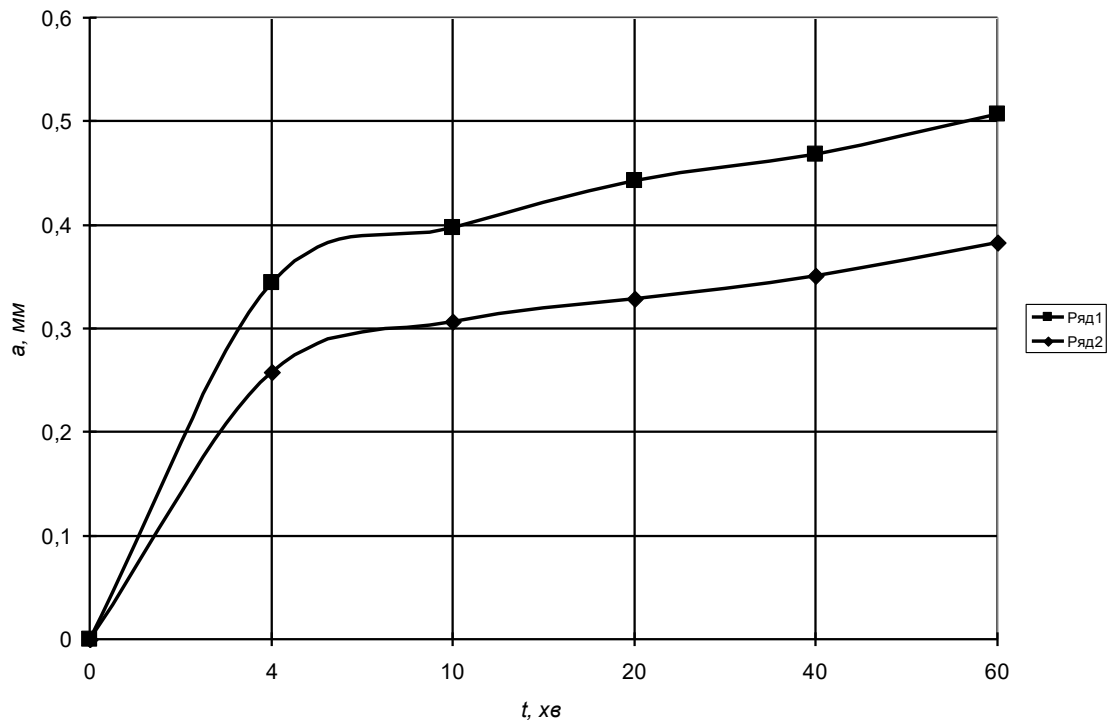


Рис. 4.5. Графік залежності середнього розміру площинки контакту від часу роботи:

ряд 1 – хромований матеріал; ряд 2 – спеціальний чавун.

Для визначення параметрів статичної апроксимаційної моделі скористаємося аналітичними залежностями (4.13).

$$T_1(a_1; S_1) = (0,443; 8,327 \cdot 10^5);$$

$$T_2(a_2; S_2) = (0,507; 2,498 \cdot 10^6).$$

$$\beta = \frac{\lg a_1 / a_2}{\lg S_1 / S_2} = \frac{\lg 0,443 / 0,507}{\lg 8,327 / 24,98} = 0,123 ;$$

$$C = \frac{a_1}{S_1^\beta} = \frac{0,443}{(0,8327 \cdot 10^6)^{0,156}} = 0,083.$$

Приведений радіус визначається як еквівалентна величина, що враховує геометрію контакту та умови взаємодії поверхонь, і у даному випадку набуває такого значення:

$$R = \frac{71 \cdot 5}{71 + 5} = 8,765 \text{ мм.}$$

Для подальшого аналізу виконаємо обчислення параметрів моделі зношування спеціального чавуну з хромованим покриттям. Розрахунки проводитимемо на основі співвідношень (4.15) та (4.16), що описують кінетичні характеристики процесу зношування за отриманими експериментальними даними

$$m(\varphi) = \frac{1 - 2\beta}{2\beta} = \frac{1 - 2 \cdot 0,123}{2 \cdot 0,123} = 3,079 ,$$

$$k_w(T) = \frac{C^{2m+2}}{(2m+2)(Q/\pi)^m R} = \frac{0,083^{2 \cdot 3,079 + 2}}{(2 \cdot 3,079 + 2)(0,24/3,14)^{3,079} \cdot 8,765} = 6,026 \cdot 10^{-8} \text{ (мм}^2\text{/кг)}^m.$$

У такому разі інтенсивність зношування матеріалу гільзи, виготовленої зі спеціального чавуну, може бути подана у вигляді наступного аналітичного виразу:

$$I_q = 6,026 \cdot 10^{-8} \sigma^{3,079}.$$

4.5 Оцінювання інтенсивності зношування

Знаючи визначені параметри моделі зношування для досліджуваних матеріалів, можна здійснити їх порівняння за інтенсивністю втрати матеріалу в умовах різного рівня контактного тиску.

Аналітичні залежності для обчислення інтенсивності зношування мають такий вигляд:

- для зразка з хромовим покриттям $I_x = 1,341 \cdot 10^{-8} \sigma^{2,614}$;
- для елементів зі спеціального чавуну $I_q = 6,026 \cdot 10^{-8} \sigma^{3,079}$.

Як показали попередні дослідження, контактний тиск у триботехнічному вузлі становить 2,3 МПа. З огляду на це, розрахуємо зміну інтенсивності

зношування обох матеріалів залежно від величини тиску у зоні контакту. Для зручності отримані результати зведемо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Визначення залежності зносу від контактного тиску.

№	σ , МПа	I_q	I_x
1	1,0	$5,02 \cdot 10^{-11}$	$3,26 \cdot 10^{-11}$
2	2,0	$4,24 \cdot 10^{-10}$	$1,996 \cdot 10^{-10}$
3	2,3	$6,53 \cdot 10^{-10}$	$2,88 \cdot 10^{-10}$
4	2,5	$8,43 \cdot 10^{-10}$	$3,58 \cdot 10^{-10}$
5	3,0	$1,47 \cdot 10^{-9}$	$5,76 \cdot 10^{-10}$

Графічне подання отриманих результатів наведено на рисунку 4.6, що демонструє характер зміни інтенсивності зношування для обох досліджуваних матеріалів. На основі поданої залежності виконано порівняння їхніх триботехнічних показників за умови робочого контактного тиску 2,3 МПа.

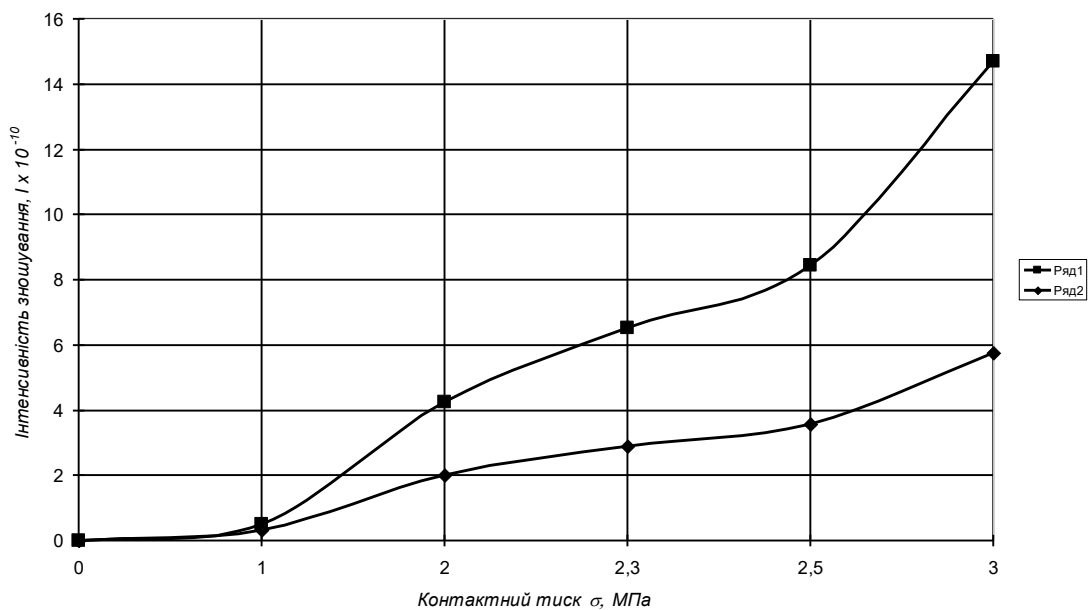


Рис. 4.6. Графіки залежностей інтенсивності зношування від контактних тисків: 1 – для спеціального чавуну; 2 – для хромованого матеріалу.

Отримані результати свідчать про те, що інтенсивність зношування після нанесення хромового покриття зменшується приблизно у 2,25 раза. Інакше кажучи, застосування хромування поверхні гільзи циліндра двигуна ЯМЗ-236 забезпечує підвищення її зносостійкості більш ніж удвічі порівняно зі штатними конструкційними гільзами зі спеціального чавуну.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Приміщення й площадки для зберігання автомобілів

Автомобілі залежно від габаритних розмірів підрозділяються на чотири категорії згідно табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Категорія транспортного засобу	Розміри автомобіля, м	
	Довжина	Ширина
I категорія	До 6,0 включно	До 2,1 включно
II категорія	Понад 6,0 до 8,0	Понад 2,1 до 2,5
III категорія	8,0 до 12,0	2,5 до 2,8
IV категорія	12,0	2,8

Приміщення, призначені для зберігання автомобільної техніки, не допускається безпосередньо поєднувати з виробничими або допоміжними площами, у яких постійно перебувають працівники. У випадках, коли таке з'єднання є технологічно необхідним, передбачається облаштування тамбура-шлюзу, що забезпечує безпечну ізоляцію зон. Виїзд транспортних засобів із зон зберігання здійснюється безпосередньо через ворота, які повинні відкриватися лише назовні для уникнення небезпечних ситуацій.

Підлогові покриття в гаражних приміщеннях виконують з ухилом не менше ніж 1% у напрямку трапів чи водовідвідних лотків, що запобігає застою рідин і сприяє належній санітарній експлуатації. Уздовж стін та огорож місць зберігання транспорту встановлюються колесовідбійні пристрої для запобігання механічному пошкодженню будівельних конструкцій.

Висотні параметри колесовідбійних елементів визначаються категорією автомобілів:

для машин I категорії – 0,12 м;

для II–III категорій – 0,30 м;

для IV категорії – 0,40 м.

Ширина безпечного проміжку між колесовідбійником і стіною має відповідати габаритам техніки та способу її розміщення:

при паралельній постановці:

I категорія – не менше 0,4 м;

II категорія – не менше 0,5 м;

III–IV категорії – не менше 0,7 м;

при перпендикулярному розташуванні – відстань повинна перевищувати передній або задній звис автомобіля щонайменше на 0,5 м.

Відкриті майданчики та внутрішні зони для зберігання транспорту облаштовуються міцним рівним покриттям з дотриманням допустимих ухилів: до 1% уздовж осі автомобіля і до 4% – у поперечному напрямку. Всі місця розміщення автомобілів і проїзди для маневрування маркуються стійкою розміткою, виконаною незмивною фарбою або іншим довговічним способом. Вільний простір між автомобілями повинен забезпечувати комфортне та безпечне відкривання дверей.

Транспортні засоби, що належать до групи підвищеної пожежної небезпеки (перевезення паливно-мастильних матеріалів), мають розміщуватися на майданчиках, віддалених щонайменше на 12 м один від одного та від інших зон зберігання.

Для електронавантажувачів передбачають спеціалізоване приміщення, обладнане відповідно до вимог електробезпеки і пожежного захисту. Розміщення таких засобів у виробничих або адміністративно-допоміжних приміщеннях допускається лише у виняткових випадках, на визначених місцях, що не створюють перешкод для руху та евакуації персоналу.

5.2 Приміщення для технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів

Виробничі площі, призначені для проведення профілактичного обслуговування й ремонтних робіт автомобілів, повинні забезпечувати безпечні та ергономічні умови для персоналу на всіх етапах технологічного процесу. Параметри мікроклімату робочої зони, рівні шуму, вібраційні впливи, а також освітленість мають відповідати діючим санітарним та технічним нормам.

Якщо під час виконання робіт за технологією утворюються шкідливі фактори (пари, гази, аерозолі, пил, шум тощо), відповідні ділянки повинні розташовуватися у відокремлених приміщеннях, ізольованих суцільними перегородками до рівня перекриття, що мінімізує їхній вплив на суміжні робочі зони.

Висота приміщень постів технічного обслуговування та ремонту визначається з урахуванням максимальної габаритності транспортного засобу у піднятому стані. Відстань між верхньою точкою автомобіля на підйомнику або піднятим кузовом самоскида та низом елементів перекриття, вентиляційних та вантажопідйомних систем повинна бути не меншою за 0,2 м. Мінімальна нормативна висота таких приміщень складає 3,0 м.

У зонах, де виконуються роботи з паливною апаратурою, протикорозійним покриттям, зберіганням і заряджанням акумуляторів, а також фарбувальні операції, підлогове покриття повинне бути іскробезпечним, тобто виключати можливість займання через механічний удар.

Пости та майданчики для миття автомобілів влаштовуються з ухилом у бік водовідвідних лотків і колодязів не менше 2%, що запобігає потраплянню побутових і технологічних стоків у площу підприємства. Такі ділянки відокремлюються від інших виробничих зон суцільними вологостійкими перегородками із застосуванням пароізоляції.

Міжповерхові прорізи та технічні проходи повинні бути оснащені огороженнями з висотою поручнів не менш ніж 0,9 м, а нижня частина огорожень має містити суцільне бортове обшивання висотою щонайменше 0,1 м для запобігання падінню предметів.

Доступ до приміщень для ремонту паливної апаратури та акумуляторних постів влаштовується через тамбури-шлюзи, що забезпечують належну вентиляційну ізоляцію. Дверні полотна таких приміщень повинні відчинятися назовні для безпечної евакуації.

Заряджання, обслуговування та зберігання кислотних і лужних акумуляторних батарей проводиться в окремих спеціалізованих приміщеннях, які складаються з трьох взаємопов'язаних відділень: ремонтного, зарядного та складування електролітів і активних реагентів.

Для виконання фарбувальних робіт передбачається наявність щонайменше двох окремих зон: приміщення для підготовки фарбувальних матеріалів та приміщення для виконання нанесення покриттів та їх сушіння. Якщо фарбування здійснюється поза камерою або у камері з відкритим прорізом, вхідний отвір обладнується тамбуром-шлюзом, довжина якого має становити половину ширини відповідних воріт плюс 0,2 м, що сприяє зниженню поширення шкідливих викидів.

5.3 Особливості перебігу та наслідки можливих хімічних аварій

Під час аналізу загроз, пов'язаних із масштабними промисловими інцидентами, необхідно усвідомлювати, що токсичний вплив небезпечних хімічних речовин (НХР) суттєво відрізняється від уражальних факторів вибухів чи пожеж. Отруйні речовини здатні спричиняти ураження, що проявляються не тільки в момент аварії, а й через тривалий час після контакту. Статистичні дані свідчать: на частку токсичних уражень припадає близько 8% смертельних випадків і до 32% усіх постраждалих у хімічно небезпечних аваріях.

Дослідження технологічних схем підприємств, що використовують або виробляють НХР, демонструє, що їхня кількість безпосередньо в процесі виробництва порівняно невелика. Значні об'єми небезпечних хімічних продуктів зазвичай зосереджені на складах і в сховищах підприємств. Тому більшість аварійних ситуацій, які виникають у межах технологічних ліній, призводить насамперед до локального отруєння повітря на обмеженій території, уражаючи головним чином виробничий персонал.

Запас НХР у сховищах формується з урахуванням потреби у забезпеченні безперервності технологічного циклу та допустимого резервування продукції для подальшої відправки споживачам. На виробничих майданчиках та під час транспортування НХР зазвичай зберігаються у стандартизованих ємностях – металевих резервуарах або залізобетонних сховищах, у яких підтримуються параметри, визначені правилами безпеки.

Циліндричні та кульові резервуари мають найбільше поширення. Вони встановлюються групами; при цьому передбачається наявність резервної ємності

для перекачування продукту у разі аварійного витоку. Територія групового розміщення огорожується протиаварійною стінкою або обвалуванням із негорючих та корозійностійких матеріалів висотою щонайменше 1 м. Розрахунок внутрішнього об'єму обвалування проводять на повне утримання НХР у разі руйнування будь-якої ємності. Відстань від резервуара до огорожуючої конструкції встановлюється не менше половини його діаметра, але не менше 1 м.

Процеси випаровування НХР при аваріях. Випаровування небезпечних рідин умовно поділяють на три характерні стадії:

Інтенсивне (імпульсне) випаровування – відбувається через різке зниження тиску, що виникає одразу після розгерметизації. У цей короткий інтервал формується токсична хмара з концентраціями, небезпечними для життя.

Нестійке випаровування – зумовлене надходженням теплової енергії від поверхні ґрунту чи обладнання, а також зміною тепловмісту розливої рідини.

Стаціонарне випаровування – перебіг процесу визначається зовнішніми умовами (температура, швидкість повітря, фізико-хімічні властивості НХР), тривалість може значно варіювати.

Для ізотермічних сховищ, що утримують продукт під незначним надмірним тиском, різке випаровування за рахунок різниці тисків практично не проявляється. Первинна токсична хмара формується переважно під дією теплового впливу піддону та атмосферного повітря. Зазвичай у повітря переходить близько 3–5% розливої речовини.

У випадку аварійного руйнування оболонок із висококиплячими рідинами небезпечної відразу хмари, як правило, не утворюється. Проте токсична небезпека залишається високою для персоналу, який перебуває безпосередньо в осередку аварії.

Додаткові ризики під час аварій. На території підприємств одночасно можуть зберігатися значні обсяги горючих і легкозаймистих речовин. Це обумовлює необхідність врахування комплексної небезпеки під час пожеж, оскільки висока температура здатна стимулювати вторинні викиди токсичних агентів і формування продуктів термічного розкладу з отруйними властивостями.

Аналіз причин техногенних інцидентів на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО), а також результати аналітичних розрахунків свідчать, що подібні підприємства є потенційним джерелом небезпечних наслідків різного характеру. До основних форм прояву аварій належать: раптові масові викиди небезпечних хімічних речовин (НХР) у повітря, потрапляння токсичних сполук у водні ресурси, утворення так званих «хімічних пожеж», що супроводжуються вторинними викидами отруйних продуктів, виникнення вибухів та тривалого зараження територій на шляхах руху токсичної хмари.

Кожна аварійна подія проходить типові етапи розвитку: зародження, наростання небезпечних факторів та поступове їх згасання. Під час активної фази аварії на ХНО одночасно діє декілька уражальних чинників – хімічне забруднення приземного шару атмосфери, вибухові ефекти, термічний вплив пожеж, а також вторинне забруднення довкілля. Серед них найбільш небезпечним для людей є хімічне ураження повітряного середовища, оскільки саме воно формує масштабні зони токсичного впливу.

Рівень хімічної небезпеки визначають параметри токсичної хмари та розміри зон ураження, які характеризують за глибиною поширення та концентраціями, що спричиняють летальні, вивідні з ладу або порогові токсодози.

Особливо тяжкі наслідки виникають у випадках руйнування великогабаритних ємностей на складах, коли сильнодіючі отруйні речовини (СДЯР) виходять за межі об'єкта та уражають персонал і населення прилеглих районів. Масштабність вторинного забруднення залежить насамперед від технологічних способів зберігання СДЯР.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра на тему «Проектування технічного обслуговування та ремонту передньої підвіски автомобіля Citroën Berlingo з дослідженням відновлення гільз циліндрів електролітичним хромуванням» досягнуто поставленої мети щодо підвищення надійності елементів ходової частини та відновлення ресурсу деталей двигуна.

Проведений аналіз конструкції передньої підвіски Citroën Berlingo дав змогу встановити основні експлуатаційні чинники, що впливають на довговічність її компонентів. Систематизовано типові дефекти та визначено доцільні технологічні методи їхнього усунення. Застосування сучасних методів діагностування дозволило сформулювати ефективний підхід до технічного обслуговування й поточного ремонту підвіски, спрямований на зменшення простоїв автомобіля й запобігання прогресуванню несправностей.

У технологічному розділі розроблено маршрутні та операційні карти, що регламентують раціональну послідовність робіт із демонтажу й ремонту вузлів підвіски, а також обґрунтовано вибір обладнання для зони ПР. Запропоновані рішення забезпечують скорочення трудомісткості ремонтних операцій і підвищення рівня безпеки праці персоналу.

У конструкторській частині створено проєкт спеціалізованого підйимального пристрою для обслуговування коліс вантажних автомобілів, який характеризується підвищеною ергономічністю, достатнім запасом міцності, мобільністю та можливістю застосування у виробничих умовах без використання зовнішніх джерел енергії. Проведені розрахунки підтвердили надійність несної конструкції та відповідність технічним вимогам.

У науково-дослідному розділі виконано аналіз зношування гільз циліндрів двигуна та обґрунтовано доцільність застосування електролітичного хромування для підвищення їх зносостійкості. Встановлено, що сформоване хромове покриття забезпечує зниження коефіцієнта тертя, підвищення теплостійкості та корозійної стійкості, що сприяє відновленню і збільшенню моторесурсу силового агрегату.

За результатами роботи:

відпрацьовано методику технічного обслуговування та ремонту передньої підвіски;

запропоновано практичні заходи для підвищення її надійності;

удосконалено процес відновлення деталей двигуна;

підвищено рівень безпеки робіт завдяки застосуванню спеціального обладнання;

обґрунтовано економічну ефективність запропонованих рішень.

Таким чином, поставлені в роботі задачі виконані повністю, а здобуті результати можуть бути впроваджені на автотранспортних підприємствах та у сервісних центрах для підвищення ефективності технічного обслуговування транспортних засобів та продовження їх ресурсу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт». – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.
3. 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.
4. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
5. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.
6. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1 :теоретичні основи. Технологія: підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К. : "Вища школа", 1994. – 342 с.
7. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: організація, планування і управління : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К.: "Вища школа", 1994. – 383 с.
8. 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.
9. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. – 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. – 400 с.
10. Кисликов В.Ф. Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. – К.: Либідь, 2016. – 400 с. 5. Ю.А.

11. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.

12. Ляшук, О., Гевко, І., Гупка, А., Слободян, Л., Гевко, Б., & Хорошун, Р. (2023). Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 2(21), 135-144.

13. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

14. Стручок В.С. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»: навчальний посібник / В.С. Стручок.– Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. – 156 с.

15. 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.

16. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

17. Дикань С.А., Зима О.Є. Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях. Університетський курс [Текст]: підручник для студ. вищ. навч. закл. С.А. Дикань, О.Є. Зима. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2015. – 273 с.: табл., іл.