

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Проєкт ремонтної ділянки для відновлення деталей ходової частини вантажних автомобілів FORD Trucks 2533 LR з дослідження впливу чистота мастильного матеріалу на зносостійкість та довговічність деталей трибоспряжень*

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Роман МЕЛЕНЧУК

Назарій ТХІР

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Любомир СЛОБОДЯН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Михайло ЛЕВКОВИЧ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Автомобілів

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«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 Меленчуку Роману Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Проект ремонтної дільниці для відновлення деталей ходової частини вантажних автомобілів FORD Trucks 2533 LR з дослідження впливу чистоти мастильного матеріалу на зносостійкість та довговічність деталей трибоспрямижень*

Керівник роботи Слободян Л.М., к.т.н., доцент

(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 22 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи *Технічна документація на ходову частину та експлуатаційні рідини (мастильні матеріали) вантажних автомобілів FORD Trucks 2533 LR. Результати дефектування деталей ходової частини в умовах СТО та статистичні дані щодо характеру їх відмовлень і зношування.*

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)

Тримач вантажу – 1 лист А1

Надставка – 1 лист А1

Пробка зовнішнього гвинта домкрату – 1 лист А1

Внутрішній гвинт домкрату – 1 лист А1

Стопорне кільце – 1 лист А1

Фланець домкрата – 1 лист А1

Зовнішній гвинт домкрату – 1 лист А1

План дільниці – 2 листа А1

[illegible][illegible]

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Автомобілів

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«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 Тхору Назарію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Проект ремонтної ділянки для відновлення деталей ходової частини вантажних автомобілів FORD Trucks 2533 LR з дослідження впливу чистоти мастильного матеріалу на зносостійкість та довговічність деталей трибоспрямижень*

Керівник роботи Слободян Л.М., к.т.н., доцент

(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 22 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи *Технічна документація на ходову частину та експлуатаційні рідини (мастильні матеріали) вантажних автомобілів FORD Trucks 2533 LR. Результати дефектування деталей ходової частини в умовах СТО та статистичні дані щодо характеру їх відмовлень і зношування.*

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)

Схема розбирання ведучого мосту автомобіля – 1 лист А1

Карті ескізів – 1 лист А1

Напіввісь ведучого мосту автомобіля - 2 листа А1

Прийом для піддомкращування ведучих мостів автомобілів – 1 лист А1

Домкрат гвинтовий – 1 лист А1

Прийом для піддомкращування ведучих мостів автомобілів – 1 лист А1

Схема розбирання ведучого мосту автомобіля – 1 лист А1

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 14.11.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.11.2025	
2	Технологічний розділ	22.11.2025	
3	Конструкторський розділ	29.11.2025	
4	Науково-дослідний розділ	6.12.2025	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2025	
6	Оформлення графічної частини	19.12.2025	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	23.12.2025	

Студент

(підпис)

Назарій ТХІР

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Любомир СЛОБОДЯН

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній (магістерській) роботі розглянуто підвищення ремонтпридатності та ресурсу вантажних автомобілів FORD Trucks 2533 LR шляхом удосконалення ремонтно-відновлювальних робіт для вузлів ходової частини і трансмісії з акцентом на напівосі ведучого моста. У роботі виконано аналіз причин пошкодження напівосей, розроблено технологію їх відновлення дуговим наплавленням у захисних газах із подальшою фінішною механічною обробкою, спроектовано ремонтну діляницю та наведено оцінку ефективності впровадження запропонованих рішень.

У технологічній частині обґрунтовано необхідність раціональної послідовності операцій під час відновлення та зміцнення напівосей, що дозволяє забезпечити відповідність відновленої деталі технічним вимогам і стабільність її геометричних та фізико-механічних параметрів протягом ресурсу експлуатації.

Розглянуто застосування спеціального пристосування для правки напівосей; наведено матеріали виконання силових елементів (сталь 45 з гартуванням до HRC 40...45, втулки — 40X з цементациєю) та очікуваний ефект — зниження трудомісткості правки на 25...30% і підвищення геометричної точності.

У науково-дослідному розділі показано роль чистоти мастильного матеріалу як одного з критичних факторів ресурсу вузлів тертя: забруднення твердими частинками інтенсифікує абразивне зношування, провокує локальні перевантаження в підшипниках і прискорює втомні руйнування.

Практична значущість роботи полягає у можливості впровадження розробленої технології та організації ремонтної ділянки на АТП і СТО для підвищення технічної готовності парку, зменшення простоїв і витрат на відновлення деталей.

ЗМІСТ

РЕФРАТ	1
ЗМІСТ	2
ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	6
1.1 Характеристика вантажного автомобіля FORD Trucks 2533 LR та умов його експлуатації	6
1.2 Характер основних зношувань деталей ходової частини вантажного автомобіля FORD Trucks 2533 LR	8
1.3 Аналіз деталей ходової частини, що найчастіше піддаються зношуванню	9
1.4 Методика діагностування стану деталей ходової частини	10
1.5 Технологія ремонтно-відновлювальних робіт	11
1.6 Навантаження, що діють на напівосі в реальних умовах експлуатації	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Конструктивно-технологічний аналіз ведучого заднього моста автомобіля	15
2.2 Обґрунтування вибору способу відновлення напівосей ведучого заднього моста	19
2.3 Розробка технологічного маршруту відновлення напівосей ведучого заднього моста	21
2.4 Комплекс технічних умов на відновлення півосей ведучих мостів	26
2.5 Критерії вибору раціонального способу відновлення деталі та його обґрунтування	28
2.6 Структурна послідовність реалізації вдосконаленого технологічного процесу для відновлення півосей ведучих мостів	36
2.7 Вибір необхідного технологічного обладнання, устаткування та	

вимірювального і контрольного інструментів.	37
2.8 Порядок аналітичного розрахунку та вибору основних елементів режимів виконання технологічних операцій по відновленню півосей ведучих мостів автомобілів	42
2.9 Розрахунок складових норм часу для виконання технологічних операцій вдосконаленого технологічного процесу відновлення півосей ведучих мостів автомобілів FORD Trucks 2533 LR .	49
2.10 Визначення площ виробничих приміщень	50
2.11.1 Дільниця для збирально-мийних робіт	58
2.11.2 Дільниця для приймання та видачі деталей	59
2.11.3 Дефектувальна дільниця	60
2.11.4 Дільниця наплавлення напівосей	61
2.11.5 Дільниця механічної обробки напівосей	61
2.11.6 Контрольно-випробувальна дільниця	62
2.11.7 Узагальнення розрахунків площ виробничих дільниць	63
2.11.8 План розміщення обладнання	64
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	66
3.1. Вибір та функціональне призначення пристосувань. Конструкції та принцип роботи	66
3.2 Принцип роботи пристосування для піддомкращування ведучих мостів	66
3.3 Розрахунок силових параметрів проектної конструкції гвинтового домкрата	68
3.4 Пристосування для контролю шліців напівосей після наплавлення та механічної обробки	77
3.5 Пристосування для правки напівосей при наявності прогину	81
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	84
4.1 Вплив забруднення мастила на зношування і довговічність вузлів тертя автомобілів	84

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	101
5.1 Визначення рівня шуму та заходи для його зниження	101
5.2 Вибір і розрахунок віброізоляторів для встановлення обладнання на СТО	102
5.3 Оцінка стійкості ремонтної ділянки при надзвичайних ситуаціях	109
5.3.1 Оцінка захисту робітників і службовців	110
5.3.2 Оцінка стійкості ремонтної ділянки до впливу ударної хвилі	112
5.3.3 Оцінка стійкості ремонтної ділянки до впливу світлового опромінення	113
5.3.4 Оцінка стійкості ремонтної ділянки до дії проникаючої радіації та радіоактивного зараження	113
ВИСНОВКИ	117
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	118

ВСТУП

Одним із найважливіших напрямів розвитку автомобільного транспорту є підвищення технічної надійності й ресурсу транспортних засобів при забезпеченні економічності їх експлуатації. Ведучий міст і його складові, зокрема напівосі, працюють у складних силових і трибологічних умовах, що спричиняє інтенсивне зношування, появу втомних дефектів та відмови під час експлуатації.

Вартість нових деталей для вантажних автомобілів є значною, а строки їх постачання часто обмежують ритмічність транспортного процесу. Таким чином, відновлення напівосей є технічно обґрунтованим і економічно вигідним заходом, що дозволяє зменшити витрати на обслуговування техніки та скоротити терміни простою автомобілів у ремонті.

У дипломній роботі проведено аналіз причин пошкодження напівосей, розроблено технологію їх відновлення методом дугового наплавлення у захисних газах із фінішною механічною обробкою, спроектовано ремонтну діляницю та виконано оцінку ефективності її впровадження.

Результати проєкту можуть бути впроваджені на автотранспортних підприємствах та станціях технічного обслуговування вантажних автомобілів для підвищення їх ремонтної придатності, економічності експлуатації та технічної готовності парку.

1.ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика вантажного автомобіля FORD Trucks 2533 LR та умов його експлуатації

Вантажний автомобіль FORD Trucks 2533 LR належить до класу тривісних дорожніх автомобілів колісної формули 6×2 з малою висотою рами (Lowliner), призначених для перевезення великотоннажних вантажів на магістральних та змішаних маршрутах. Повна маса автомобіля становить близько 25–26 т, власна маса — орієнтовно 8,5–9,0 т, що забезпечує технічну вантажопідйомність на рівні 15–17 т залежно від конкретної надбудови.

Автомобіль побудований на шасі серії Ford Cargo / F-LINE з низькою рамою, що дозволяє встановлювати різні спеціальні надбудови (ізоtermічні та рефрижераторні фургони, тентовані платформи тощо) при збереженні прийнятної висоти завантаження. Колісна база шасі становить 4750 мм, загальна довжина близько 9,8 м, ширина – 2,54 м, висота – близько 3,1 м, що відповідає типажу сучасних магістральних вантажних автомобілів європейського класу.

Силова установка представлена дизельним двигуном Ecotorq 9.0 робочим об'ємом 9 л, потужністю близько 330 к.с. (≈243 кВт) та максимальним крутним моментом порядку 1300 Н·м, що відповідає екологічним нормам EURO VI. Двигун працює в парі з механічною 9-ступеневою (9+1) коробкою передач, обладнаний системою паливоподачі з оптимізованим впорскуванням та фіксованим геометричним турбокомпресором, що забезпечує високу паливну економічність та стабільні тягові характеристики у всьому діапазоні частот обертання колінчастого вала. Шасі має передню керовану вісь та дві задні осі, з яких лише одна є ведучою, а третя — підтримувальна (підкатна). Така компоновка 6×2 дозволяє поєднати високу вантажопідйомність з відносно низькими експлуатаційними витратами на паливо та гуму. Передня підвіска, як правило, ресорного типу, задня — пневматична або комбінована пневморесорна, що забезпечує достатню

плавність ходу, стабільність руху на високих швидкостях і зниження динамічних навантажень на елементи ходової частини й вантаж.

Гальмівна система – пневматична, з дисковими гальмами на всіх колесах, обладнана системами ABS, ESP, системою контролю стійкості та допомоги при рушанні на підйомі (у різних комплектаціях). Наявність електронних систем активної безпеки зменшує ймовірність аварійних ситуацій, однак не виключає високого навантаження на вузли підвіски, рульового керування, маточинні підшипники та елементи трансмісії, особливо при інтенсивній експлуатації в міських умовах з частими гальмуваннями.

Паливний бак ємністю близько 550 л у поєднанні з баком реагенту SCR (AdBlue) об'ємом 70–80 л забезпечує значний запас ходу та відповідає сучасним вимогам щодо обмеження викидів оксидів азоту за рахунок системи селективної каталітичної нейтралізації (SCR).

З погляду організації технічної експлуатації важливими є наступні особливості моделі FORD Trucks 2533 LR:

Автомобіль використовується на далеких та середніх перевезеннях, часто з високою середньою швидкістю руху й тривалим безперервним навантаженням вузлів ходової частини та трансмісії.

Окрім автомагістралей, автомобілі 2533 LR працюють на під'їзних шляхах до будівельних майданчиків, логістичних терміналів, промислових зон, де дорожнє покриття часто пошкоджене, забруднене пилом, піском та будівельним сміттям.

Робота біля кар'єрів, асфальтобетонних заводів, цементних терміналів супроводжується інтенсивним потраплянням абразивних частинок у зони ущільнень та системи мащення.

Для умов України експлуатація характерна в діапазоні температур від –25...–30 °С взимку до +30...+35 °С влітку, що впливає на вибір класу в'язкості мастильних матеріалів та режим їх зміни.

Перелічені особливості режимів експлуатації безпосередньо позначаються на інтенсивності зношування деталей трибоспряджень ходової

частини. Під впливом забрудненого дорожнього середовища та вібрацій у мастильні системи потрапляють пилові та металеві частинки, які: прискорюють абразивне зношування підшипників маточин, шарнірів підвіски, елементів карданної передачі, погіршують умови гідродинамічного й граничного мащення, сприяють розвитку контактної втоми та появі втомних тріщин на поверхнях кочення й ковзання.

Таким чином, конструктивні та експлуатаційні особливості вантажного автомобіля FORD Trucks 2533 LR зумовлюють високі вимоги до організації технічного обслуговування і ремонтного відновлення його ходових вузлів, а також до контролю чистоти мастильних матеріалів, що й визначає актуальність теми створення спеціалізованої ремонтної дільниці та проведення трибологічних досліджень у даній дипломній роботі

1.2 Характер основних зношувань деталей ходової частини вантажного автомобіля FORD Trucks 2533 LR

Деталі ходової частини вантажного автомобіля FORD Trucks 2533 LR працюють у складних експлуатаційних умовах, що супроводжуються дією змінних навантажень, вібрацій та негативного впливу зовнішнього середовища. На стан елементів підвіски, напрямних, кріплень та опор суттєво впливають дорожні нерівності, перевантаження транспортного засобу, наявність пилу та вологи, а також режимний фактор інтенсивності руху. З плином часу це призводить до поступового збільшення люфтів у з'єднаннях, появи стороннього шуму та перевищення допустимих зазорів у спряженнях.

Найбільш поширеним видом відмови деталей ходової частини є їх поступове стирання внаслідок багаторазового прикладання навантаження в умовах зміни напрямку та амплітуди деформацій. Порушення геометричних параметрів втулок, сайлентблоків, підшипникових вузлів та кріпильних елементів спричиняє нерівномірний розподіл навантаження на підвіску та маточинні вузли, що може викликати погіршення стійкості автомобіля на

дорозі, підвищене нагрівання деталей, збільшення опору коченню та перевитрату палива.

Окрему групу причин пошкоджень становить корозійне ураження поверхонь, яке виникає під впливом вологи, хімічних реагентів дорожньої мережі, перепадів температур та порушення герметичності захисних кожухів. Внаслідок цього зменшується міцність матеріалу окремих деталей, особливо у місцях ослаблення перерізу та з'єднань, що надалі може спричинити тріщиноутворення та аварійне руйнування елементів.

Також слід зазначити, що підвищені навантаження на осі та підшипникові вузли під час різких поворотів, гальмувань і руху поверхнями зі значними ухилами провокують втомне накопичення пошкоджень, зниження жорсткості й пружних властивостей металу, що виявляється у зміні положення коліс щодо рами автомобіля та зниженні ресурсу шин. У комплексі ці фактори обумовлюють необхідність регулярного технічного контролю стану ходової частини, забезпечення належного мастильного обслуговування та своєчасного проведення ремонтно-відновлювальних заходів для підтримання безпечної та ефективної експлуатації вантажних автомобілів FORD Trucks 2533 LR.

1.3 Аналіз деталей ходової частини, що найчастіше піддаються зношуванню

У ходовій частині вантажних автомобілів FORD Trucks 2533 LR найбільш вразливими є вузли, які працюють у режимах змінних навантажень та постійної взаємодії з дорожнім середовищем. За статистикою технічного обслуговування найбільш типовими є зношування: підшипників маточин коліс, шарнірів та втулок підвіски, елементів карданної передачі (хрестовин і шліцьових з'єднань), амортизаторів і опор стабілізатора, гумометалевих шарнірів ресорних підвісок.

Знос цих деталей призводить до зниження плавності ходу, погіршення керованості та стійкості автомобіля на дорозі, а також до збільшення навантажень на раму й інші несучі елементи.

Таблиця 1.3 — Основні деталі ходової частини, що зазнають зношування

Деталь / Вузол	Основні причини зношування	Ознаки технічного стану, що погіршується
Підшипники маточин коліс	Ударні й радіальні навантаження, сторонні частинки, порушення мастила	Сторонній шум, перегрів, люфт, вібрації
Шарніри підвіски і рульового керування	Забруднення, агресивні реагенти, ударні деформації	Збільшення зазорів, скрипи, відхилення розвалу-сходження
Хрестовини карданного вала	Ударні навантаження, недостатність мастила	Стук, ривки при русі, вібрація трансмісії
Втулки ресорних підвісок	Перевантаження, корозія, абразивні частинки	Порушення пружних властивостей, зміщення мостів
Опори стабілізатора	Сухе тертя, мікропереміщення	Погіршення стійкості на поворотах, шум

1.4 Методика діагностування стану деталей ходової частини

Для забезпечення надійності та запобігання раптовим відмовам застосовують комплексну методику діагностування, яка включає: візуальний контроль (тріснуті кожухи, витікання мастила, корозія), контроль люфтів у підшипниках, шарнірах і кріпленнях з використанням індикаторів, діагностику вібрацій та шумів на різних режимах роботи, контроль геометрії установки коліс на стендах, перевірку температурного режиму підшипників і вузлів кочення, аналіз мастильного матеріалу на наявність абразивних частинок.

Накопичення ознак відхилення технічного стану є підставою для планового відновлення або заміни деталей на ремонтній дільниці.

Таблиця 1.4 — Методи діагностування та оцінка технічного стану деталей

Контрольовани й вузол	Метод діагностики	Інструменти	Критерій несправності
Підшипники маточин	Перевірка люфту, температури , шумів	Індикатор, термопіромет р	Перевищення допустимого осьового/радіального люфту
Шарніри підвіски	Деформації, зазори	Монтажні лопатки	Збільшення зазорів понад норму
Хрестовини кардана	Аналіз вібрацій та опору обертанню	Динамометр, стетоскоп	Стуки, ривки на холостому ході
Втулки ресорних підвісок	Візуальний огляд, деформації	Підйомник, домкрат	Руйнування гуми, люфт
Амортизатори	Перевірка демпфування	Стенд амортизаторів	Перевищення нерівномірності гасіння коливань

1.5 Технологія ремонтно-відновлювальних робіт

Метою відновлення є повернення деталей до працездатного стану зі збереженням або покращенням ресурсу. На ремонтній ділянці застосовують такі технологічні процеси: заміна елементів підшипникового вузла з регулюванням під'ятників, відновлення посадкових поверхонь (напресування втулок, розточування), відновлення шарнірів із заміною зносостійких вставок, усунення люфтів підвіски шляхом запресування нових втулок, відновлення карданних з'єднань заміною хрестовин та шліцьових втулок, перевірка та відновлення амортизаторів з контролем демпфування.

Таблиця 1.5 — Технологія відновлення деталей ходової частини

Деталь	Основна операція відновлення	Очікуваний результат
Маточинний підшипниковий вузол	Регулювання зазору, заміна підшипників	Зниження шуму та вібрації
Шарніри керування	Заміна пальців і вкладишів	Відновлення керованості
Карданні валопроводи	Встановлення хрестовин нового типорозміру	Зниження динамічних навантажень
Втулки підвіски	Замінна і запресування	Підвищення стійкості в русі
Амортизатори	Контроль тиску, заміна ущільнень	Забезпечення плавності ходу

1.6 Навантаження, що діють на напівосі в реальних умовах експлуатації

У процесі експлуатації вантажного автомобіля напівось ведучого моста працює в умовах складного напруженого стану, який формується під впливом вертикальних сил, крутного моменту, динамічних ударних навантажень, корозійно-абразивного впливу зовнішнього середовища та температурних змін. Сумарна дія зазначених факторів зумовлює інтенсивне втомне руйнування та зношування робочих поверхонь, що визначає ресурс і надійність деталі.

Вертикальні навантаження виникають унаслідок передачі на вісь автомобіля сил ваги транспортного засобу та вантажу, що перевозиться, а також дії дорожнього профілю під час руху. У реальних умовах експлуатації вони мають непостійний характер і супроводжуються різкими перепадами величини, що спричиняє циклічні згинальні напруження в напівосі. Це призводить до її поступового прогину, збільшення радіального биття та нерівномірного контакту шліцевого зачеплення. Накопичення деформацій спричиняє локальні перенавантаження та прискорене зародження втомних тріщин у зоні перехідних радіусів.

Крутний момент формується під час передавання тягового зусилля від трансмісії до ведучих коліс і залежить від сили зчеплення колеса з опорною поверхнею. Різке зростання моменту, що характерне при рушанні з місця, буксуванні, подоланні підйомів або при повному завантаженні автомобіля, викликає періодичне перевищення допустимих рівнів напружень кручення. В умовах роботи на нерівних поверхнях до крутного моменту додаються згинальні складові, внаслідок чого напівось фактично працює на складне згинально-крутне навантаження, що є найбільш небезпечним з погляду втомної міцності.

Динамічні та ударні навантаження виникають при наїзді коліс на перешкоди, під час гальмування, буксування та різкій зміні швидкості обертання коліс. Такі навантаження носять імпульсний характер та нерідко перевищують розрахункові статичні значення у 2–3 рази. Ударні дії викликають локальні перевантаження шліцевого зачеплення та підшипникових посадок, сприяють викришуванню, появі задірів і мікропластичних деформацій поверхневого шару, що у подальшому призводить до руйнування напівосі за втомою.

Корозійно-абразивний вплив пов'язаний із проникненням в область контакту шліців і підшипникових шийок пилу, піску, води й агресивних середовищ, особливо під час експлуатації в ґрунтових умовах. Присутність твердих частинок у мастильному середовищі спричиняє інтенсивне абразивне зношування поверхонь, прискорює розвиток корозійних процесів та сприяє формуванню глибоких мікроуцільнень, що виступають концентраторами напружень. У таких умовах експлуатаційна стійкість шліцевих з'єднань знижується на 25–40 %.

Температурні чинники проявляються в результаті нагрівання підшипникових вузлів та елементів трансмісії під час тривалої роботи автомобіля під навантаженням, а також при різких перепадах температур навколишнього середовища. Підвищений тепловий вплив змінює фізико-механічні властивості металу, знижує межу витривалості, сприяє зародженню

тріщин у наплавлених шарах та порушенню адгезійних зв'язків між відновленим і основним металом.

Отже, одночасний вплив зазначених навантажень формує складний напружено-деформований стан напівосі, що обумовлює поступову деградацію її поверхневих і внутрішніх структур. Здатність деталі витримувати такі комбінації навантажень без втрати працездатності в значній мірі визначає її ресурс і необхідність застосування сучасних методів відновлення для продовження експлуатаційної довговічності.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Конструктивно-технологічний аналіз ведучого заднього моста автомобіля

Ведучий задній міст автомобіля являє собою силовий агрегат, що забезпечує перетворення та передавання крутного моменту від трансмісії до ведучих коліс, а також сприймає вертикальні, осьові та радіальні навантаження, які виникають у процесі руху транспортного засобу. Картер моста виконаний у вигляді литої балки з двома трубчастими кожухами напівосей, запресованими в опорні вушка корпусу. Таке компонування забезпечує можливість передавання крутного моменту при одночасному сприйнятті навантажень від маси автомобіля, що становить у снаряженому стані, згідно технічної характеристики, близько 9000 кг. Відповідно половина навантаження передається на задній візок моста, що формує статичне вертикальне навантаження на одну напіввісь близько 2200...2500 кг. З урахуванням динамічних факторів та коефіцієнта перевантаження 1,6 розрахункове згинальне навантаження на одну напіввісь може сягати 3500...4000 кг, що свідчить про інтенсивний силовий режим роботи деталі.

Передавання крутного моменту здійснюється через подвійний редуктор головної передачі з передавальним числом 7,32. У процесі експлуатації максимальний крутний момент на півосі може досягати 12...15 кН·м у режимі рушання або роботи на знижених передачах, що створює високі питомі напруження зсуву в зоні шліцьового спряження. Для забезпечення необхідної втомної міцності напівосі виготовляються зі сталі 40Х і піддаються термічній обробці: гартування до твердості поверхневого шару HRC 44...50 при забезпеченні в'язкої серцевини. Це дозволяє суміщати високу зносостійкість зі здатністю сприймати ударні імпульсні навантаження.

Шліцьове з'єднання напівосі з маточиною забезпечує передачу крутного моменту та допускає мікропереміщення при деформації балки моста. В

умовах змішаного тертя, а також при наявності часток абразиву в мастильному матеріалі відбувається інтенсивне збільшення бічного зазору між шліцами, що призводить до нерівномірного передавання моменту, зростання вібрацій та шуму. У той же час дорожні удари та крутильні коливання сприяють появі залишкових деформацій вигину напівосі, що проявляється у величині биття на кінці деталі, яке не повинно перевищувати 0,2 мм за нормами технічної експлуатації. При перевищенні цього значення виникає ризик руйнування підшипників та появи втомних тріщин у зоні концентраторів напружень.

Важливим елементом є роликові підшипники ступичного вузла, які працюють при частоті обертання коліс до $1200...1500 \text{ хв}^{-1}$ у контакті зі значними радіальними навантаженнями. За умов порушення мастильного режиму виникають ознаки контактної втоми — пітинг на доріжках кочення, що прискорює зношування напівосі через зміну рівня жорсткості підтримки.

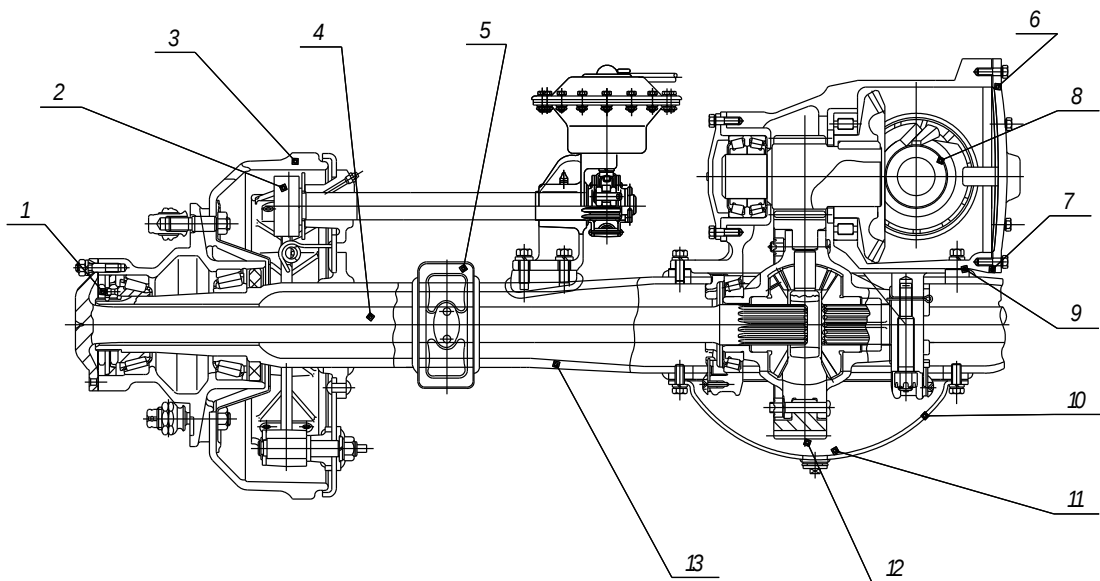


Рисунок 2.1. Загальний вигляд та будова ведучого заднього моста

1-манжеты підведення повітря; 2-циліндр колісний; 3-барабан гальмівний; 4-напіввісь; 5-кронштейн ресори опірний; 6-кришка картера; 7,9-прокладки; 8-передача головна; 10-картер мосту; 11-пробка зливна; 12-пробка контрольна; 13-кожух напівосі.

Таким чином, проведений аналіз конструкції та умов роботи ведучого заднього моста дозволяє стверджувати, що напівось є найбільш навантаженою та відповідальною деталлю, ресурсообмеження якої суттєво впливає на надійність усієї трансмісії. Висока вартість нових напівосей, складність їх виготовлення та інтенсивне зношування спонукають до впровадження на ремонтних ділянках раціональних технологій відновлення, здатних гарантувати значну економію при забезпеченні відновленого ресурсу, еквівалентного заводському.

Серед широкого спектра можливих відхилень у технічному стані елементів машин найпоширенішим і практично неминучим дефектом є процес зношування. Однак зношування не є єдиним видом пошкоджень: значна кількість дефектів формується під впливом зовнішніх силових навантажень, технологічних похибок виготовлення, залишкових внутрішніх напружень у матеріалі, а також агресивності середовища, у якому функціонує деталь. З метою систематизації всі дефекти класифікують за фізичною природою їх виникнення, механізмами розвитку та факторами, що їх зумовлюють, що забезпечує науково обґрунтовану оцінку технічного стану деталей під час експлуатації.

Особливої уваги потребує група дефектів, пов'язаних із залишковими внутрішніми напруженнями, що формуються в процесі лиття, термічної та механічної обробки. У період експлуатації машин відбувається природна релаксація цих напружень, яка поєднується з дією робочих навантажень. Суперпозиція внутрішніх і зовнішніх напружень здатна викликати помітні деформації, що призводять до зміни геометрії базових корпусних деталей — картерів, блоків циліндрів, литих корпусів редукторів та інших відповідальних елементів. Такі деформації поступово знижують точність взаємного розташування поверхонь, порушують центрування та співвісність, що безпосередньо впливає на ресурс і надійність агрегатів.

Процедура дефектування є невід'ємною частиною технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту машин, оскільки саме вона

забезпечує об'єктивну оцінку технічного стану деталей, вузлів та агрегатів для прийняття обґрунтованого рішення щодо їх подальшого використання. Дефектування здійснюють виключно на основі вимог чинних технічних умов, нормативно-технічної документації та інструкцій виробника. Під час контролю застосовуються високоточні контрольно-вимірювальні інструменти, калібри, індикаторні та оптичні прилади, спеціалізовані стенди й пристосування.

Процес дефектування має чітко визначену послідовність. На першому етапі перевіряють вибраковувальні ознаки, тобто дефекти, наявність яких автоматично робить деталь непридатною до подальшої експлуатації або ремонту. Виявлення хоча б одного такого дефекту є підставою для припинення подальших вимірювань та сортування деталі до утилізаційної групи. Якщо вибраковувальні ознаки відсутні, переходять до вимірювання інших параметрів: геометричних розмірів, шорсткості, відхилень форми, фізико-механічних характеристик матеріалу тощо.

Ступінь придатності деталі визначають шляхом порівняння вимірних параметрів у зонах найбільшого зношування з допустимими значеннями, наведеними у технічних умовах або ремонтних стандартах. На підставі отриманих результатів здійснюють сортування деталей на три основні групи: деталі, придатні до подальшого використання; деталі, що підлягають відновленню; деталі, що підлягають списанню.

Дефектування проводять на спеціально обладнаних робочих місцях, де зосереджені вимірювальні прилади, оснащення та інструменти, необхідні для виконання повного циклу контролю. Технологічний процес здійснюється кваліфікованими фахівцями-дефектувальниками згідно з технологічними картами, у яких регламентовані методи контролю, допустимі відхилення та послідовність операцій. Правильно організоване дефектування забезпечує підвищення достовірності оцінки стану деталей, зниження витрат на ремонт та збільшення ресурсу машин після відновлення.

Характеристики основних видів зношування поверхонь деталей та

факторів, які впливають на їх появу приведені нижче.

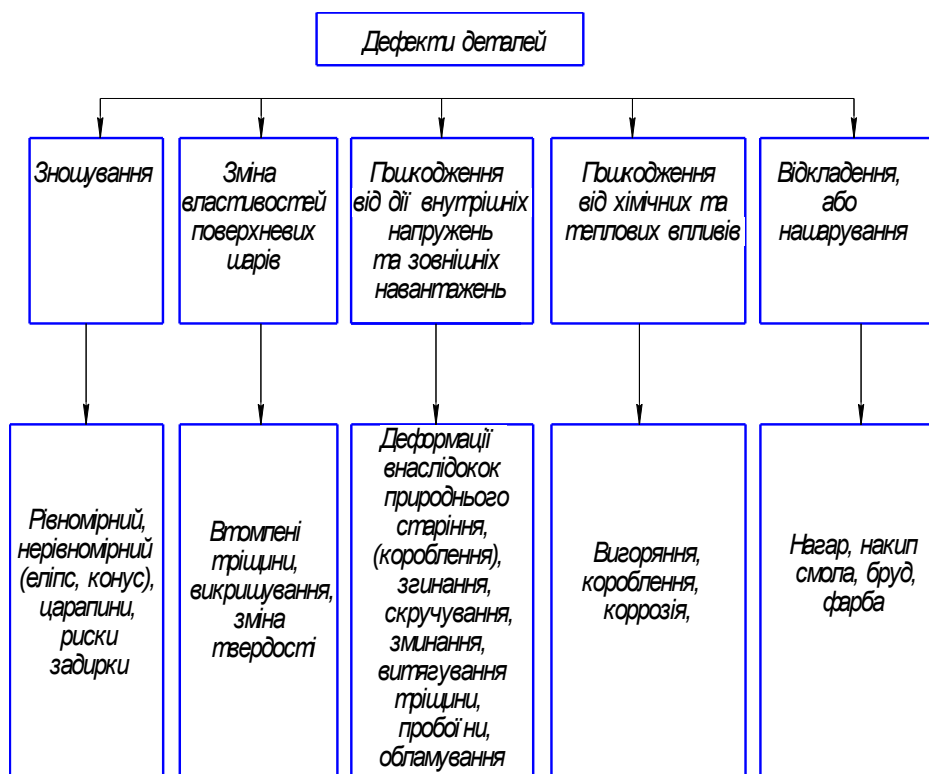


Рисунок 2.2 – Технологічна карта дефектування деталі

2.2 Обґрунтування вибору способу відновлення напівосей ведучого заднього моста

Результати аналізу причин і характеру зношування напівосей засвідчують, що найбільш інтенсивні пошкодження виникають у зоні шліцьового спряження та на шийках, що працюють у контакті з роликowymi підшипниками. В цих ділянках відбувається зниження діаметра, втрата точності геометрії, поява слідів контактної втоми, мікротріщин та загартованого наклепаного шару з порушеною структурою. Зростання бічного зазору в шліцьовому з'єднанні понад 0,10...0,15 мм спричиняє нерівномірний розподіл крутного моменту, підвищення ударних навантажень і виникнення вібрацій. Перевищення величини радіального биття кінця напівосі понад 0,2 мм є ознакою залишкових деформацій вигину, що в подальшому призводить до руйнування в зоні максимальних розтягальних напружень.

Виходячи із конструктивних особливостей деталі, її матеріалу (сталь 40Х), умов роботи та вимог до експлуатаційної надійності, доцільним є застосування технології дугового наплавлення в середовищі захисних газів з подальшою механічною обробкою. Цей метод забезпечує відновлення номінальних розмірів поверхонь при одночасному зміцненні робочого шару. Наплавлений метал має бути за своїми механічними властивостями, зокрема твердістю та втомною міцністю, не нижчим за властивості основного металу, що досягається підбором дроту марок Св-08ХГСН або подібних за призначенням із твердістю наплавленого металу 45...52 HRC після поверхневого зміцнення.

Застосування методу газотермічного напилення або установа перехідних втулок не забезпечує належного опору ударним навантаженням і моментним деформаціям, оскільки ці способи формують шар з пониженою міжзеренною міцністю або створюють додаткові концентратори напружень у зоні стику. Заміна напівосей на нові економічно недоцільна, оскільки вартість нової деталі складає близько 8–12 % від вартості ведучого моста, тоді як відновлення дозволяє знизити витрати у 2,5...3 рази при забезпеченні ресурсу, що досягає 0,8...0,95 ресурсу нової деталі.

За даними технологічної практики ремонтних підприємств середня товщина зношення шліцьової частини становить 0,3...0,6 мм на сторону, а припуск на наплавлення з урахуванням остаточної механічної обробки приймається рівним 1,5...2,0 мм. Такий припуск забезпечує усунення дефектного поверхневого шару і можливість формування нової геометрії шліців з точністю розміру по 8...9 квалітету. Для стабілізації властивостей наплавленого шару перед шліфуванням доцільно застосовувати поверхневе гартування струмами високої частоти до твердості 48...55 HRC, що збільшує довговічність на 20...30 % відносно ненагартованих поверхонь.

Таким чином, на основі техніко-економічного порівняння різних способів ремонту та аналізу навантаженості деталі обрано раціональний спосіб відновлення напівосей ведучого заднього моста шляхом дугового

наплавлення із застосуванням легованого дроту з подальшою механічною обробкою, який забезпечує необхідну точність, твердість і втомну міцність робочих поверхонь.

2.3 Розробка технологічного маршруту відновлення напівосей ведучого заднього моста

Відновлення напівосей згідно проведеного аналізу передбачає комплекс операцій, спрямованих на усунення дефектів поверхні шліцьової частини та шийок підшипникових опор, з поверненням геометричних та фізико-механічних характеристик до нормативних значень. Після зовнішнього очищення піввісь піддається повному дефектуванню. Контроль прямолінійності проводиться за величиною биття кінця деталі в центрах. Максимально допустиме биття визначається залежністю:

$$f_{\text{доп}} \leq 0,2 \text{ мм}$$

При перевищенні значення, обчислюється необхідна сила правки

$$F_{\text{пр}} = \frac{E \cdot I \cdot f}{l^3 \cdot 0,1047}$$

Де E – модуль пружності сталі 40Х, $2,1 \cdot 10^5$ МПа;

I – осьовий момент інерції ділянки;

f – величина прогину;

l – довжина напівосі між опорами.

У розвантаженої півосі ступиця кріпиться на кожусі піввісі на двох конічних підшипниках 2 (рис 2.3 в), та згинальні моменти від усіх трьох сил через ці підшипники передаються на ведучий міст ; піввісь навантажена лише крутним моментом. Розвантажені напівосі встановлюються на усіх вантажних автомобілях та на більшості легкових автомобілів високої прохідності. Привідні вали передніх ведучих коліс виконують, як правило, розвантаженими.

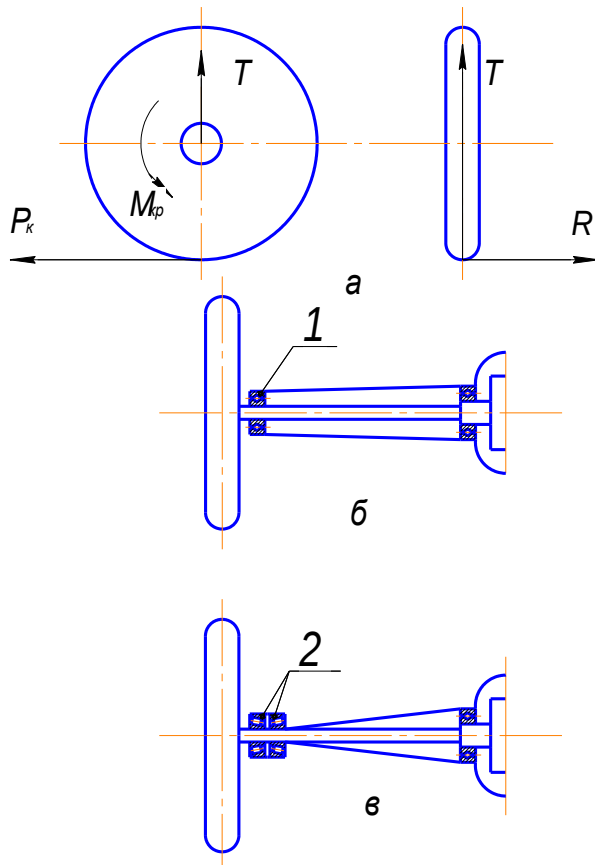


Рисунок 2.3 - Схеми розміщення напівосей.

а – схема сил діючих на ведуче колесо автомобіля; б – напіврозвантажена піввісь; в – розвантажена піввісь.

Після усунення деформацій проводиться токарне обточування шліцьової частини та шийок до ремонтного розміру:

$$D_{\text{рем}} = D_{\text{ном}} - (2z_{\text{спр}}) - z_{\text{стр}}$$

Де $D_{\text{ном}}$ – номінальний діаметр;

$z_{\text{спр}}$ – величина зношення;

$z_{\text{стр}}$ – дефектний поверхневий шар (0,3...0,8 мм).

Таблиця 2.1 – Розрахунок підготовчих припусків під наплавлення

Ділянка	Номінальний діаметр, мм	Вимірний, мм	Видалення дефектного шару, мм	Припуск на напавлення, мм
Шліцьова частина	48	46,7	0,8	1,8
Шийка під підшипник	52	50,9	0,6	1,5

Підготовлена поверхня підлягає дуговому напавленню у середовищі М21 (Ar+CO₂) дротом Св-08ХГСН. Температура деталі не повинна перевищувати 250 °С. Ширина валика напавлення b=8...10 мм. Кількість проходів визначається:

$$n = \frac{h_{\text{напл}}}{h_{\text{вал}}}$$

де $h_{\text{напл}}$ — загальна товщина напавленого шару;

$h_{\text{вал}}$ — товщина одного валика (0,7...1,0 мм).

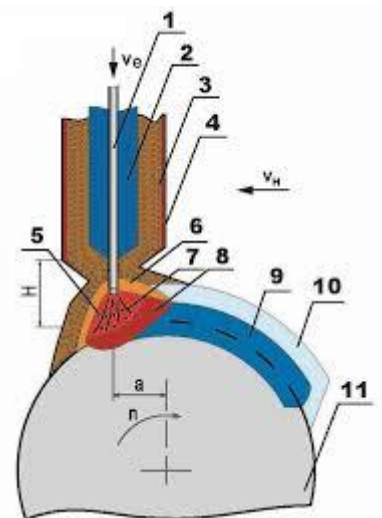


Рисунок 2.4 — Схема напавлення шліцьової частини півосі

1 — зварювальний (наповнювальний) дріт, 2 — напрям подачі дроту, 3 — струмопідвідний мундштук, 4 — сопло подачі захисного газу, 5 — захисний газ, 6 — зварювальна (наплавлювальна) ванна, 7 — дуга (зона теплового впливу), 8 — напавлений метал (покриття), 9 — попередній напавлений шар, 10 — зона охолодження шару, 11 — основний метал деталі (напіввісь)

Після наплавлення виконується низькотемпературний відпуск при 180...200 °С (1,5...2 год), що забезпечує стабілізацію структури. Профіль шліців формується шпонковим фрезеруванням або протягуванням. Остаточне зміцнення до твердості 48...55 HRC досягається гартуванням струмами високої частоти:

$$H_{\text{потр}} \geq H_{\text{ном}} = 48 \text{ HRC}$$

Після шліфування остаточне радіальне биття контролюється індикаторним методом:

$$f_{\text{кінц}} \leq 0,1 \text{ мм}$$

Заключний контроль проводиться згідно технічних умов.

Таким чином, технологічний маршрут включає операції відновлення, які забезпечують геометричну точність та механічні властивості поверхонь на рівні заводських параметрів і дозволяють досягти ресурсу, що не нижчий за 0,8 ресурсу нової напівосі.

Таблиця 2.3 – Карта технологічного процесу дефектування півосей ведучих мостів автомобіля FORD Trucks 2533 LR

Назва дефекту деталі	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Висновки
Скручування та прогинання деталі по осі	Індикатор годинникового типу. Стенд для контролю.	Ремонт дефекту правкою, а при неможливості ремонту – бракувати деталь

Зношування поверхонь деталей шліцевих з'єднань	Мікрометр Штангенциркуль	Ремонт поверхні деталі методом наплавлення
Поверхневі тріщини півосі	Візуальний огляд. Збільшувана лупа.	Бракування деталей із заміною на нові.
Характерні риси та сліди від корозії на поверхнях деталей шліцевих з'єднань	Візуальний огляд. Збільшувана лупа	Ремонт притиранням до повного виведення рисок з поверхні можливим із подальшим відновленням поверхні
Зношування поверхонь посадкових місць під підшипники	Візуальний огляд. Штангенциркуль. Мікрометр	Ремонт методом наплавлення

Загальна маршрутна схема відновлення наведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технологічний маршрут відновлення напівосей ведучого заднього моста

№ операції	Найменування операції	Обладнання та оснащення	Технічні вимоги	Метод контролю
10	Очищення та дефектування	Мийна машина високого тиску; вимірювальний інструмент; лупа; індикатор ІЧ-10	Повне видалення забруднень; виявлення дефектів поверхні	Візуальний контроль; вимірювання биття
20	Правка напівосі	Прес трьохопорний 100 кН; призми	Биття кінця $\leq 0,2$ мм	Індикатор ІЧ-10

3 0	Попереднє точіння	Токарний верстат 16K20; патрон/центри	Зняття дефектного шару 0,3...0,8 мм; Ra 3,2–6,3 мкм	Штангенінструмент; шаблон
4 0	Підготовка поверхні під наплавлення	Той самий верстат	Забезпечення припуску 1,5...2,0 мм на сторону	Мікрометр; контроль діаметра
5 0	Наплавлення ремонтного шару	Напівавтомат ПДГ-508; дріт Св-08ХГСН; середовище Ar+CO ₂	Температура ≤ 250 °C; рівномірність валиків	Візуально; пірометр
6 0	Низькотемпературний відпуск (ТО)	Термопід електрична	180–200 °C, витримка 1,5–2 год	Термодатчик; протокол ТО
7 0	Фінішна механічна обробка	Шліцьофрезерний верстат; шліфувальний верстат	Биття $\leq 0,1$ мм; точність профілю 8–9 квалітет	Індикатор; шаблон шліців; щупи
8 0	Контроль якості	Твердомір ТКМ; індикатори; калібри	Твердість HRC 48–55; геометрія в допусках	Неруйнівний контроль; вимірювання
9 0	Стендова перевірка	Випробувальний стенд	Відсутність вібрацій та люфтів	Пробний запуск моста

2.4 Комплекс технічних умов на відновлення півосей ведучих мостів

Технічні умови, що регламентують процес відновлення деталей, повинні

гарантувати надійну та довготривалу роботу плунжерів і інших елементів у відповідних трибологічних спряженнях. Під час розроблення та застосування таких умов враховують необхідну точність відновлювальних операцій, вимоги до геометричної стабільності поверхонь, характеристики твердості та зносостійкості робочих зон, а також допустимі відхилення взаємного розташування базових поверхонь, що забезпечують правильність роботи механізму після ремонту. . В таблиці 2.8 приведено основні параметри шліцевих з'єднань для відновлення півосей.

Таблиця 2.5 - Основні технічні параметри шліцевих з'єднань для відновлення півосей

№	Технічні параметри	Значення параметрів
1	Загальна кількість шліців, шт	16
2	Профіль робочої поверхні	евольвентний
3	Модуль зачеплення	3
4	Кут зачеплення зубів	20°
5	Розрахована оптимальна товщина зубів, мм	
	відносно дуги ділильного кола	6,17
6	відносно зачеплення	4-0
7	Висотна корекція зубчастого зачеплення	0,8
8	Визначений діаметр ділильного кола зубчастого колеса	48
9	Розрахована висота зуба, мм	4

1. Твердість матеріалу зубчастого колеса HB 415-341. Допускається величина похибки кроку шліців в межах 0,015 мм.

2. Торцеве биття поверхні фланця при контролі в центрах не більше 0,1 мм.

3. Зняття заусениць відносно площини роз'єму штампа.

4. Радіальне биття (чорнової) необробленої циліндричної поверхні не більше 1 мм.
5. Зняття заусениць із затупленням гострих кромek.
6. Контроль можливого розходження в розмірах шліців при встановленні даної деталі в центрах верстата не більше 0,3 мм.
7. Торцеве биття поверхні виміряне по крайніх точках у випадку встановлення даної деталі в центрах верстата не більше 1,0 мм.
8. При використанні конусного калібра для перевірки параметрів конусності відповідних отворів, його торцева поверхня і перпендикулярна поверхня отвору повинні співпадати. При цьому, величина розходження між даними поверхнями не повинна перевищувати $\pm 0,4$ мм.

2.5 Критерії вибору раціонального способу відновлення деталі та його обґрунтування

По зовнішньому вигляду процес анодно-механічної обробки схожий на кругле шліфування. Замість шліфувального кола інструментом є струмопровідний чавунний диск 1 (рис 2.5), який ізольований від станка. До диска підведений негативний полюс джерела постійного струму, а до деталі 3 – позитивний. Електричне замкнення протікає через робочу рідину 4, яка подається із сопла 2 в зазор між деталлю 3 та диском 1. При цьому, в результаті електричної дії на поверхні що обробляється утворюється анодна плівка. Ця плівка складається із частин аноду (деталі) та речовин, які виділяються в результаті розкладання робочої рідини. Плівка володіє порівняно великим електричним опором та механічною міцністю.

Шар плівки на виступах та впадинах поверхні має різну товщину. Струм що проходить концентрується на тих виступах, які покриті найбільш тонкою плівкою, тобто володіють найменшим опором. По мірі зменшення зазору між анодом та катодом точки на виступах на протязі вельми малих проміжків часу

досягають значних величин. В результаті цього виникають виділення великої кількості тепла, і при достатній напрузі настає пробиття міжелектродного простору. За час пробиття ділянка аноду, уражений іскровим розрядом, миттєво розплавлюється. В процесі протікання розряду увесь метал, що розплавлюється, під дією динамічних сил викидається з ураженої ділянки, і на поверхні анода утворюються лунки.

Розплавлені частки металу в момент іскрового розряду прагнуть переміститися до поверхні катоду. Зустрічаючи на своєму шляху рідке середовище, частинки остигають, приймаючи кулясту форму, а потім у вигляді іскри викидаються із робочої зони диском, що обертається. Лунки які утворюються на поверхні, заповнюються робочою рідиною і тим самим, ізолюючи окремі місця руйнування, виключають можливість злиття іскрових розрядів в загальний дуговий.

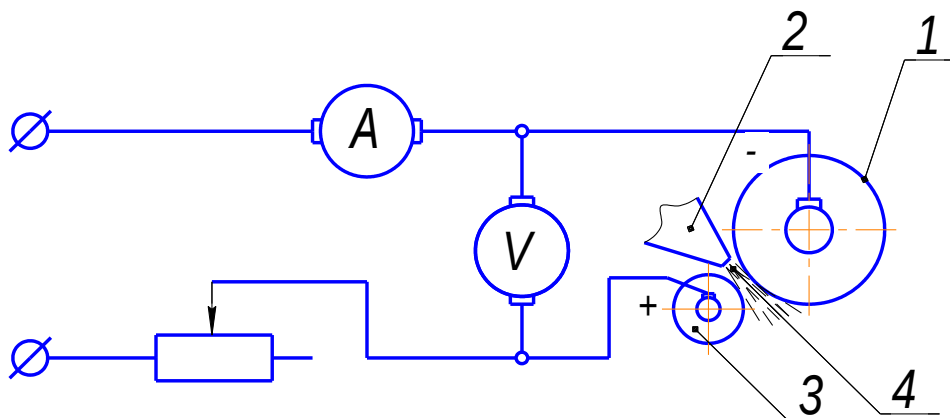


Рисунок 2.5 - Принципова схема роботи анодно-механічної установки.

1 струмопровідний чавунний диск; 2 – робоче сопло; 3 – оброблювана деталь; 4 – механізм подачі робочої рідини.

Руйнування поверхні анода під час анодно-механічної обробки відбувається одночасно на численних виступах, і на місці зруйнованих мікронерівностей одразу формуються нові. Таким чином забезпечується безперервне знімання металу з оброблюваної поверхні. Якість поверхні та

ступінь її чистоти, так само як і інтенсивність зношування робочого диска, визначаються режимами обробки та властивостями робочої рідини. Зміна напруги, сили струму та кутової швидкості диска дає змогу отримувати різні параметри шорсткості — від грубого обдирання до чистового доведення.

Для здійснення анодно-механічної обробки токарно-гвинторізні верстати переобладнують за спеціальною електричною схемою. Під час підготовки поверхні ділянки, що не підлягають металізації, закривають хомутиками з листової сталі або картонними накладками. Масляні канали та шпонкові пази тимчасово закривають дерев'яними пробками, стежачи за тим, щоб не забруднити робочу поверхню. Перерва між завершенням підготовки деталі та початком металізації не повинна перевищувати 2–3 годин, оскільки тривале перебування поверхні без покриття погіршує адгезію нанесеного шару.

Металізація виконується спеціальними апаратами, які залежно від способу розплавлення матеріалу поділяють на електродугові, газові та високочастотні. У електрометалізаційному апараті (рис. 2.6) механізм розміщений в алюмінієвому корпусі, а металевий дріт подається з котушок у приймальні трубки через ізолюючі шланги. Далі він проходить між рифленими роликами подачі, що приводяться в рух електродвигуном або повітряною турбіною, та спрямовується до розпилювальної камери. Наконечники задають зустрічний напрям двох дротів і через контактні трубки подають до них струм від трансформатора. У момент їх замикання виникає електрична дуга, під дією якої метал плавиться. Стиснене повітря, що подається через канал, розпилює розплавлений метал і переносить його на підготовлену поверхню деталі, формуючи покриття.

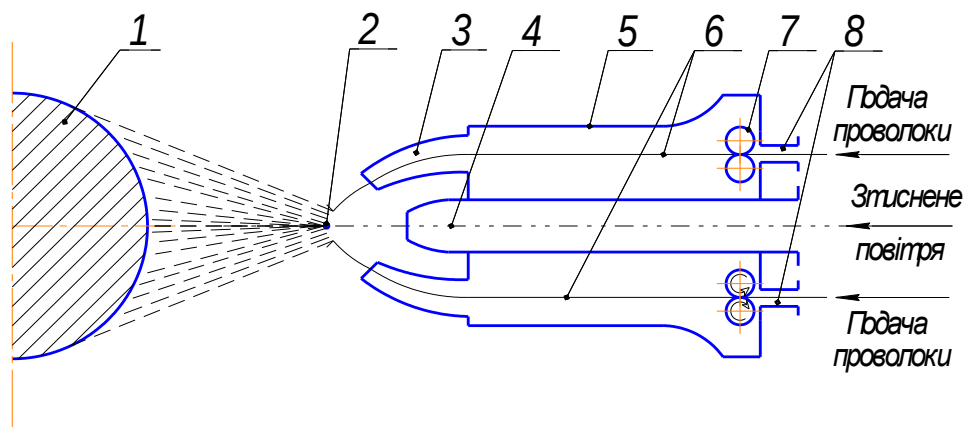


Рисунок 2.6 - Принципова схема апарату для реалізації процесу електрометалізації поверхні деталі.

1 – деталь, яка підлягає ремонту; 2 – дуга електрична; 3 – робочі напрямляючі наконечники; 4 – трубка для подачі стисненого повітря; 5 – робочий корпус; 6 –наплавочний дріт; 7 – ролики для подачі дроту; 8 – трубки для прийому дроту.

Металізатори бувають ручними та стаціонарними. Електрометалізуючі апарати стаціонарного типу встановлюють на супорті токарного станка, ручні – утримують в руці при металізації плоских або фігурних деталей.

Таблиця 2.6 - Технічні параметри основних типів електрометалізаторів

Технічні параметри	Розглядувані типи електрометалізаторів		
	ЛК-У Лк-6А	ЭМ-3	ЭМ-4
	Значення параметрів		
Вага, кг	20	2,4	3,0
Діаметр робочого дроту, мм.	1,0-1,8	1,2-2,0	-
Робочий тиск стисненого повітря кг/см ²	4,5-6,0	3,5-6,0	5-6
Сумарні витрати стисненого повітря м ³ /хв	До 2	1,2	1

Робоча напруга, В	20-30	20-30	20-30
Величина сили струму, А	Змінний струм		Постійний струм
Потужність, яка споживається, кВт	До 7	До 5	-
Продуктивність процесу під час розпилення сталевих дроту, кг/год	До 6	1,2-2,4	6

В ході нагрівання внаслідок зміни магнітної проникності сталі, глибина прогрівання збільшується і швидкість нагрівання уповільнюється. Для того щоб проволочка, що проходить через апарат встигла нагрітись до температури розплавлення, необхідно сконцентрувати виділення тепла від індукційного нагрівання на невеликій ділянці проволочки. Це досягається застосуванням в апараті спеціального концентратора, який розміщено всередині індуктора, який представляє собою одновитковий високочастотний трансформатор.

Таблиця 2.7 - Робочі режими процесу електрометалізації при використанні сталевих дроту

№	Основні технічні параметри	Значення
1	Встановлена відстань від торця сопла до поверхні деталі, яка відновлюється мм	75-100
2	Діапазон швидкостей обертання оброблюваної деталі, м/хв	10-12
3	Температурний режим нагрівання деталі, °С	До 70
4	Швидкість повздовжньої подачі металізатора в зону обробки, мм/об	1,0 – 1,5
5	Величина сили струму, А	40-70

6	Величина напруги, В	25-60
7	Робочий тиск стисненого повітря, кг/см ²	6

Електромагнітне поле, що виникає навколо проволочки в зоні проходження через концентратор, набуває максимальної щільності біля вихідного отвору, де відбувається найінтенсивніше тепловиділення. Конічне формування цього отвору сприяє локалізованому нагріванню кінця проволочки та забезпечує утворення вузького, добре сфокусованого металевго факела. Така конструкція мінімізує розсіювання частинок і суттєво знижує втрати металу під час нанесення покриття.

Після нанесення металевго шару проводять механічну обробку деталей. Зазвичай вона здійснюється на токарних верстатах різцями з твердосплавними пластинами; у випадках, коли покриття має дуже високу твердість, застосовують шліфування або анодно-механічну обробку. Використання абразивних кіл для деталей ковзання є небажаним, оскільки відокремлені абразивні зерна забивають пори покриття, погіршують його маслопоглинальну здатність і сприяють прискореному абразивному зношуванню в експлуатації.

Режими різання для обробки металізованих поверхонь рекомендують зменшувати порівняно зі звичайними, адже покриття з обмеженою міцністю зчеплення може викришуватися під дією надмірних навантажень. Механічна обробка одночасно виконує роль контролю якості нанесеного шару: якщо під час токарної операції або шліфування покриття не розшаровується і не викришується, вважається, що міцність його адгезії є достатньою і деталь може бути допущена до подальшої експлуатації.

Прийняті режими токарної обробки деталі:

- діапазон швидкостей різання (точіння), м/хв... . 15-30
- величина подачі різця, мм/об 0,1-0,2
- глибина різання за один прохід, мм ... до 1,5

Рекомендовано застосовувати різець з пластиною T15K6 з радіусом заокруглення біля вершини 2-3 мм.

Прийняті режими процесу шліфування деталі:

- діапазон кутової швидкості абразивного кола, м/сек. 25-30
- діапазон кутової швидкості обертання деталі, м/хв. 10-15
- оптимальна глибина шару металу при шліфуванні, мм 0,05-0,03

Після механічної обробки деталі, що працюють в умовах тертя ковзання, пропитують маслом при температурі 40-50 °С на протязі 5-6 годин.

Для даного вала обираємо наступні режими металізації оброблюваних поверхонь:

Прийнята кутова швидкість обертання валу, м/хв.	10
Величина подачі робочого дроту в зону металізації, мм/об	1,5 – 3,0
Робочий тиск стисненого повітря, кг/см ²	4
Оптимальна відстань від торця сопла (концентратора) до поверхонь кулачків, мм	100
Марка робочого дроту.....	Сталь У10

Визначаємо діаметр піввісі після процесу металізації поверхонь:

$$d_{ном} = d_{ном} + (1,0 \div 1,5 \text{ мм})$$

Оброблювання вісі після металізації виконується на токарному верстаті різцем з пластинкою з твердого сплаву при наступних режимах обробки:

Швидкість різання, м/хв.	20-35
Подача, мм/об	0,07-0,15
Глибина різання, мм	0,3-0,4
Припуск на шліфування, мм	0,3-0,4

Шліфування:

Кутова швидкість валу, м/хв.	10-20
Глибина різання, мм	0,02-0,03
Шліфувальний круг	крупнозернистий

Після механічної обробки вісь занурюють у масляну ванну для тривалого просочування, що триває близько доби. Подальша хіміко-термічна обробка сталі спрямована на зміну хімічного складу поверхневого шару з метою підвищення його твердості, зносостійкості або забезпечення антикорозійного захисту. До таких процесів належать цементация, азотування, ціанування, хромування та інші методи модифікації поверхні.

Цементация є одним із найдавніших і найпоширеніших способів зміцнення низьковуглецевих сталей. Метод ґрунтується на здатності аустеніту (γ -Fe) розчиняти значну кількість вуглецю. Для проведення цементации сталь нагрівають до температури вище $910\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вводять у контакт із вуглецевмісним середовищем. Карбюризатори — тверді, рідкі або газоподібні — є джерелом вуглецю, який дифундує у поверхневий шар.

Газова цементация проводиться у спеціальних печах шляхом насичення поверхні сталі вуглецем, що виділяється з газових сумішей CH_4 , C_mH_n , CO та інших вуглеводнів. Як карбюризуючі середовища застосовують природний газ або гази, отримані внаслідок піролізу гасу, бензолу та інших органічних речовин. Одним із найпрогресивніших методів є цементация при індукційному нагріванні виробів струмами високої частоти, що дає змогу формувати цементований шар глибиною до 1 мм лише за 30 хвилин. Такі установки, повністю автоматизовані, застосовують, зокрема, для цементации автомобільних шестерень.

Після цементации виріб обов'язково піддають гартуванню. Зазвичай це проводиться при температурі близько $760\text{ }^{\circ}\text{C}$. У деяких випадках застосовують подвійну термічну обробку: первинне гартування при близько $920\text{ }^{\circ}\text{C}$ для подрібнення зерна серцевини виробу та повторне нагрівання до $760\text{ }^{\circ}\text{C}$ з наступним гартуванням цементованого шару. Під час газової цементации деталі зазвичай направляють у гартування безпосередньо з печі, що запобігає зниженню твердості через охолодження на повітрі.

2.6 Структурна послідовність реалізації вдосконаленого технологічного процесу для відновлення півосей ведучих мостів

Розроблення структурної послідовності є ключовим етапом проектування технологічного процесу, оскільки від правильності вибору та логічності розташування технологічних операцій залежить не лише економічність та скорочення виробничого циклу, а й здатність забезпечити відповідність відновленої деталі встановленим технічним вимогам. Технологічний процес повинен гарантувати максимально ефективне використання ресурсу ремонтпридатних деталей, можливостей технологічного обладнання, інструменту та робочого часу.

Особливо важливою є оптимальна послідовність операцій у процесах відновлення та зміцнення деталей, що працюють в умовах складного навантаження, зокрема півосей ведучих мостів автомобілів FORD Trucks 2533 LR. Раціональна структуризація етапів ремонту дозволяє підвищити надійність деталей після відновлення та забезпечити стабільність їх геометричних і фізико-механічних параметрів протягом усього ресурсу експлуатації.

Структурну послідовність операцій технологічного процесу, розроблену для впровадженого методу відновлення і зміцнення півосей, наведено в таблиці 2.12.

Таблиця 2.8 – Послідовність виконання технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь півосей ведучих мостів автомобілів FORD Trucks 2533 LR

№ операції	№ переходу	Зміст виконуваної операції
1	2	3
005	1	Очищення поверхонь деталі від жирів та бруду МИТТЯМ

010	1	Процес нарізання різьби рваної або круглої форми
015	1	Захист поверхонь перед відновленням
020	1	Очищення поверхонь деталі від жирів та бруду миттям
025	1	Відновлення поверхонь металізацією
030	1	Точіння поверхні деталі
035	1	Фінішна обробка шліфуванням деталі
040	1	Формоутворення шліців фрезеруванням
045	1	Загострення кромek із зняттям заусениць
050	1	Хіміко-термічна обробка поверхонь деталі
055	1	Контрольна операція

2.7 Вибір необхідного технологічного обладнання, устаткування та вимірювального і контрольного інструментів.

Вибір типу технологічного обладнання ґрунтується на здатності машин і пристроїв забезпечувати дотримання встановлених технічних вимог щодо точності обробки, геометричної форми та класу шорсткості поверхонь, а також на їхній продуктивності, відповідності за потужністю та узгодженості з програмою випуску деталей. У ремонтному виробництві, де обсяги випуску зазвичай невеликі, раціональним є застосування універсального, широко розповсюдженого обладнання та інструменту, що дає змогу оперативно переналагоджувати технологічні позиції та виконувати широкий спектр операцій без значних капітальних витрат.

Вибір вимірювального інструменту здійснюють з урахуванням необхідної точності контролю, лінійних розмірів деталі та продуктивності

виконання контрольних операцій. Засоби вимірювання можуть бути як універсальними, так і спеціальними, залежно від складності геометрії контрольованих елементів та вимог до точності.

У таблицях 2.9 та 2.10 наведено узагальнені дані щодо добору технологічного обладнання, допоміжного устаткування, ріжучого та вимірювального інструменту, необхідних для виконання операцій із відновлення півосей ведучих мостів автомобілів. Таблиця 2.9 містить перелік основних технологічних засобів, що застосовуються у процесі ремонту та зміцнення цих деталей.

Таблиця 2.9 – Технологічне обладнання, устаткування, робочий та інструменти, які використовуються при відновленні півосей ведучих мостів автомобілів

Номер операції	Марка обладнання	Габаритні розміри, мм	Примітка
1	2	3	4
005	Камера для піскоструменевої обробки	1500 x 1150	Ящик для піску
010	Верстат токарний 16K20	3795x1190x1500	Токарні різці
015	Робочий стіл	1500 x 1000	Слюсарні інструменти
020	Ємність для промивання деталей	1160 x 686	Вода для миття
025	Верстат токарний 16K20	3795x1190x1500	Токарні різці
030	Верстат токарний 16K20	3795x1190x1500	Токарні різці
035	Верстат круглошліфувальний 3A151	100 x 2100x1500	Шліфувальне коло ПП150х40х80 Э24СМ1К

040	Верстат фрезерний універсальний СФ676	120x1240x1780	Фреза спеціальна Р9К5
045	Робочий стіл	1500 x 1000	Слюсарні інструменти
050	Піч електрична ПША 6.15/7 КГА	1550x3020	
055	Робочий стіл для контролю параметрів		Мікрометр моделі МКО- 25, Штангенциркуль моделі ШЦ-ІІ-0- 0.05-320

Таблиця 2.10 – Вимірювальний інструмент для контролю якості відновлених поверхонь півосей ведучих мостів автомобіля FORD Trucks 2533 LR .

№	Назва технологічної операції	Вимірювальний інструмент
025	Відновлювальна	Мікрометр МКО-25
030	Механічна обробка	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-0-0.05-320
035	Механічна обробка	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-0-0.05-320
040	Механічна обробка	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-0-0.05-320
055	Контрольна операція	Мікрометр МКО-25,

Для виконання технологічного маршруту застосовується універсальне обладнання ремонтних дільниць: токарний верстат 16K20 для чорнової та чистової обробки, напіваавтомат ПДГ-508 для дугового наплавлення під захисним газом, шліцьофрезерний верстат СФ676 для формування профілю шліців та шліфувальний верстат для досягнення точних параметрів шорсткості.

Контроль геометричних параметрів, биття та твердості проводиться на відповідних стендах і за допомогою калібрів, що забезпечує відповідність півосі допускам технічних умов.

Таблиця 2.11 - Контроль геометричних параметрів

№ опер.	Технологічна операція	Обладнання	Призначення	Вимірні засоби
005	Миття, очищення перед дефектуванням	Ванна мийна високого тиску OR / «Kärcher»	Видалення забруднень, мастила	Візуальний контроль
010	Дефектування, контроль биття	Стенд для контролю геометрії + призми	Визначення радіального биття й прогину	Індикатор ІЧ-10
020	Правка півосі	Гідравлічний прес 100 кН	Усунення прогину	Індикатор ІЧ-10
030	Попереднє точіння	Токарний верстат 16K20	Видалення дефектного шару	Мікрометр МК-25, ШЦ-2-320
040	Підготовка під наплавлення	Той самий верстат 16K20	Формування ремонтного припуску	Штангенциркуль
050	Наплавлення ремонтного шару	Напіваавтомат ПДГ-508 + Ar/CO ₂	Відновлення геометрії поверхні	Пірометр (t ≤ 250 °C)
060	Термообробка (відпуск)	Електропід ПША-6.15/7 КГА	Зняття внутрішніх напружень	Термопара

070	Фінішна механічна обробка	Шліцьофрез ерний СФ676 + КШ-32 (шліф)	Отримання точного профілю шліців	Шаблон шліців, мікромет р
080	Остаточний контроль	Контрольний стенд	Перевірка твердості і биття	Твердомі р ТК-М, індикато ри

Для забезпечення функціонування ремонтної дільниці з відновлення напівосей ведучих мостів вантажних автомобілів передбачено використання універсального та спеціального обладнання, яке забезпечує виконання всіх технологічних операцій — від попереднього очищення та дефектування до нанесення ремонтного шару і контролю відповідності геометричних параметрів технічним умовам.

Вибір обладнання здійснено з урахуванням: орієнтовної програми відновлення 2400 напівосей на рік; – діючої інфраструктури ремонтної дільниці (електромережі, вентиляція, наявність газового середовища Ar/CO_2); економічної доцільності, оскільки застосування універсальних верстатів дозволяє виконувати відновлення широкої номенклатури деталей ходової частини; пожежної та технологічної безпеки при виконанні зварювально-наплавлювальних робіт.

Центральним елементом технологічного забезпечення є токарний верстат 16K20, який використовується на трьох операціях (попереднє точіння, підготовка поверхні під наплавлення, фінішна доробка шліцьової частини). Така уніфікація дозволяє мінімізувати виробничі площі, зменшити кількість переналаштувань і забезпечити високий коефіцієнт завантаження обладнання.

Для процесу наплавлення вибрано напівавтомат ПДГ-508, який забезпечує стабільність дуги, необхідний тепловклад і газовий захист металу при відновленні високонавантажених поверхонь напівосі. Забезпечення температурного режиму $\leq 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ попереджає утворення тріщин та зниження

ударної в'язкості.

Контроль геометричних параметрів виконується на спеціальному стенді контролю биття, що гарантує точність відновленої деталі не гіршу ніж у нової (биття $\leq 0,1$ мм). Остаточна перевірка включає вимірювання твердості (HRC 48–55), що є критерієм придатності наплавленого шару до роботи в умовах крутильних та ударних навантажень.

Таким чином, запропонований набір обладнання забезпечує: повний технологічний цикл відновлення напівосей у межах однієї ділянки; дотримання технічних умов і підвищення ресурсу відновлених деталей до рівня 0,8–0,95 від ресурсу нової півосі; зниження собівартості ремонту в 2,5–3 рази порівняно із закупівлею нових деталей; гнучкість виробництва та можливість розширення номенклатури ремонтуваних деталей у майбутньому.

2.8 Порядок аналітичного розрахунку та вибору основних елементів режимів виконання технологічних операцій по відновленню півосей ведучих мостів автомобілів

005 Миття поверхонь деталі.

Очищення поверхонь деталей від жирів, бруду та ін. виконується у піскоструменевих камерах.

Формула для визначення річного нормативу виконуваних робіт по піскоструменевому очищенню поверхонь деталей:

$$T = \frac{P}{H} \text{ год.}$$

Де: Р – сумарна (річна) площа поверхонь деталей, які підлягають піскоструменевому очищенню, м² ;

Н – оптимальна продуктивність роботи одного сопла піскоструменевого апарату, м²/год.

Площа сумарних (річної) поверхонь деталей, які підлягають відновленню:

$$2400 \times 0,0204 = 48,96 \text{ м}^2$$

Де: кількість відновлених деталей в році, 2400 шт.

Середнє значення площі відновлення однієї деталі, 0,0204 м²

Враховуючи, що площа відновлюваних поверхонь однієї деталі становить 2,04 дм² вибираємо із довідникової літератури необхідну продуктивність роботи одного сопла. Прийнята продуктивність одного сопла вданому випадку складає 1,8 м²/год.

$$T = \frac{P}{H} = \frac{48,96}{1,8} = 27,2 \text{ год.}$$

010 Нарізання різьбової поверхні рваної або круглої форми.

Операція виконується на токарному верстаті з використанням спеціальних різьбових різців.

Формула для визначення величини припуску при різанні різьбової поверхні різцем:

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

Де D – діаметр оброблюваної поверхні, мм;

d – діаметр поверхні після механічної обробки, мм.

$$h = \frac{54-51}{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

Величину глибини різання, яка одночасно являється і поперечною подачею інструменту вибираємо із довідникової літератури. Прийнята глибина різання t = 0,7 мм.

Формула для визначення повздовжньої подачі при шліфуванні різьбової поверхні:

$$S_{np} = B_k \cdot \beta,$$

де B_к – ширина шліфувального круга, 1,5 мм;

β – повздовжня подача шліфувального круга, β = 0,7.

$$S_{np} = 1,5 \cdot 0,7 = 1,05 \text{ мм/об.}$$

Формула для визначення необхідного числа робочих ходів:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{1,5}{0,7} = 1,7 \approx 2.$$

Величина швидкості різання, яка залежить від параметрів повздовжньої подачі шліфувального круга, глибини різання і діаметра поверхні визначається по довідниковій літературі.

$$V = 70 \text{ м/хв.}$$

Формула для визначення необхідного числа обертів деталі при обробці:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \frac{70}{51} = 436 \text{ об/хв.}$$

Виходячи із паспортних даних верстата 16K20 приймаємо наступне значення чисел обертів деталі, $n = 500 \text{ об/хв.}$

Проводимо перерахунок величини швидкості різання відповідно до прийнятого числа обертів верстата:

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

$$V = \frac{500 \cdot 51}{318} = 80,2 = 80 \text{ м/хв.}$$

015 Захист поверхонь деталі від, які не потребують відновлення.

Виконується хомутиками із листової сталі товщиною 1,0 – 1,5 мм. Захистом може слугувати картон. Для захисту масляних отворів та шпонкових канавок в них забивають дерев'яні пробки. При встановленні захисних пристроїв необхідно стежити за тим, щоб не забруднити підготовлену поверхню.

При усіх способах підготовки, перерва між підготовкою поверхні, та металізацією не повинна перевищувати 2 – 3 години.

020 Миття поверхонь деталі.

Проводиться у ваннах з проточною холодною водою, для видалення слідів обробки та промивання відновлюваних поверхонь деталі перед обробкою або зміцненням.

025 Відновлення поверхонь деталі металізацією

Формула для визначення річного об'єму виконуваних робіт процесу металізації поверхні деталі:

$$T = \frac{Ph\gamma\beta}{g} \text{ год}$$

Де: h – середнє значення товщини нанесеного металізованого шару металу, 4,0 мм

γ - значення питомої ваги нанесеного металізованого шару металу, 6,6 – 7,0 г/см³;

β - значення коефіцієнта при розрахунку втрати металу при металізації, 1,59

g – продуктивність роботи металізатора ,1,2 – 2,4 кг/год.

$$T = \frac{Ph\gamma\beta}{g} = \frac{48,96 \cdot 4 \cdot 6,8 \cdot 1,59}{2} = 1058,71 \text{ год.}$$

030 Токарна обробка

Операція виконується на токарному верстаті.

Формула для визначення величини припуску при точінні:

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

Де D – діаметр оброблюваної поверхні, мм;

d – діаметр обробленої поверхні, мм.

$$h = \frac{55-54,5}{2} = 0,25 \text{ мм.}$$

Величину глибини різання, яка одночасно являється і поперечною подачею інструменту вибираємо із довідникової літератури. Прийнята глибина різання $t = 0,3$ мм.

Формула для визначення повздовжньої подачі при шліфуванні:

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

Де $B_{\text{к}}$ – ширина шліфувального круга, 12,5 мм;

β – повздовжня подача шліфувального круга, $\beta = 0,07$.

$$S_{np} = 12,5 \cdot 0,07 = 0,875 \text{ мм/об.}$$

Формула для визначення необхідного числа робочих ходів:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,25}{0,3} = 0,8 \approx 1.$$

Величина швидкості різання, яка залежить від параметрів повздовжньої подачі шліфувального круга, глибини різання і діаметра поверхні визначається по довідниковій літературі

$$V = 70 \text{ м/хв.}$$

Формула для визначення числа обертів деталі при обробці:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \frac{70}{54,5} = 408 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближче значення числа обертів деталі згідно паспортних даних верстата 16K20, $n = 500 \text{ об/хв.}$

Проводимо перерахунок необхідної швидкості різання відповідно до прийнятого числа обертів:

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

$$V = \frac{500 \cdot 54,5}{318} = 85,7 = 86 \text{ м/хв.}$$

035 Шліфування оброблюваної деталі

Формула для визначення величини припуску на шліфування поверхні деталі:

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

Де D – діаметр оброблюваної поверхні, мм;

d – діаметр обробленої поверхні, мм.

$$h = \frac{54,5 - 54}{2} = 0,25 \text{ мм.}$$

Величину глибини різання, яка одночасно являється і поперечною подачею інструменту вибираємо із довідкової літератури. Прийнята глибина різання $t = 0,02 \text{ мм.}$

Формула для визначення повздовжньої подачі при шліфуванні:

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

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

β – величина повздовжньої подачі шліфувального кола в залежності від його ширини, $\beta = 0,4$.

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

Формула для визначення необхідного числа робочих ходів:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,25}{0,02} = 12,5 = 13$$

Визначаємо швидкість різання при шліфуванні за табличними даними із врахуванням величин повздовжньої подачі глибини шліфування та діаметра оброблюваної поверхні:

$$V = 60 \text{ м/хв.}$$

Формула для визначення необхідного числа обертів деталі:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \frac{60}{54} = 353 \text{ об/хв.}$$

Із паспортних даних верстата 3А151 приймаємо, $n = 540 \text{ об/хв.}$

Проводимо перерахунок швидкості різання відповідно до прийнятого числа обертів:

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

$$V = \frac{540 \cdot 54}{318} = 91,7 = 92 \text{ м/хв.}$$

040 Фрезерування шліців.

Вибір інструменту. Для нарізання зубів шліцевого з'єднання застосовуємо дисковий прямозубий довбляк модуля 3 тип 1 зі швидкорізальної сталі Р6М5. Кут заточування по передній поверхні зубців $\gamma_3 = 5^\circ$.

Аналітичний розрахунок та вибір режимів різання:

- величина кругової подачі інструмента для даного верстата при значенні модуля нарізуваного колеса $m=3 \text{ мм}$, $S=0,25-0,3 \text{ мм/подвійний хід}$.

Враховуючи поправочні коефіцієнти $K_{ms}=1$ та паспортні дані верстата приймаємо $S=0,25$ мм/подвійний хід;

- величина радіальної подачі: $S_p = 0,1-0,3 S$

$S_p = (0,1-0,3) \cdot 0,25 = 0,025-0,075$ мм/подвійний хід. Враховуючи паспортні дані верстата приймаємо $S_p = 0,036$ мм/подвійний хід;

- період стійкості довб'яка при чистовій обробці $T=240$ хв;

- величина швидкості різання, яка допустима ріжучими властивостями інструмента, при чистовій обробці по суцільному металу і значенню колової подачі $S=0,25$ мм/подвійний хід та величини модуля до 3 мм.

$$V=20,5 \text{ м/хв.}$$

Враховуючи поправочні коефіцієнти $Km_v=1$; $K\beta_v=1$.

$$V_p = V \cdot Km_v \cdot K\beta_v = 20,5 \text{ м/хв.}$$

Формула для визначення необхідного числа подвійних ходів довб'яка за хвилину, у відповідності розрахованій швидкості різання:

$$K = \frac{1000 \cdot V_p}{2 \cdot L},$$

Де L – розрахована величина робочого ходу довб'яка, мм:

$$L = b + l_1 = 120 + 24 = 144 \text{ мм}$$

Де l_1 - величина двохстороннього перебігу довб'яка, якщо ширина вінця до 150 мм $l_1 = 24$ мм

$$K = \frac{1000 \cdot V_p}{2 \cdot L} = \frac{1000 \cdot 20,5}{2 \cdot 144} = 71,2 \text{ мм/подвійний хід}$$

Враховуючи паспортні дані верстата приймаємо:

$$K_\phi = 70 \text{ мм/подвійний хід}$$

Визначаємо дійсну швидкість різання:

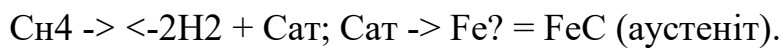
$$V_\phi = \frac{2 \cdot L \cdot K_\phi}{1000} = \frac{2 \cdot 144 \cdot 70}{1000} = 20,2 \text{ мм/подвійний хід}$$

045 Зняття заусениць та гострих кромek

Проводиться на слюсарних верстатах шліфувальними чи різальними інструментами. Оброблюються поверхні які підлягали відновленню.

050 Хіміко-термічна обробка

Газова цементация полягає в тому, що цементовані деталі нагрівають і витримують при температурі 900—1000° С в печі, куди протягом всього процесу подається цементуючий газ (саратовський, світильний, нафтовий, аерофільтрації і ін.). Основною реакцією газової цементации, що забезпечує процес вуглецювання, є дисоціація метану:



Для газової цементации застосовують спеціальні установки, що складаються з печі і устаткування для подачі в печі цементуючого газу. Найчастіше застосовуються печі реторт з вентилятором, а також печі безперервної дії з горизонтальними муфелями. В даний час впроваджуються у виробництво безмуфельні печі безперервної дії, що нагріваються випромінюючими трубками.

055 Контрольна операція

При даній операції перевіряють всі розміри деталі, що підлягали відновленню. При дотриманні розмірів, деталь встановлюють у механізм, при розходженнях у розмірах згідно технологічних карт на відновлення деталі, її вибраковують.

2.9 Розрахунок складових норм часу для виконання технологічних операцій вдосконаленого технологічного процесу відновлення півосей ведучих мостів автомобілів FORD Trucks 2533 LR .

005 Очищення деталей піскоструменевою обробкою

Формула для визначення основного часу на виконання піскоструменевого очищення поверхонь однієї деталі:

$$T_{det} = \frac{T}{N} = \frac{48,96}{2400} = 0,0204 \text{ год} = 1,22 \text{ хв}$$

Де: Т – прийнятий річний норматив часу для піскоструменевого очищення деталей;

N – запланована річна кількість відновлюваних деталей.

010 Нарізання рваної або круглої різьбової поверхні

Формула для розрахунку основного часу на виконання операції:

$$T_{o1} = \frac{Li}{nS_{пр}} \cdot K_3,$$

Де L – довжина оброблюваної поверхні враховуючи величину врізання та перебігу:

$$L = l + y$$

Де l – довжина оброблюваної поверхні, 120 мм

y – величини врізання та перебігу робочого інструменту, y = 0,7 мм

$$L = 120 + 0,7 = 120,7 \text{ мм};$$

i – число робочих ходів, приймаємо i = 2;

K₃ – поправочний коефіцієнт для зачисних ходів, K₃ = 1,2...1,7, приймаємо значення K₃ = 1,5;

n – прийняте число обертів деталі, n = 500 об/хв

S_{пр} – величина повздовжньої подачі інструмента, S_{пр} = 1,05 мм/об;

$$T_o = \frac{120,7 \cdot 2}{500 \cdot 1,05} \cdot 1,5 = 0,69 \text{ хв.}$$

Величину допоміжного часу на виконання даної операції приймаємо із довідникової літератури:

$$T_d = T_{d1} + T_{d2},$$

Де T_{d1} – величина допоміжного часу на процеси встановлення і знімання деталі, T_{d1} = 0,2 хв;

T_{d2} – величина допоміжного часу, який пов'язаний з проходами:

$$T_{d2} = 1 + 0,69 = 1,69 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{д}} = 0,2 + 1,69 = 1,89 \text{ хв.}$$

Визначаємо значення оперативного часу на виконання операції:

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{д}} = 0,69 + 1,89 = 2,58 \text{ хв.}$$

Визначаємо величину додаткового часу на виконання операції:

$$T_{\text{дод}} = (T_{\text{оп}} \cdot K) / 100 = (2,58 \cdot 9) / 100 = 0,23 \text{ хв,}$$

Де K – відношення додаткового часу до оперативного, $K = 9\%$

Величина підготовчо-заключного часу на виконання операції із довідникової літератури:

$$T_{\text{пз}} = 7 \text{ хв.}$$

Формула для розрахунку норми часу на виконання операції:

$$T_{\text{н}} = T_0 + T_{\text{д}} + T_{\text{дод}} + T_{\text{пз}} / n,$$

Де n – величина партії деталей.

Формула для визначення величини партії деталей:

$$n = \frac{N}{A},$$

Де N – прийнята річна програма випуску деталей;

A – періодичність запуску деталей, прийнято $A=51$.

Визначення кількості деталей:

$$N = 400 \cdot 6 = 2400 \text{ шт,}$$

Де: 400 – річний випуск ведучих мостів;

6 – кількість ведучих мостів, які припадають на один автомобіль

$$n = \frac{2400}{51} = 47 \text{ шт}$$

$$T_{\text{н}} = 0,69 + 1,89 + 0,23 + 7/47 = 2,96 \text{ хв}$$

015 Захист поверхонь, які не підлягають відновленню

Нормування підготовчої операції визначаємо дослідним шляхом.

Приймаємо час виконання операції для одного валу рівним 3 хв.

020 Миття деталей

Проводиться у ваннах з холодною водою. Враховуючи час завантаження та розвантаження деталей, та промивання їх приймаємо час виконання

операції рівним 2 хв.

025 Металізація відновлюваних поверхонь

Формула для визначення річного об'єму робіт на металізаційній ділянці:

$$T = \frac{Ph\gamma\beta}{g} \text{ год}$$

Де: h – середня значення товщини металізаційного шару металу, 4,0 мм;

γ - питома вага металу металізаційного шару, 6,6...7,0 г/см³;

β - поправочний коефіцієнт при розрахунку втрати металу при металізації, 1,59;

g – продуктивність процесу при використанні даного металізатора, 1,2 – 2,4 кг/год.

$$T = \frac{Ph\gamma\beta}{g} = \frac{48,96 \cdot 4 \cdot 6,8 \cdot 1,59}{2} = 1058,7 \text{ год.}$$

Визначення норми часу на операцію металізації одного кулачкового валу:

$$T = 1058,7 / 2400 = 0,44 \text{ год}$$

030 Токарна обробка

Формула для розрахунку основного часу на виконання операції:

$$T_{\text{ол}} = \frac{Li}{nS_{\text{пр}}} \cdot K_3,$$

Де: L – довжина оброблюючої поверхні із урахуванням довжин врізання і перебігу, $L = l + y$

Де: l – довжина оброблюючої поверхні, 120 мм;

y – величини параметрів врізання і перебігу інструменту, $y = 0,3$ мм;

$$L = 120 + 0,3 = 120,3 \text{ мм;}$$

i – прийняте число робочих ходів, $i = 1$;

K_3 – поправочний коефіцієнт при врахуванні зачисних ходів

інструмента, $k_3 = 1,2 \dots 1,7$, приймаємо $k_3 = 1,5$;

n – прийняте число обертів деталі, $n = 500$ об/хв.;

$S_{\text{пр}}$ – величина повздовжньої подачі, $S_{\text{пр}} = 0,875$ мм/об;

$$T_o = \frac{120,3 \cdot 1}{500 \cdot 0,875} \cdot 1,5 = 0,41 \text{ хв.}$$

Величину допоміжного часу на виконання операції вибираємо із довідникової літератури:

$$T_d = T_{d1} + T_{d2},$$

Де: T_{d1} – сумарний допоміжний час на операції встановлення і знімання деталі, $T_{d1} = 0,2$ хв;

T_{d2} – сумарний допоміжний час на прохід:

$$T_{d2} = 1 + 0,41 = 1,41 \text{ хв.}$$

$$T_d = 0,2 + 1,41 = 1,61 \text{ хв.}$$

Визначаємо значення оперативного часу на виконання операції:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d = 0,41 + 1,61 = 2,02 \text{ хв.}$$

Розрахунок додаткового часу на виконання операції:

$$T_{\text{дод}} = (T_{\text{оп}} \cdot K) / 100 = (2,02 \cdot 9) / 100 = 0,18 \text{ хв,}$$

Де: K – співвідношення величини додаткового часу до оперативного, $K = 9\%$.

Приймаємо табличне значення підготовчо-заключного часу на виконання операції:

$$T_{\text{пз}} = 7 \text{ хв.}$$

Розрахунок норми часу на виконання операції:

$$T_n = T_o + T_d + T_{\text{дод}} + T_{\text{пз}}/n,$$

Де: n – розмір партії деталей

Формула для визначення розміру партії деталей:

$$n = \frac{N}{A},$$

Де: N – прийнята програма випуску деталей;

A – періодичність запуску деталей, який прирівнюється до кількості робочих тижнів, 51.

Визначення кількості деталей:

$$N = 400 \cdot 6 = 2400 \text{ шт},$$

Де: 400 – запланований випуск ведучих мостів;

6 – прийнята кількість ведучих мостів для одного автомобіля:

$$n = \frac{2400}{51} = 47 \text{ шт}$$

$$T_H = 0,41 + 1,61 + 0,18 + 7/47 = 2,35 \text{ хв}$$

035 Шліфування

Формула для визначення основного часу на виконання операції:

$$T_{ol} = \frac{Li}{nS_{пр}} \cdot K_3,$$

Де: L – довжина оброблюючої поверхні із врахуванням величин врізання і перебігу, $L = l + y$

Де: l – прийнята довжина поверхні, яка шліфується, мм;

y – значення параметрів врізання і перебігу інструменту, $y = 0,02$ мм;

$$L = 120 + 0,02 = 120,02 \text{ мм};$$

i – прийняте число робочих ходів, $i = 13$;

K_3 – поправочний коефіцієнт для зачисних ходів, $K_3 = 1,2 \dots 1,7$,
приймаємо $K_3 = 1,5$;

n – прийняте число обертів деталі, $n = 540$ об/хв.;

$S_{пр}$ – величина повздовжньої подачі, $S_{пр} = 16$ мм/об;

$$T_o = \frac{120,02 \cdot 13}{540 \cdot 16} \cdot 1,5 = 1,27 \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу на виконання операції по довідниковій літературі:

$$T_D = T_{D1} + T_{D2},$$

Де: T_{D1} – сумарний допоміжний час на операції встановлення і знімання деталі, $T_{D1} = 0,2$ хв;

T_{D2} – сумарний допоміжний час, який пов'язаний з проходом,

$$T_{д2} = 1 + 1,27 = 2,27 \text{ хв.}$$

$$T_{д} = 0,2 + 2,27 = 2,47 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час на виконання операції:

$$T_{оп} = T_o + T_{д} = 1,27 + 2,47 = 3,74 \text{ хв.}$$

Розрахунок додаткового часу на виконання операції:

$$T_{дод} = (T_{оп} \cdot K) / 100 = (3,74 \cdot 9) / 100 = 0,34 \text{ хв.},$$

Де: K – співвідношення додаткового часу до оперативного, K = 9%.

Значення підготовчо-заключного часу на виконання операції із довідникової літератури:

$$T_{пз} = 7 \text{ хв.}$$

Розрахунок норми часу виконання операції:

$$T_{н} = T_o + T_{д} + T_{дод} + T_{пз} / n,$$

Де: n – величина партії деталей:

$$T_{н} = 1,27 + 2,47 + 0,34 + 7 / 47 = 4,23 \text{ хв}$$

040 Фрезерування шліців

Формула для визначення основного часу на виконання операції:

$$T_o = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{K_o \cdot S} \cdot i + \frac{h}{K_o \cdot S_p}, \text{ хв.}$$

Де: i – прийняте число робочих ходів i = 1;

m - нормальний модуль зубчастого колеса, мм ; m = 3 мм;

z - розрахована кількість зубців зубчастого колеса; z = 16;

K_o - кількість подвійних ходів бовб'яка за хвилину, подвійний хід/хв.,

$$K_o = 70;$$

S – колова подача зубонарізного інструменту, мм/подвійний хід;

$$S = 0,25$$

S_p - радіальна подача інструмента, S_p = 0,036 мм/подвійний хід;

h – величина припуску на механічну обробку, мм; h = 6,6 мм

$$T_o = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 16}{70 \cdot 0,25} \cdot 1 + \frac{6,6}{0,036 \cdot 70} = \frac{150,72}{17,5} \cdot 1 + \frac{6,6}{2,52} = 8,61 + 2,62 = 11,23 \text{ хв.}$$

045 Зняття заусениць та гострих кромок

Час на встановлення, обробку та зняття деталі з робочого столу з розрахунку на одну деталь приймаємо - 5 хв.

050 Хіміко-термічна обробка

Прийнятий час на виконання операції хіміко-термічної обробки - 25 хв

055 Контрольна операція

Для визначення норми часу на виконання операції технічного контролю використовують метод хронометражу. В таблиці 2.11 приведено дані по результатах технічного нормування операцій запропонованого технічного процесу відновлення півосей ведучих мостів автомобілів FORD Trucks 2533 LR.

Таблиця 2.12 – Прийняті норми часу для виконання технологічних операцій запропонованого технологічного процесу по відновленню півосей ведучих мостів автомобілів FORD Trucks 2533 LR .

Вдосконалений технологічний процес відновлення		
Назва операції		Норма часу,хв
05	Піскоструменеве очищення поверхонь деталі	1,22
10	Процес нарізання рваної або круглої різі	2,96
15	Захист не відновлюваних поверхонь деталі	3
20	Миття деталі в цілому	2
25	Відновлення поверхонь металізацією	26,5
30	Токарна обробка відновлюваних поверхонь деталі	2,35
35	Шліфування поверхні оброблюваної деталі	4,23
40	Фрезерування шліців	11,23

45	Зняття заусениць та гострих кромок на поверхнях деталі	5
50	Хіміко-термічна обробка відновлених поверхонь	25
55	Контроль параметрів відновлених поверхонь	5,5

В результаті запропонованого комплексу конструкторських та технологічних рішень, оптимального вибору необхідного обладнання, устаткування, різальних та контрольних інструментів, а також ефективного вибору режимів обробки для відновлення пошкоджених поверхонь піввісі ведучого моста величина сумарного часу на проведення всіх операцій суттєво скоротилась і складає приблизно 90 хв.

2.10 Визначення площ виробничих приміщень

Площі виробничих приміщень ділянки з відновлення напівосей ведучих мостів визначаються аналітичним методом на основі технологічної програми та номенклатури робіт, що виконуються на постах технічного обслуговування та ремонту. Розрахунок площ виконується окремо для кожного поста з урахуванням габаритів вантажних автомобілів, що обслуговуються на ділянці, а також коефіцієнтів щільності їх розміщення.

Площа горизонтальної проекції вантажного автомобіля приймається відповідно до рекомендацій для автомобілів класу Ford Trucks 2533 LR, які використовуються на підприємствах вантажних перевезень. Орієнтовна площа автомобіля становить:

$$f_a = 14,5 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт щільності розміщення постів для одностороннього розташування технологічного обладнання приймається:

$$K_{\pi} = 1,6.$$

Кількість постів для відновлення напівосей згідно технологічного процесу складає: $X_i = 4$ пости (дефектування – 1; механічна обробка – 1; наплавлення – 1; контроль і правка – 1).

Розрахунок площі проводиться за формулою:

$$F_3 = f_a \cdot X_i \cdot K_p$$
$$F_3 = 14,5 \cdot 4 \cdot 1,6 = 92,8 \text{ м}^2$$

Отримана площа забезпечує розміщення технологічного обладнання та необхідних зон доступу для обслуговування вантажних автомобілів і деталей. При цьому враховано можливість переміщення напівосей на всіх технологічних операціях та забезпечення безпеки праці персоналу згідно вимог охорони праці.

2.11.1 Дільниця для збирально-мийних робіт

Дільниця збирально-мийних робіт призначена для очищення деталей ходової частини та трансмісії (включаючи напівосі ведучих мостів) перед дефектуванням і відновленням. Метою є видалення забруднень експлуатаційного походження (масляних відкладень, корозійних нашарувань, абразивних частинок), що дозволяє забезпечити точність контролю дефектів та підвищити якість подальших технологічних операцій.

На дільниці виконуються такі роботи: миття та очищення напівосей у мийній ванні із застосуванням лужних мийних розчинів; – очищення важкодоступних ділянок вручну за допомогою металевих щіток і пневмомийок; знежирення та підсушування деталей перед надходженням на дефектування; збір та фільтрація стічних вод з повторним використанням мийного розчину відповідно до екологічних вимог.

Площа дільниці визначається за формулою:

$$F_{\text{змр}} = f_a \cdot X_i \cdot K_p$$

Приймаємо для вантажного автомобіля:

$$f_a = 14,5 \text{ м}^2, X_i = 1 \text{ пост}, K_p = 1,2$$

$$F_{\text{зпр}} = 14,5 \cdot 1 \cdot 1,2 = 17,4 \text{ м}^2$$

Отримана площа забезпечує можливість розміщення мийної ванни, поста знежирення, стелажів для деталей та проходів для персоналу.

2.11.2 Дільниця для приймання та видачі деталей

Дільниця призначена для організації приймання деталей, їх обліку та видачі після завершення технологічного циклу відновлення. Основними завданнями є документальне оформлення процесу відновлення напівосей, їх маркування, зберігання та технічний контроль після ремонту.

На дільниці виконуються такі операції:

- приймання та реєстрація деталей, що надходять на ремонт;
- візуальний контроль ступеня зношування із занесенням даних у технологічні карти;
- визначення вартості та погодження обсягу робіт із замовником;
- формування партій деталей для подачі у виробничі зони;
- заключний контроль якості та комплектації відновлених напівосей;
- оформлення актів здачі-приймання та видача відремонтованих деталей.

Розрахунок площі виконується за формулою:

$$F_{\text{пр}} = f_a \cdot X_i \cdot K_p$$

де:

$$f_a = 14,5 \text{ м}^2, X_i = 1 \text{ пост}, K_p = 1,5$$

$$F_{\text{пр}} = 14,5 \cdot 1 \cdot 1,5 = 21,75 \text{ м}^2$$

Площа включає зону короткочасного зберігання деталей, робоче місце майстра та місце для оформлення документації.

2.11.3 Дефектувальна дільниця

Дефектувальна дільниця призначена для встановлення технічного стану напівосей ведучих мостів та супутніх деталей ходової частини перед прийняттям рішення про можливість їх відновлення. На цій дільниці проводять зовнішній огляд, вимірювання зношення робочих поверхонь, визначають наявність тріщин, задирів, корозійних ушкоджень, прогину та порушення геометрії шліцьових з'єднань.

До основних операцій, що виконуються на дефектувальній дільниці, належать: очищення та огляд напівосей, вимірювання діаметрів шийок і шліцьових поверхонь, контроль прогину на стенді, перевірка радіального та торцевого биття, оцінка твердості та стану поверхневого шару, оформлення дефектувальних карт.

Площа дільниці визначається за сумарною площею обладнання з урахуванням коефіцієнта розміщення:

$$F_{\text{дф}} = \Sigma f_{\text{обл}} \cdot K_p,$$

де $\Sigma f_{\text{обл}}$ – сумарна площа горизонтальної проекції обладнання, K_p – коефіцієнт розміщення (приймаємо 4).

Приймаємо склад обладнання:

- стенд для контролю та правки напівосей – $f_1 = 2,5 \text{ м}^2$;
- дефектувальний стіл – $f_2 = 1,5 \text{ м}^2$;
- стелаж для вимірювального інструменту та карт – $f_3 = 1,0 \text{ м}^2$.

Тоді:

$$\Sigma f_{\text{обл}} = f_1 + f_2 + f_3 = 2,5 + 1,5 + 1,0 = 5,0 \text{ м}^2;$$

$$K_p = 4;$$

$$F_{\text{дф}} = 5,0 \cdot 4 = 20,0 \text{ м}^2.$$

Отримана площа забезпечує можливість розміщення стенда, робочого місця дефектувальника, стелажів та зручних проходів для персоналу.

2.11.4 Дільниця наплавлення напівосей

Дільниця наплавлення призначена для відновлення зношених робочих поверхонь напівосей (шліцьових, під підшипники, під ущільнення) методом дугового наплавлення в захисних газах. На цій дільниці розташовують наплавлювальний пост, позиційний пристрій для установки напівосей, засоби вентиляції та безпеки.

До основних операцій дільниці належать: підготовка поверхні до наплавлення (зачистка, фаска), установлення напівосі на позиційний пристрій і центрування, наплавлення ремонтного шару дротом заданого складу, контроль температури в зоні наплавлення, охолодження та передача деталі на термообробку або механічну обробку.

Площа дільниці визначається за формулою:

$$F_n = \Sigma f_{\text{обл}} \cdot K_p,$$

де $\Sigma f_{\text{обл}}$ – сумарна площа обладнання, K_p – коефіцієнт розміщення (приймаємо 4).

Склад основного обладнання:

- напівавтомат для наплавлення з джерелом живлення – $f_1 = 3,0 \text{ м}^2$;
- позиційний пристрій для напівосей – $f_2 = 2,0 \text{ м}^2$;
- верстак для підготовки деталей – $f_3 = 1,5 \text{ м}^2$;
- витяжна вентиляційна шафа (зональний відсмоктувач) – $f_4 = 1,0 \text{ м}^2$.

$$\Sigma f_{\text{обл}} = 3,0 + 2,0 + 1,5 + 1,0 = 7,5 \text{ м}^2;$$

$$K_p = 4;$$

$$F_n = 7,5 \cdot 4 = 30,0 \text{ м}^2.$$

Виділена площа забезпечує розміщення наплавлювального поста з дотриманням протипожежних розривів, зон обслуговування обладнання та проходів для персоналу.

2.11.5 Дільниця механічної обробки напівосей

Дільниця механічної обробки призначена для фінішного надання відновленим напівосям необхідної геометричної форми і точності розмірів

після наплавлення, а також для відновлення посадочних поверхонь під підшипники, ущільнення та шліцьових профілів. Тут виконуються операції точіння, шліфування, фрезерування шліців, доробки фасок та канавок.

На ділянці передбачається розміщення таких верстатів: універсальний токарний верстат, шліцьофрезерний верстат, шліфувальний верстат для шийок і шліцьових поверхонь, вимірювальний стіл з плитою.

Розрахунок площі ділянки виконаємо за формулою:

$$F_M = \Sigma f_{\text{обл}} \cdot K_p.$$

Приймаємо:

- токарний верстат 16K20 – $f_1 = 3,5 \text{ м}^2$;
- шліцьофрезерний верстат – $f_2 = 3,0 \text{ м}^2$;
- шліфувальний верстат – $f_3 = 3,0 \text{ м}^2$;
- вимірювальний стіл з плитою – $f_4 = 1,5 \text{ м}^2$.

$$\Sigma f_{\text{обл}} = 3,5 + 3,0 + 3,0 + 1,5 = 11,0 \text{ м}^2;$$

Коефіцієнт розміщення $K_p = 4$;

$$F_M = 11,0 \cdot 4 = 44,0 \text{ м}^2.$$

Дана площа забезпечує достатні зони обслуговування для кожного верстата, безпечні проходи, а також можливість маневрування з довгомірними напівосями.

2.11.6 Контрольно-випробувальна ділянка

Контрольно-випробувальна ділянка призначена для остаточної перевірки якості відновлених напівосей перед передачею замовнику або на склад. Тут здійснюється контроль геометричних параметрів, твердості, якості наплавленого шару, а за необхідності – лабораторний аналіз зразків.

На ділянці виконуються: контроль радіального та торцевого биття, перевірка шліцьових поверхонь калібрами, вимірювання твердості наплавленого шару, вибіркове випробування зразків на згин або кручення (на базі простих стендів чи лабораторії підприємства), оформлення протоколів випробувань.

Площа ділянки:

$$F_k = \Sigma f_{\text{обл}} \cdot K_p.$$

Склад основного обладнання:

- контрольний стенд для перевірки напівосей – $f_1 = 2,0 \text{ м}^2$;
- твердомір – $f_2 = 1,0 \text{ м}^2$;
- стіл для оформлення документації та зберігання вимірювального інструменту – $f_3 = 1,0 \text{ м}^2$.

$$\Sigma f_{\text{обл}} = 2,0 + 1,0 + 1,0 = 4,0 \text{ м}^2;$$

$$K_p = 4;$$

$$F_k = 4,0 \cdot 4 = 16,0 \text{ м}^2.$$

Ця площа забезпечує розміщення контрольного обладнання та створює умови для виконання точних вимірювань та документування результатів.

2.11.7 Узагальнення розрахунків площ виробничих ділянок

За результатами розрахунків площ основних виробничих ділянок ремонтної ділянки з відновлення напівосей ведучих мостів маємо дані, наведені в таблиці 2.Х.

Таблиця 2.13 – Розрахунок площ виробничих ділянок

№ п/п	Найменування ділянки	Площа, м ²
1	Ділянка збирально-мийних робіт	17,4
2	Ділянка приймання та видачі деталей	21,75
3	Дефектувальна ділянка	20,0
4	Ділянка наплавлення напівосей	30,0
5	Ділянка механічної обробки напівосей	44,0
6	Контрольно-випробувальна ділянка	16,0
7	Разом по виробничих ділянках	149,15

З урахуванням додаткових площ на проходи, допоміжні приміщення, вентиляційні та електротехнічні шафи, приймаємо коефіцієнт збільшення загальної площі 1,1. Тоді розрахункова загальна площа виробничого корпусу:

$$F_{\text{заг}} = 149,15 \cdot 1,1 \approx 165 \text{ м}^2.$$

2.11.8 План розміщення обладнання

Планування виробничого корпусу виконується з урахуванням послідовності технологічного процесу відновлення напівосей та зручності внутрішньоцехових потоків. В'їзні ворота розташовують з боку ділянки технічного обслуговування та демонтажно-монтажних робіт (при наявності такого підрозділу), поруч розміщується ділянка збирально-мийних робіт, де виконується очищення деталей перед дефектуванням.

Після мийної ділянки по ходу технологічного процесу розміщується дефектувальна ділянка, далі – ділянка наплавлення, за нею – ділянка механічної обробки, та в кінці – контрольно-випробувальна ділянка і зона видачі/складування відремонтованих напівосей. Таким чином забезпечується лінійний напрямок руху деталей без перехрещення потоків «брудних» і «чистих» заготовок.

Обладнання розміщується переважно вздовж стін виробничого корпусу з організацією центрального проходу шириною не менше 1,5–2,0 м для переміщення деталей та пересування персоналу. На ділянці наплавлення передбачаються збільшені розриви між обладнанням для дотримання вимог пожежної безпеки та розміщення вентиляційних пристроїв. У ділянці механічної обробки верстати розташовують таким чином, щоб довгі напівосі можна було встановлювати без перешкод у зонах обслуговування, а контрольні пристосування і вимірювальний стіл – у безпосередній близькості до шліфувального та токарного верстатів.

Такий план розміщення обладнання забезпечує раціональну організацію технологічного процесу, мінімізацію внутрішньоцехових переміщень,

безпечні умови праці та можливість подальшої модернізації ділянки за рахунок додавання нових постів.

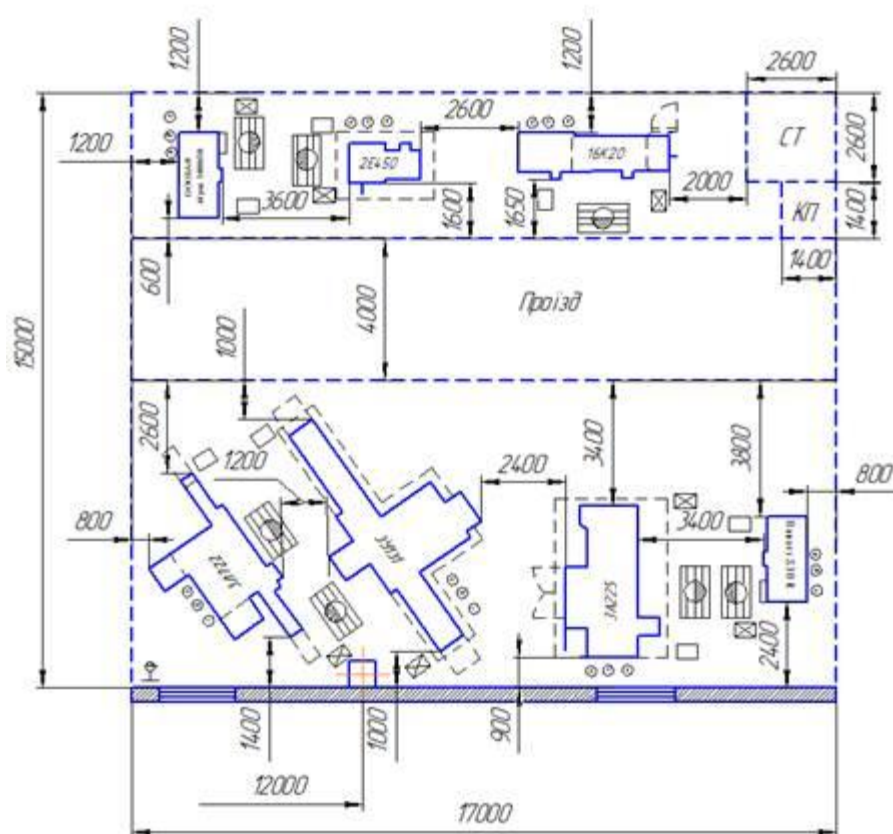


Рисунок 2.7 – Конструктивна схема планування виробничого корпусу

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Вибір та функціональне призначення пристосувань. Конструкції та принцип роботи

На виробничих дільницях, де виконуються роботи з ремонту ходової частини автомобілів, особливу увагу приділяють застосуванню таких технологічних конструкцій та оснащення, які забезпечують покращення умов праці, підвищення продуктивності та суворе дотримання вимог охорони праці. Рационально спроектовані пристосування і допоміжні механізми повинні мінімізувати фізичне навантаження на працівників, підвищувати точність ремонтних операцій і забезпечувати стабільність та безпеку технологічного процесу.

Одним із ключових елементів оснащення ремонтної дільниці є пристрій для піддомкращування ведучих мостів автомобілів, призначений для піднімання, фіксації та підтримування деталей ходової частини під час виконання ремонтно-відновлювальних операцій. Таке оснащення істотно знижує ризики травматизму та запобігає порушенню технологічної послідовності, оскільки забезпечує надійність утримування вузлів у необхідному положенні.

Залежно від складності технологічного процесу та типу робіт, дільниця ремонту ходової частини має бути оснащена обладнанням, яке дозволяє здійснювати безперешкодне, швидке та безпечне розбирання і збирання вузлів та агрегатів автомобіля. Це включає підйомно-транспортні механізми, спеціальні стенди для фіксації деталей, гідравлічні підйомники, універсальні опори та елементи забезпечення стабільності конструкцій під час ремонту.

3.2 Принцип роботи пристосування для піддомкращування ведучих мостів

Пристосування для піддомкращування ведучих мостів автомобілів конструктивно складається з жорсткої опорної рами, ланцюгової передачі та

гвинтового домкрата, встановленого на рамі. Важливою складовою модернізації такого обладнання є вдосконалення гвинтового домкрата з метою підвищення рівня безпеки праці, оскільки роботи на ділянці ремонту ходової частини пов'язані з дією значних мас автомобіля, габаритністю навісного обладнання та необхідністю забезпечення стійкого положення агрегатів, що знімаються або ремонтуються.

Гвинтовий домкрат призначений для підймання, підтримування та фіксування елементів ходової частини автомобілів під час виконання ремонтних операцій. Під час підняття автомобіля на загальному підйомнику виконують його початкове вивішування. Після цього під півосі або підрамники встановлюють домкрати та здійснюють їх підтягування до моменту повного вирівнювання автомобіля в горизонтальній площині. Такий підхід забезпечує рівномірний розподіл навантаження та запобігає небезпечним перекосам конструкції.

Конструкція домкрата є комбінованою та включає корпус, різбову втулку та рухомий гвинтовий шток. Корпус домкрата виготовлений разом з литою основою, що забезпечує підвищену жорсткість. У верхній частині корпусу встановлюється втулка з внутрішньою гвинтовою різьбою. Рухомий шток вкручується в різьбу втулки, забезпечуючи вертикальне переміщення опорної платформи.

У корпусі домкрата та у втулці виконано технологічний отвір, який під час збирання повинен строго співпасти. Через цей отвір встановлюється фіксувальний гвинт, що забезпечує надійну фіксацію положення основного різбового елемента — штока, запобігаючи його мимовільному переміщенню під дією навантаження.

Рухомий гвинт складається з двох різбових елементів, що з'єднані між собою за принципом «гвинт у гвинті». Така конструкція дозволяє забезпечити значний робочий хід при збереженні компактності домкрата. На зовнішньому штоку виконано отвір для монтажу ручки, за допомогою якої здійснюється обертання різбового механізму. Крім того, на зовнішню частину штока

встановлюється опорна платформа, у якій також передбачено отвір для ручки, що дозволяє регулювати положення платформи незалежно від основного гвинтового елемента.

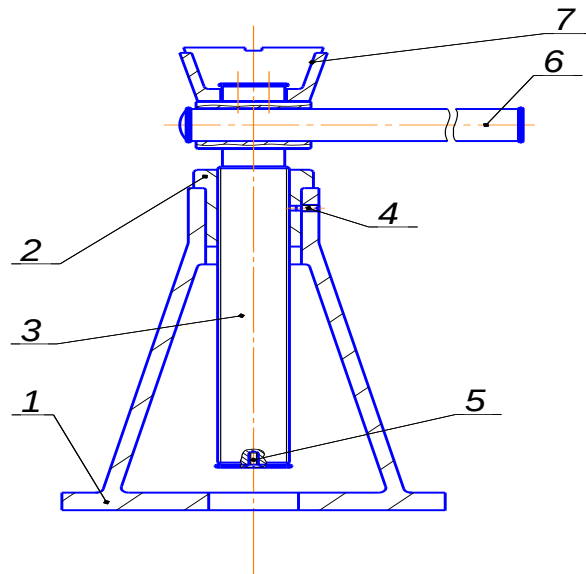


Рисунок 3.1. – Схема будови гвинтового домкрата

1- корпус домкрата ; 2 – втулка корпусу домкрата; 3 – рухомий гвинт; 4 – гвинт для контролю висоти підйому; 5 – гвинт для контролю рівня мастильного матеріалу; 6 – рукоятка; 7 – робоча опорна платформа.

3.3 Розрахунок силових параметрів проектної конструкції гвинтового домкрата

У випадку, нерівномірного характеру розподілу силового навантаження на витки різьбової поверхні, а також при врахуванні величини зносу контактуючих поверхонь гвинтового домкрата, значення середнього діаметра різьбової поверхні визначається із умови граничної зносостійкості однієї із контактуючих поверхонь.

$$p = \frac{F \cdot K_{HP}}{A} \leq [p],$$

Де: F – розрахункова сила, яка діє в осьовому напрямку;

A – приведена площа різьбової зношеної поверхні;

K_{HP} – поправочний коефіцієнт при врахуванні нерівномірного характеру розподілу силового навантаження на витки різьбової поверхні, $K_{HP}=1$;

Визначення площі різьбової поверхні з числом витків z_b , яка підлягає зношуванню:

$$A = \pi d_2 H_1 z_b,$$

Де: d_2 – середній діаметр різьбової поверхні;

H_1 – висота робочого профілю різьбової поверхні;

z_b – прийняте число робочих витків різьбової поверхні, яке залежить від параметрів висоти гайки НГ і кроку різьбової поверхні, $z_b = H_\Gamma / p$.

$$p_{изн} = \frac{FK_{HP}}{\pi d_2^2 \cdot \frac{H_\Gamma}{d_2} \cdot \frac{H_1}{p}} \leq [p_{изн}].$$

Де: $\Psi_{H\Gamma} = H_\Gamma / d_2$ – коефіцієнт із врахуванням висоти гайки, $\Psi_{H\Gamma} = 1.4$;

$\Psi_{H1} = H_1 / p$ – коефіцієнт із врахуванням висоти різьбової поверхні, $\Psi_{H1} = 0.75$ – при полегшеній різьбового з'єднання.

Формула для визначення середнього діаметра різьбової поверхні:

$$d_2' = \sqrt{\frac{FK_{HP}}{\pi \Psi_{H\Gamma} \Psi_{H1} [p]}},$$

Де: $[p]$ величина граничного питомого тиску в різьбовому з'єднанні, 12

$$d_2' = \sqrt{\frac{15000 \cdot 1}{3.14 \cdot 1.4 \cdot 0.75 \cdot 12}} = 19.5 \text{ мм.}$$

Після аналітичного визначення середнього діаметра різьбової поверхні d_2 вибираються необхідні розміри відповідного типу різьбової поверхні, мм:

$$d=24; d_1=16,5; d_2=20,25; d_3=15,322; p=5 \text{ мм.}$$

$$p = \frac{15000 \cdot 1}{3.14 \cdot 20.25^2 \cdot 1.4 \cdot 0.75} = \frac{15000}{1351.98} = 11.09 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

Отже, задана умова на міцність різьбового з'єднання виконується, як і виконується умова для її самовідкручування.

$$\psi \leq \phi'$$

Де: ψ - величина кута підйому витка різьбової поверхні;

φ^I – приведений кут тертя різьбової поверхні;

Формула для визначення кута підйому різьбової поверхні:

$$\psi = \arctg P / \Pi d_2$$

Формула для визначення приведенного кута тертя на різьбовій поверхні:

$$\varphi^I = \arctg f^I$$

Де: f^I – приведений коефіцієнт тертя на різьбовій поверхні

$$f' = \frac{f}{\cos 3^\circ};$$

f – прийнятий коефіцієнт тертя на різьбовій поверхні, $f=0,1$.

$$f' = \frac{0.1}{0.998} \approx 0.1;$$

$$\varphi' = \arctg 0.1 \approx 6^\circ$$

$$\psi = \arctg \frac{5}{3.14 \cdot 20.25} \approx 4.5^\circ$$

Отже, умова неможливості самовикручування різьбового з'єднання виконується.

Визначаємо необхідне число витків різьбової поверхні гайки:

$$z_\epsilon = \frac{\psi_{HG} \cdot d_2}{P} \leq 10;$$

$$z_\epsilon = \frac{1.4 \cdot 20.25}{5.0} = 5.67;$$

Формула для перевірки вибраного числа витків різьбової поверхні гайки при забезпеченні умови міцності на деформацію зрізу:

$$\tau = \frac{F}{\pi d k H_\Gamma} \leq [\tau],$$

Де: d – розрахований зовнішній діаметр різьбової поверхні силового гвинта;

k – поправочний коефіцієнт при врахуванні типу різьбової поверхні, $k=0,65$;

H_Γ – прийнята висота різьбової поверхні гайки;

$[\tau]$ – допустиме значення напруження при деформації зрізу;

$$[\tau] = \frac{0,6\sigma_T}{S};$$

Де: σ_T – граничне значення параметру текучості матеріалу гайки;

S – прийнятий коефіцієнт запасу міцності матеріалу гайки.

$$[\tau] = \frac{0,6 \cdot 200}{3} = 40 \text{ Н/мм}^2;$$

$$H_T = 5 \cdot 5,67 = 28,35 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартне значення параметра H_T

$$\tau = \frac{15000}{3,14 \cdot 24 \cdot 0,65 \cdot 28,35} = \frac{15000}{1388,69} = 10,8 \text{ Н/мм}^2 ;$$

Отже, умова міцності виконується.

Перевірочний розрахунок гвинта на міцність. Найбільш небезпечним місцем перетину, щодо силового гвинта є перетин, який проходить по внутрішньому діаметру різьбової поверхні і буде знаходитися вище місця кріплення гайки в корпусі підйомника.

Формула для визначення еквівалентного напруження в місці різьбового з'єднання:

$$\sigma_{\text{з}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{\left[\frac{4F}{\pi d_3^2}\right]^2 + 4\left[\frac{T}{0,2d_3^3}\right]^2} \leq [\sigma],$$

Де: σ - величина напруження стискування з'єднання ;

τ - напруження кручення від дії моменту сил тертя в різьбовому з'єднанні;

T - граничне значення крутного моменту розглядуваного перетину;

$[\sigma]$ - допустима величина напруження при стискуванні;

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{S}.$$

Для розробленої конструкції домкрата величина крутного моменту T , у найбільш небезпечній площині перетину силового гвинта приймається рівною величині моменту від сил тертя в різьбовому з'єднанні.

Формула для визначення параметра об'єднаної умови міцності і стійкості для гвинтів від дії сили стиску:

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \varphi[\sigma];$$

Де: A – прийнята площа поперечного січення гвинта по величині діаметра d_3 ;

φ - допустимий коефіцієнт при можливому пониженні напруження,
 $\varphi = f(\lambda)$

Формула для визначення параметрів гнучкості стрижня від дії зовнішніх сил:

$$T = T_p = F \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\psi + \varphi');$$

$$T = 15000 \frac{20,25}{2} \operatorname{tg} 10,5^\circ = 28148,367 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\begin{aligned} \sigma_\varphi &= \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 15000}{3,14 \cdot 15,32^2} \right)^2 + 4 \left(\frac{28148,367}{0,2 \cdot 15,32^3} \right)^2} \\ &= \sqrt{81,41^2 + 39,14^2} = 90,33 \text{ Н} / \text{мм}^2; \end{aligned}$$

$$[\sigma] = \frac{360}{3} = 120;$$

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}}$$

Де: μ - коефіцієнт приведення довжини при якому враховується конкретний спосіб закріплення кінців гвинта. При положенні гвинта в гайці методом закладення і при розгляді опорної поверхні гвинта у вигляді шарніра, $\mu = 0,7$;

Де: l – прийнята відстань між опорою та серединою висоти гайки;

$$l = H + \frac{H_{\Gamma}}{2};$$

$$l = 250 + \frac{28,35}{2} = 264,175 \text{ мм};$$

$$l = H + \frac{H_{\Gamma}}{2};$$

$$l = 250 + \frac{28,35}{2} = 264,175 \text{ мм};$$

$I_{\min}$ - радіус інерції січення гвинта:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J}{A}} = \frac{d_3}{4};$$

J - момент інерції січення гвинта:

$$J = \frac{\pi d_3^4}{64};$$

$$i_{\min} = \frac{15,322}{4} = 3,83;$$

$$\lambda = \frac{0,7 \cdot 264,175}{3,83} = 48,28;$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 15,322^2}{4} = 161,02 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma = \frac{15000}{161,02} = 93,156 \text{ Н/мм}^2;$$

$I_{\min}$ – мінімальний радіус інерції січення гвинта:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J}{A}} = \frac{d_3}{4};$$

J - момент інерції січення гвинта:

$$J = \frac{\pi d_3^4}{64};$$

$$i_{\min} = \frac{15,322}{4} = 3,83;$$

$$\lambda = \frac{0,7 \cdot 264,175}{3,83} = 48,28;$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 15,322^2}{4} = 161,02 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma = \frac{15000}{161,02} = 93,156 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\varphi[\sigma] = 0,89 \cdot 120 = 106,8 \text{ Н/мм}^2$$

Отже, необхідна умова міцності виконується, $\sigma \leq \varphi[\sigma]$

Визначення оптимальних геометричних розмірів гайки. Величина зовнішнього діаметра гайки D2 визначається виходячи з умови міцності її матеріалу на деформації розтягування і кручення:

$$D_2 = \sqrt{\frac{4\beta F}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d^2},$$

Де: $[\sigma_p]$ – величина допустимого напруження при розтягуванні:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{S};$$

β - поправочний коефіцієнт, який враховує дотичне напруження, 1,3

$$t = \frac{15000}{3,14 \cdot 30,8 \cdot 40} = 3,9 \text{ мм}$$

$$[\sigma_p] = \frac{200}{3} = 66,6;$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 15000}{3,14 \cdot 66,6} + 24^2} = 30,8 \text{ мм};$$

Розмір діаметра гайки D3 визначають виходячи з умови заданої міцності матеріалу бурту проти зминання:

$$D_3 = \sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma_{cm}]} + D_2^2},$$

Де: $[\sigma_{cm}]$ – величина допустимого напруження зминання:

$$[\sigma_{cm}] = 0,9 \cdot \sigma_T = 180$$

$$D_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 15000}{3,14 \cdot 180} + 30,8^2} = 32,67 \text{ мм};$$

Розмір висоти бурта гайки визначається виходячи з умови міцності матеріалу бурта на деформацію зрізу:

$$t = \frac{F}{\pi \cdot D_2 [\tau]},$$

Де: $[\tau]$ - допустиме напруження зрізу;

$$[\tau] = \frac{0,6 \cdot \sigma_T}{S};$$

$$[\tau] = \frac{0,6 \cdot 200}{3} = 40 \text{ Н/мм}^2$$

$$t = \frac{15000}{3,14 \cdot 30,8 \cdot 40} = 3,9 \text{ мм}$$

$$T_{\sigma} = 15000 \cdot 0,15 \cdot \left(\frac{30,8 + 32,67}{4} \right) = 35707,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Порядок визначення основних геометричних розмірів стопорного гвинта. Під час експлуатації домкрата необхідно забезпечити умову, щоб гайка не мала можливості провертатися в корпусі домкрата від дії моменту сил тертя в різьбовому з'єднанні T_p .

Формула для визначення протидіючого моменту сил тертя, який виникає між буртом гайки і корпусом домкрата і запобігає само відкручуванню різьбового з'єднання:

$$T_{\delta} = F \cdot f \cdot \left(\frac{D_2 + D_3}{4} \right),$$

Де: f – коефіцієнт тертя для пари тертя, сталь - бронза

$$f = 0,15$$

$$T_{\delta} = 15000 \cdot 0,15 \cdot \left(\frac{30,8 + 32,67}{4} \right) = 35707,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{\delta} > T_p$$

$$35707,5 > 28148,37$$

При виконанні вищезгаданих умов гайка в корпусі домкрата не повернеться.

Визначаємо розміри силового гвинта домкрата:

$$d_{\epsilon} = \frac{D_2 - d}{2}; l_{\epsilon} = 1,5d_{\epsilon};$$

$$d_{\epsilon} = \frac{30,8 - 24}{2} = 3,4; l_{\epsilon} = 1,5 \text{ мм};$$

Визначаємо габаритні розміри корпусу домкрата. В якості заготовки зварної конструкції даного домкрата вибрана труба із внутрішнім діаметром D_4 , яка виготовлена із сталі 3

Зовнішній діаметр вибраної труби D_5 вибирають враховуючи величину припуску на механічну обробку при розточуванні для забезпечення необхідної посадки гайки в корпусі домкрата, а також із забезпеченням необхідної умови міцності даної поверхні на деформацію стиску.

$$D_4 = D_2 - 2 = 30,8 - 1,8 = 29 \text{ мм}$$

$$D_5 = \sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma]} + D_2^2} \geq D_3, ;$$

Де: $[\sigma]$ - допустиме напруження стиску;

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{S} = \frac{250}{3} = 83,3 \text{ Н/мм}^2$$

$$D_5 = \sqrt{\frac{4 \cdot 15000}{3,14 \cdot 83,3} + 30,8^2} = 34,32 \text{ мм}$$

Визначення товщини стінки труби:

$$\delta = \frac{D_5 - D_4}{2} = \frac{34,32 - 29}{2} = 2,66 \text{ мм.}$$

В результаті розрахунків приймаємо: $D_5 = 38 \text{ мм}$
 $\delta = 3 \text{ мм}$

Визначаємо необхідний діаметр опорної поверхні домкрата D_6 із врахуванням умови міцності при недопустимій деформації опорного майданчика під домкратом:

$$D_6 = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot [\sigma_{см}]} + D_4^2},$$

Де: $[\sigma_{см}]$ - допустиме напруження зминання;

$$D_6 = \sqrt{\frac{4 \cdot 15000}{3,14 \cdot 8} + 29^2} = 56,83 \text{ мм}$$

Приймаємо значення $D_6 = 57 \text{ мм}$

3.4 Пристосування для контролю шліців напівосей після наплавлення та механічної обробки

Для забезпечення стабільної якості відновлення шліцьових з'єднань напівосей ведучих мостів розроблено спеціальне пристосування для контролю геометричних параметрів шліців після наплавлення та фінішної механічної обробки. Пристосування призначене для перевірки: радіального та торцевого биття шліцьової частини, точності ділильного діаметра, кроку шліців, бічного зазору між шліцами та відповідності профілю зубів вимогам технічних умов.

Конструктивно пристосування являє собою жорстку станину у вигляді прямокутної плити, на якій встановлені дві опорні бабки з центрами для встановлення напівосі, опорна призма під середню частину вала для зменшення прогину, а також вимірювальний модуль з індикатором годинникового типу та

набором калібрів для контролю ділильного діаметра і профілю шліців. На правій частині плити закріплено задню бабку з рухомим пінолем, який має конічний центр, що входить у центровий отвір напівосі. Ліва бабка виконує роль нерухомої опори і має нерухомий центр, з'єднаний через упорний підшипник з рукояткою для плавного повороту напівосі при виконанні вимірювань. Така схема встановлення забезпечує базування деталі по її осі обертання, що дозволяє отримати реальні значення радіального та торцевого биття шліцьової частини відносно базових шийок.

На верхній поверхні станини між бабками змонтовано опорну призму, яка підтримує середню частину напівосі, знімаючи частину власної ваги та зменшуючи провисання вала. Призма має регульовану по висоті опорну поверхню, що дає змогу налаштовувати її під різні типорозміри напівосей без порушення центрування по базових центрах. Поверхня призми загартована та шліфувана до шорсткості не гірше Ra 1,25 мкм, що зменшує ризик додаткового зношування та подряпин на відновленій поверхні вала.

Вимірювальний модуль розташований на рухомій стійці, яка може переміщуватися вздовж осі напівосі та фіксуватися у потрібному положенні. На стійці закріплений тримач індикатора годинникового типу з можливістю регулювання по висоті та радіусу, що дозволяє підводити вимірювальний стрижень до будь-якої точки поверхні шліцьової частини. Індикатор використовується для контролю радіального биття ділильного діаметра шліців та торцевого биття торцевої поверхні фланця напівосі. Під час вимірювань напівось плавно обертають за допомогою рукоятки на нерухомій бабці, а покази індикатора фіксують у положеннях максимальної та мінімальної відміток, за якими визначають величину биття. Допустимі значення радіального биття ділильного діаметра встановлюються технічними умовами і, як правило, не повинні перевищувати 0,05...0,10 мм, торцеве биття фланця – не більше 0,1 мм.

Для контролю ділильного діаметра і бічного зазору шліців у складі пристосування передбачено комплект калібрів у вигляді вимірювальних втулок

з внутрішніми шліцами (прохідних і непрохідних) та шліцевих шаблонів. Внутрішня поверхня калібр-втулки має профіль, відповідний номінальному профілю шліців напівосі за модулем, кількістю шліців і кутом профілю. Калібр з маркуванням «прохід» повинен вільно, але без помітних люфтів, надягатися на шліцеву частину напівосі по всій довжині робочої поверхні. Калібр «непрохід» при правильній обробці шліців не повинен насаджуватися на номінальну ділянку шліцевої частини. Такий контроль дозволяє оперативно оцінити відповідність ділильного діаметра та товщини зуба допускам для евольвентних шліцевих з'єднань.

Для оцінки бічного зазору використовується комплект щупів, які вводяться між боковою поверхнею зуба калібру-втулки та відповідною поверхнею зуба напівосі. На основі виміряного зазору визначають реальне значення бічного зазору в зачепленні, яке повинно знаходитися в межах, заданих технічними умовами (як правило, 0,04...0,10 мм залежно від класу точності). При необхідності виконується локальне коригування профілю шліців методом доробки або повторного шліфування.

Окремо у пристосуванні передбачений елемент для контролю похибки кроку шліців. Для цього на станині встановлюється поворотний диск з фіксаторами, який задає еталонні кутові положення, відповідні міжосьовому кроку шліців. На диск нанесена шкала, пов'язана з нульовим положенням однієї із западин шліцевої частини. Індикаторний вимірювач з радіальним щупом встановлюється таким чином, щоб стрижень входив у западину між зубцями. Поступово обертаючи напіввісь по фіксованих кутових положеннях, фіксують відхилення індикатора і таким чином визначають похибку кроку шліців. Якщо різниця показів перевищує допустиме значення (наприклад, 0,015 мм), деталь підлягає повторній обробці або бракуванню.

Роботу пристосування доцільно розглянути поетапно. На першому етапі напівось після механічної обробки встановлюють між центрами бабок, налаштовують висоту опорної призми та фіксують напіввісь у робочому положенні. Проводять перевірку радіального та торцевого биття з

використанням індикатора. У разі перевищення допустимих значень деталей повертають на операцію правки. На другому етапі виконують контроль шліців за допомогою калібр-втулок «прохід/непрохід» та щупів, оцінюючи відповідність ділильного діаметра і бічного зазору заданим допуском. На третьому етапі здійснюють перевірку похибки кроку та профілю шліців, використовуючи поворотний диск із фіксаторами та індикаторний вимірювач. Лише після успішного проходження всіх етапів контролю напівось вважається придатною до встановлення на ведучий міст.

Конструкція пристосування передбачає можливість швидкої переналадки під напівосі різної довжини та діаметра шляхом перестановки бабок по Т-подібних пазах на станині, регулювання положення опорної призми та стійки з індикатором. Основні силові та опорні елементи пристосування виготовляються зі сталі 45 з наступною термічною обробкою до твердості HB 200...240, опорні поверхні центрів і призми додатково гартуються до твердості HRC 50...55 для забезпечення зносостійкості. Це дозволяє експлуатувати пристосування протягом тривалого часу без втрати точності вимірювань.

Загальний вигляд розробленого пристосування для контролю шліців напівосей після наплавлення та механічної обробки показано на рисунку 3.2,

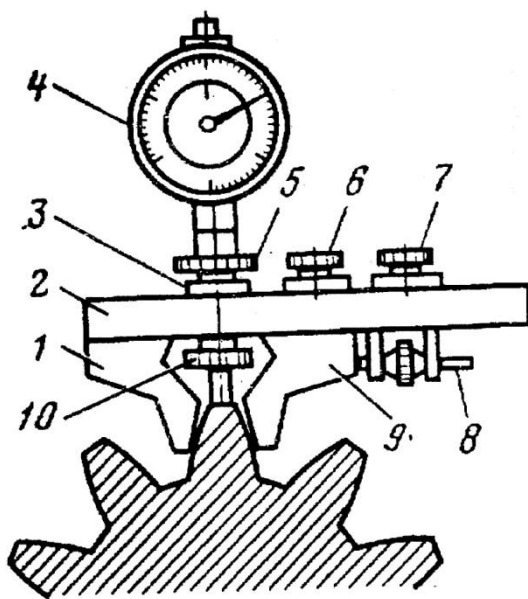


Рисунок 3.2 - Загальний вигляд розробленого пристосування для

контролю шліців напівосей

1 – станина пристосування; 2 – нерухома опорна бабка з центром та рукояткою для обертання; 3 – рухома задня бабка з пінолем; 4 – опорна призма; 5 – стійка вимірювального модуля; 6 – індикатор годинникового типу; 7 – тримач для калібр-втулок; 8 – калібр-втулка «прохід»; 9 – калібр-втулка «непрохід»; 10 – комплект щупів для контролю бічного зазору; 11 – поворотний диск з фіксаторами для контролю кроку шліців.

3.5 Пристосування для правки напівосей при наявності прогину

Для відновлення геометричної прямолінійності напівосей ведучих мостів після тривалої експлуатації або після процесу наплавлення, розроблено спеціальне пристосування, що забезпечує усунення згинальних дефектів шляхом прикладання контрольованого зусилля у зоні максимального прогину. Правка виконується за холодною технологією, що дозволяє зберегти структуру металу та твердість поверхневих шарів, забезпечуючи високу точність відновленої деталі.

Пристосування складається з жорсткої станини 1, на якій встановлено дві опори 2 і 3, призначені для фіксації кінцевих шийок напівосі. Опори мають змінні опорні втулки, що дозволяє пристосування використовувати для напівосей різних діаметрів і конфігурацій. Висота опор регулюється, що забезпечує можливість точного виставлення деталі в горизонтальне положення для подальшої правки.

Посередині між опорами розташовано гідравлічний домкрат 6, через який створюється необхідне навантаження на напіввісь. Робочий тиск на домкрат передається через правлячий пуансон 8 зі сферичною робочою поверхнею, що запобігає появі локальних вм'ятин при прикладанні зусилля. Зусилля домкрата регулюється вручну з допомогою гвинта 7, що забезпечує плавне доведення прогину до нормативного значення.

Для визначення величини початкової деформації та контролю процесу

правки передбачено два вимірювальних елементи (контрольні опори) 9 і 10 з індикаторами годинникового типу. Індикатори розміщуються по обидва боки від зони максимального прогину й дозволяють встановити величину радіального відхилення осі напівосі від номінального положення з точністю до 0,01 мм. Таким чином здійснюється вимірювання як початкового прогину, так і величини компенсації після прикладання зусилля.

Робота пристосування виконується за наступною технологічною послідовністю:

Напіввісь встановлюється на опори та центрується по базових поверхнях.

За допомогою індикаторів визначається максимальна зона прогину.

Радіус правлячого пуансона вирівнюється з точкою максимальної деформації.

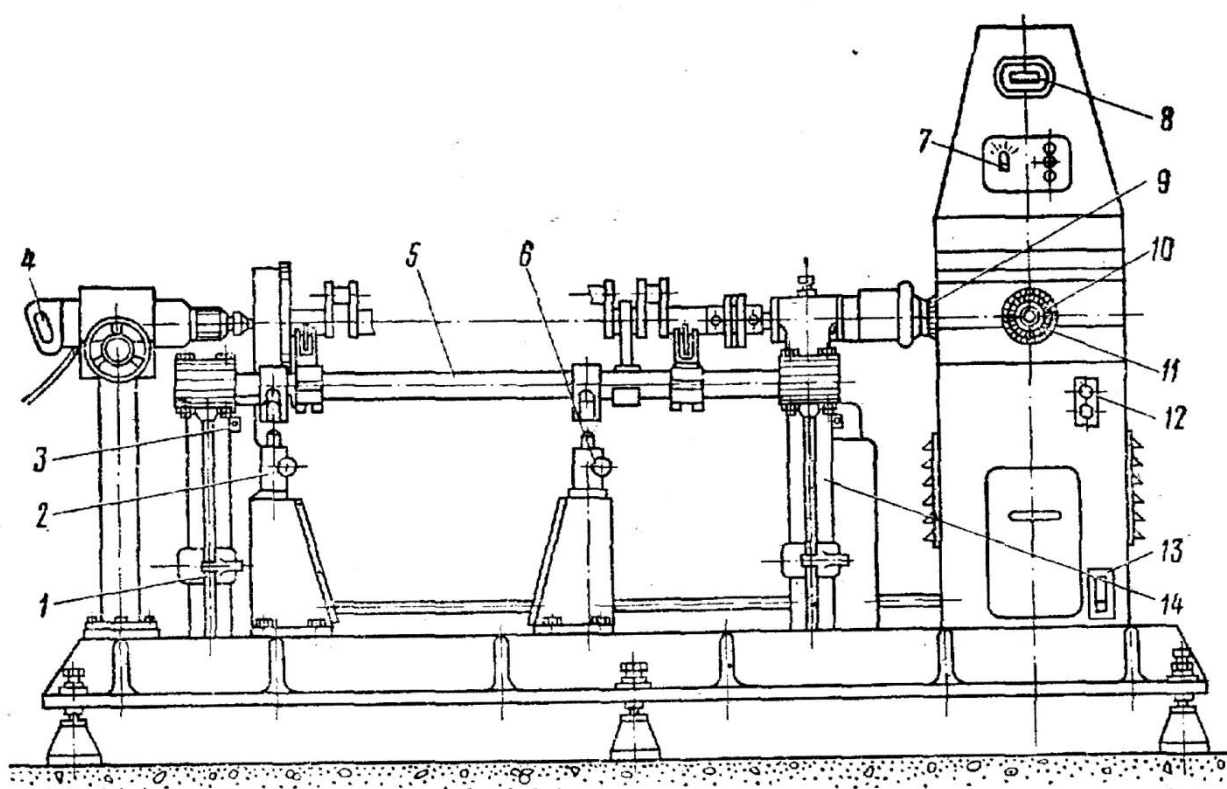


Рисунок 3.3 - Пристосування для правки напівосей при наявності прогину

Плавним підвищенням зусилля домкрата здійснюється корекція прогину. Після кожного кроку правки виконується контроль індикаторами. Операція повторюється до досягнення залишкового прогину не більше 0,1 мм на довжині

деталі згідно технічних вимог. Конструкція пристосування забезпечує: високу жорсткість та стабільність базування деталі, точне розташування зони прикладення зусилля, мінімальну ймовірність формування залишкових напружень у матеріалі, можливість універсального застосування для напівосей різних типорозмірів.

Матеріалом для виготовлення основних силових елементів пристосування прийнята конструкційна сталь 45 з подальшим загартуванням до твердості HRC 40...45 на поверхнях контакту. Опорні втулки виготовляються зі сталі 40Х з поверхневою цементацією для підвищення зносостійкості.

Розроблений пристрій забезпечує зниження трудомісткості процесу правки напівосей на 25...30% у порівнянні зі стандартними методами, а також підвищення їх відновленої геометричної точності, що позитивно впливає на подальшу зносостійкість шліцьових з'єднань та підшипникових вузлів ведучих мостів.

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Вплив забруднення мастила на зношування і довговічність вузлів тертя автомобілів

У процесі експлуатації машинно-тракторних агрегатів та автомобільної техніки поверхні деталей, що працюють у режимах тертя, піддаються різним видам ушкоджень, які безпосередньо впливають на довговічність та надійність трибоспряження. Значна частина цих дефектів пов'язана із властивостями мастильного матеріалу та умовами його подачі. Невідповідність мастильного середовища нормативним параметрам або помилки під час його підведення можуть призвести до прискореного зношування, появи задирів, локальних руйнувань та температурних перевантажень деталей.

Одним з поширених чинників є неправильний вибір мастильного матеріалу. Використання оливи з недостатньою в'язкістю, відсутністю або недостатньою концентрацією протизносних та антифрикційних присадок, а також невідповідною термічною стабільністю часто спричиняє порушення умов гідродинамічного змащування. У таких випадках на поверхнях можуть виникати задири, мікрозварювання, заїдання та інші форми інтенсивного контактного навантаження.

Другим важливим фактором є неправильний вибір способу змащування. Застосування змащування зануренням, мастильного туману, струминного або комбінованих методів має ґрунтуватися на аналізі конструкції вузла, швидкостей ковзання, теплових потоків та навантажень. Невірно підібраний метод може не забезпечити необхідного режиму мастильної плівки, що веде до переходу з гідродинамічного або змішаного тертя у граничне, з різким зростанням інтенсивності зношування.

Не менш суттєвим є невірне дозування мастильного матеріалу. Недостатня кількість оливи унеможливорює створення стійкої мастильної плівки, що провокує перегрів тертьових поверхонь і виникнення задирів. У

свою чергу, надлишок мастила може спричиняти труднощі у роботі маслознімних кілець, збільшувати гідродинамічні втрати у коробках передач, сприяти піноутворенню, локальному перегріву та погіршенню експлуатаційних властивостей оливи.

Важливою складовою є правильність підведення мастильного матеріалу до зони тертя. Недостатньо точне формування мастильних канавок, некоректне розташування свердлень або каналів, а також порушення їх геометрії можуть спричинити нерівномірне постачання мастила. Для зубчастих передач помилкове орієнтування струменевого змащування здатне викликати контактні руйнування зубців, прискорене фретинг-зношування та мікропітинг.

Одним з критичних факторів, що визначають ресурс вузлів тертя, є забрудненість мастильного матеріалу твердими частинками. Абразивні вclusions у мастилі викликають інтенсивне абразивне зношування поверхонь, а окремі частинки здатні провокувати локальні захоплювання в прецизійних парах. У підшипниках кочення проникнення твердої частинки між тілами кочення та доріжкою бігу спричиняє локальні перевантаження, появу лунок, бринелювання та подальші втомні руйнування.

Найглибше вплив абразивних частинок вивчено на прикладі циліндрово-поршневої групи двигунів внутрішнього згорання. Дослідження показали, що зростання концентрації кварцових частинок у пилу, що надходить у двигун разом з повітрям, значно прискорює зношування поршневих кілець та поверхні гільзи циліндра. На рис. 4.1 представлено характерну залежність швидкості зношування від кількісного вмісту абразивної фракції у повітрі, що надходить у двигун.

Таким чином, правильний вибір мастильного матеріалу, способу його підведення, кількості та ступеня очищення є ключовими передумовами забезпечення довговічності трибосполучень і стабільності експлуатаційних властивостей машин.

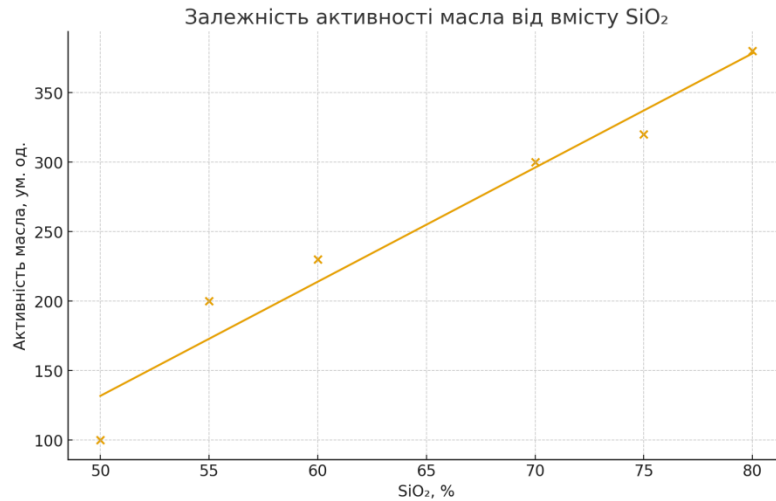


Рисунок 4.1. Вплив вмісту в пилу кварцу на інтенсивність зношування поршневих кілець

Інтенсивність зношування деталей циліндрово-поршневої групи безпосередньо залежить від кількості та складу абразивних частинок, що потрапляють у двигун разом із повітрям. Зі збільшенням запиленості повітря, яке надходить у циліндр, інтенсивність зношування поршневих кілець суттєво зростає (рис. 4.2). Ця залежність обумовлена тим, що абразивні частинки, потрапляючи в зону контакту «кілець – гільза», руйнують мастильну плівку, провокують локальні мікрорізання та формування задирів.

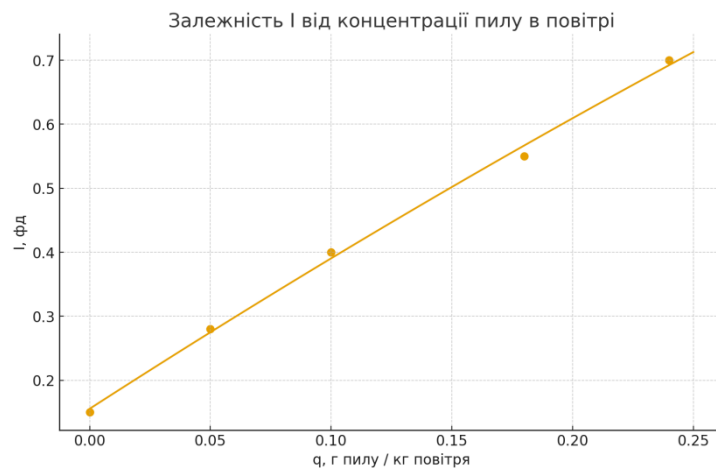


Рисунок 4.2. Вплив запиленості повітря на інтенсивність зношування поршневих кілець

Найбільш руйнівний вплив на поршневі кільця мають частинки пилу

розміром приблизно 20 мкм (рис. 4.3). Саме такі частинки за своїми розмірами найбільш ефективно проникають у мікрозазори, порушують умови гідродинамічного тертя і створюють локальні концентратори напружень.

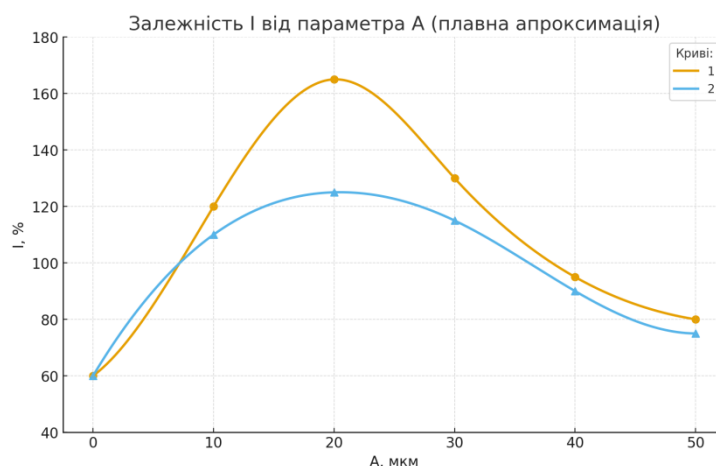


Рисунок 4.3. Вплив розміру частинок пилу на інтенсивність зношування поршневих кілець за різних умов експлуатації

- 1 – середовище з підвищеним вмістом пилу;
- 2 – середовище з помірним вмістом пилу.

Дуже дрібні частинки (менше 10 мкм) зазвичай проходять крізь мастильну плівку без суттєвого руйнування поверхонь, тоді як надто великі частинки (40 мкм і більше) швидко руйнуються або відкидаються поршнем і не спричиняють інтенсивного абразивного зношування. Найнебезпечнішою є саме фракція середнього розміру, для якої характерне комбінаційне руйнування: механічне мікрорізання, руйнування мастильної плівки та локальний перегрів контактних поверхонь.

При підвищеній запиленості повітря та інтенсивному забрудненні мастильного матеріалу руйнування зазнають не лише робочі кромки поршневих кілець. Абразивні частинки викликають значне зношування бічних поверхонь кілець, а також стінок канавок поршня, що призводить до порушення газодинамічної герметичності і збільшення прориву газів у картер.

Накопичення абразивних частинок у мастилi спричиняє прогресуюче

зношування гільз циліндрів та кілець, зумовлюючи: збільшення витрати оливи; зниження ефективного ККД двигуна; прискорений прогрес зношування; скорочення загального ресурсу двигуна.

Тверді включення у мастилі негативно впливають також на маслоуцільнювальні вузли нагнітача. Вони викликають інтенсивне абразивне руйнування бічних поверхонь кілець, стінок перемичок і канавок, особливо тих, що розташовані ближче до крильчатки нагнітача, де швидкості потоків є максимальними.

У практиці технічної експлуатації доволі часто зношування деталей маслоуцільнення помилково вважають основною причиною «закидання свічок» маслом або нестабільної роботи двигуна. Однак результати багаторазового розбирання силових агрегатів показали, що ключовим чинником таких відмов здебільшого є підвищене зношування поршневих кілець, яке спричиняє прорив масла в камеру згоряння. У випадках, коли кільця замінювалися на нові, нормальна робота двигуна відновлювалася, навіть якщо елементи маслоуцільнювального вузла мали помірний експлуатаційний знос.

Таким чином, запиленість повітря, ступінь очищення мастила та концентрація абразивних частинок у ньому є визначальними чинниками, що суттєво впливають на довговічність деталей циліндрово-поршневої групи і загальний ресурс двигуна.

Зі зростанням запиленості повітря, що надходить у циліндри двигуна, інтенсивність зношування поршневих кілець значно підвищується, що наочно підтверджено даними, поданими на рисунку 4.2. Найбільш руйнівний вплив надають частинки пилу близько 20 мкм, оскільки вони легко проникають у мікротріщини, порушують умови формування мастильної плівки та викликають абразивне руйнування робочих поверхонь, що видно на залежностях рисунка 4.3. Дуже дрібні частинки, менші за 10 мкм, так само як і великі частинки понад 40 мкм, не спричиняють такого інтенсивного зношування, оскільки перші практично не чинять механічного впливу, а другі швидко руйнуються або відкидаються зони контакту.

За умов значної запиленості та підвищеного забруднення мастила інтенсивному зношуванню піддаються не лише робочі поверхні поршневих кілець та гільз циліндрів, але й бічні поверхні кілець і стінки перемичок поршня. Подібні відхилення зумовлюють збільшення витрати мастила, погіршення герметичності камери згоряння, зниження ресурсу двигуна та пришвидшене прогресування зношування.

Тверді частинки, що накопичуються в мастилі, викликають додаткове руйнування елементів маслоущільнення нагнітача, насамперед кілець та стінок канавок, розташованих ближче до крильчатки, де швидкість потоків є більшою. У практиці технічного обслуговування нерідко помилково вважають, що причиною закидання свічок маслом є зношування саме деталей маслоущільнення, хоча багаторазовий аналіз двигунів свідчить, що основною причиною найчастіше виступає підвищений знос поршневих кілець. Після їх заміни нормальна робота двигуна відновлюється навіть за наявності певного зношування вузла маслоущільнення.

Таким чином, ступінь запиленості повітря та забруднення мастила визначає характер і швидкість зношування циліндрово-поршневої групи, безпосередньо впливаючи на ресурс двигуна і його експлуатаційну надійність.

хоплювання в золотникових парах, особливо за умов зворотно-поступального руху золотника в гільзі, часто має тимчасовий характер і проявляється короткочасним зависанням. Основою цього явища є утворення мікроскопічних металевих зв'язків у локальних точках контакту поверхонь, які під дією робочих навантажень розриваються відносно легко. Після такого розриву пара може тривалий час функціонувати без видимих відхилень, поки процес схоплювання не повториться. За таких умов характерні сліди мікросхоплювання часто не виявляються під час звичайного розбирання двигуна, тому для достовірної діагностики необхідна лабораторна експертиза поверхонь з використанням мікроскопії та спеціалізованого приладдя.

Тимчасове зависання або навіть часткове заклинювання золотника може спостерігатися і в разі потрапляння до зазору м'яких забруднювальних

частинок, які не спричиняють механічного дряпання поверхні, але у разі накопичення значно підвищують опір тертю. Під час розбирання такі частинки легко видаляються промиванням, що ускладнює встановлення справжньої причини несправності, оскільки характерних слідів схоплювання або заїдання не залишається.

Експлуатаційна статистика свідчить, що не менше третини відмов паливорегулювальної апаратури спричинені проникненням забруднень у робочі зазори. Накопичення шкідливих включень у паливі та їх вплив на прецизійні пари знижує ресурс агрегатів, тоді як покращення фільтрації здатне збільшити довговічність апаратури у декілька разів. Схоплювання та розвиток заїдання можливі не лише у парах, виготовлених зі сталі з високою твердістю, але й у тих, де одна з деталей виконана з бронзового сплаву, що підтверджує складність та багатфакторність процесу.

У практиці ремонту та експлуатації фіксувалися випадки схоплювання у золотникових парах всережимних регуляторів обертів паливних плунжерних насосів, у відцентрових регуляторах паливних насосів газотурбінних стартерів, а також у датчиках електромагнітних клапанів систем керування повітряними перепускними каналами двигуна. На рис. 4.4 наведено схематичне зображення золотникової пари всережимного регулятора обертів плунжерного насоса, яке ілюструє характерні елементи конструкції, де виникають такі явища.

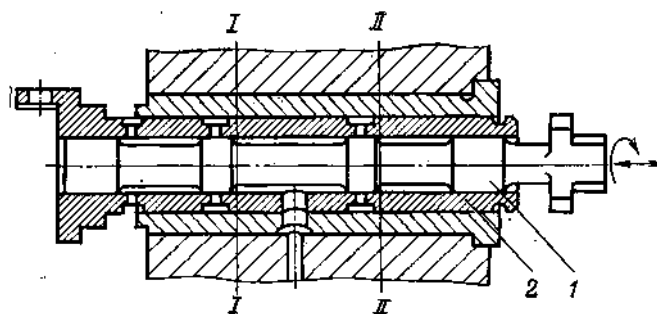


Рисунок 4.4. Схема золотникової пари: 1 - золотник; 2 - гільза

Золотник регулятора та гільзу виготовляють зі сталі марки 4X14H14B2M, після чого піддають азотуванню на глибину 0,07–0,12 мм для отримання твердості не нижче HRC 60. Робочі пояски золотника доводять до 12-го класу

чистоти, тоді як поверхня тертя гільзи відповідає 11-му класу. Діаметральний зазор між поясками золотника та гільзою у нових виробках становить 0,010–0,014 мм, причому діаметр середніх робочих поясків спеціально виконують на 4–7 мкм меншим, ніж діаметри крайніх. Така конструкція забезпечує стабільність руху золотника у гільзі й виключає безпосередній контакт середніх поясків з її поверхнею в нормальному режимі.

Заклинювання в цій парі зазвичай виникає після первинного схоплювання саме середніх поясків, які у справному стані не контактують із гільзою. Контакт, достатній для схоплювання, з'являється у разі проникнення у зазор твердих частинок забруднення. Їхнє проходження по поверхні пояска формує мікрориски, по краях яких утворюються підняття матеріалу. Саме ці підняття і забезпечують точкове торкання з гільзою, що стає початком схоплювання. Процес має лавинний характер: локальні приварювання розростаються, зростає сила тертя, і золотник руйнується у зоні галтельного переходу середнього пояска до стрижня з боку повідка, який передає крутний момент. У деяких випадках руйнування фіксували також у галтельному переході крайнього пояска. Аналогічні явища спостерігалися й в інших прецизійних парах, навіть за наявності повноцінного масляного змащування.

Імовірність проникнення сторонніх частинок у робочий зазор значною мірою визначається геометрією поясків. Пояски зі скошеними кромками або великими радіусами заокруглення створюють умови для легкого уведення частинок у зазор, і навіть частинки, більші за сам зазор, здатні вклинюватися між золотником і гільзою та пошкоджувати їхні поверхні. Для підвищення довговічності золотникових пар і забезпечення стабільності їх регулювальних характеристик пояски виготовляють із максимально різкими, геометрично витриманими кромками, щоб торцева поверхня була перпендикулярною до бічної циліндричної поверхні. Така форма значно ускладнює потрапляння сторонніх частинок у робочий зазор і знижує ризик початку процесу схоплювання.

Проникнення в зазор між рухомими деталями посторонніх твердих

частинок неодноразово було причиною зависання у відкритому (положенні голки поплавкового механізму карбюратора (рис. 63).

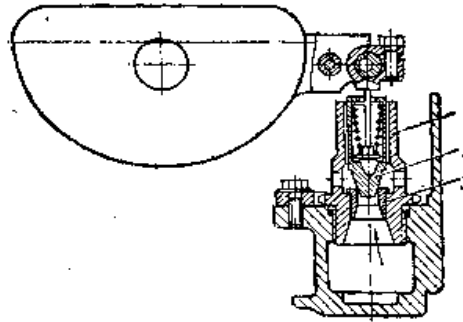


Рисунок 4.5. Схема поплавкового механізму карбюратора: 1 - гніздо; 2 - голка; 3 – сідло

Під час аналізу стану поверхонь голок, що перебували в експлуатації, на них виявляють характерні сліди точкових механічних ушкоджень. У карбюраторів, для яких під час роботи спостерігалось періодичне зависання голки, інтенсивність цих ушкоджень є значно більшою. На рисунку 4.6 наведено загальний вигляд голки, у якої мали місце такі явища; зафіксовано, що глибина пошкоджень досягала 5–7 мкм, що свідчить про суттєве порушення мікрорельєфу її поверхні.

Дослідження гнізда голки показало наявність ділянок шаржування твердими сталевими частинками, особливо в зоні поперечних отворів, де відбувалося накопичення забруднень. Саме ці частинки спричиняли періодичне зависання голки та погіршення її рухомості у посадковому місці. Проникнення абразивних включень у зону тертя могло бути наслідком засмічення редукційного клапана, що призводило до проходження палива в обхід фільтра, або результатом забруднення вузла під час проведення ремонтних робіт. У будь-якому з цих випадків частинки, потрапляючи на поверхні голки та гнізда, викликали локальні деформації матеріалу та призводили до порушення стабільності роботи механізму.



Рисунок 4.6. Характер пошкоджень на ребрах голки поплавкового механізму

Проникнення твердих сторонніх частинок у робочий зазор часто призводило до заклинювання плунжерів паливних насосів. Частинки, що потрапляли між боковою поверхнею плунжера та стінкою колодязя, спричиняли подряпування або шаржування поверхонь, внаслідок чого виникало механічне заклинювання чи розвиток схоплювання, яке згодом також завершувалося повним блокуванням руху плунжера. Джерелом таких частинок зазвичай був матеріал кілець роликових підшипників, сферичних головок плунжерів, поверхонь нахиленої шайби або елементів упорного підшипника, що піддавалися викришуванню під навантаженням.

Подібні порушення спостерігалися і в роботі плунжерних гідравлічних насосів, головним чином тих, у яких внутрішнє кільце роликового підшипника зі сталі 38ХМЮА було виконане за одне ціле з ротором. Азотований шар такого кільця інколи викришувався, і продукти руйнування потрапляли в гідросистему, провокуючи схоплювання тертьових поверхонь. У деяких випадках причиною порушення роботи були й частинки скоксованої оливи. Під час тривалої експлуатації на лисках осей масляних насосів поступово накопичувався твердий осад продуктів коксування. Відшарування частинок цього осаду і їх проникнення у зазор викликали заклинювання веденої шестерні на осі, що призводило до загальмування ведучої шестерні, зрізу шпонки, появи заїдань або навіть руйнування ведучого вала.

Заклинювання тертьових пар може бути зумовлено й корозійними процесами. При потраплянні атмосферної вологи в мастило підшипника відбувалося корозійне руйнування та інтенсивне стирання перемичок

сепаратора, після чого вузол втратив працездатність. Пошкодження поверхонь унаслідок дії одиничних твердих частинок зазвичай мають локальний характер і проявляються у вигляді подряпин чи вм'ятин із підняттям металу по краях. Саме ці піднесеності створюють концентратори контактних навантажень і можуть слугувати початком осередків захоплювання, що згодом призводять до порушення роботи всієї пари тертя.

Якщо подача мастила до зони контакту припиняється або порушується заданий режим тертя, процес захоплювання розвивається майже одночасно на значній площі поверхонь. Утворені ділянки приварювання переходять у стадію лавинного зростання: відірвані частинки матеріалу налипають на спряжену поверхню, різко збільшується температура в приповерхневих шарах, а вирвані частинки додатково руйнують вихідну поверхню. Пара продовжує працювати доти, доки крутний момент здатний розривати ці осередки захоплювання, однак швидкість зношування у такому режимі зростає у тисячі разів. Збільшення зазору викликає зростання динамічних навантажень, що супроводжується зміцненням, відшаровуванням і руйнуванням значних ділянок металу. Коли зусилля крутного моменту вже не забезпечує розриву зон захоплювання, настає заїдання пари й повне припинення руху. Якщо ж міцність утворених зв'язків перевищує міцність слабкішої ланки механізму, відбувається її руйнування.

Ступінь пошкодження поверхонь залежить від навантаження вузла, тривалості роботи без мастила та температурного режиму. За незначного перегріву спостерігається контактне захоплювання з характерними точковими зонами руйнування, які супроводжуються малими пластичними деформаціями. Подальше зростання температури переводить процес у теплове зношування, причому в сильно навантажених вузлах усі стадії його розвитку проходять дуже швидко.

Спряжені деталі в одному вузлі можуть реагувати на припинення подачі мастила по-різному. Найбільш навантажена деталь виходить з ладу першою, тоді як пов'язані з нею елементи з меншим навантаженням у той же період можуть не зазнати суттєвих пошкоджень. Подібна ситуація спостерігається у

планетарних редукторах, де зуби центрального колеса при втраті мастила руйнуються значно швидше, ніж зубці сателітів.

Реакція різних тертьових пар на припинення мастила також відрізняється. Одні виходять з ладу майже миттєво, інші здатні деякий час працювати без мастила. В одних вузлах процес інтенсивного зношування припиняється одразу після відновлення подачі мастила, а в інших продовжує розвиватися, навіть якщо змащування відновлено. Характер поведінки залежить від сили навантажень, властивостей матеріалів, поєднання деталей у парі та умов їх роботи.

Теплове зношування через тимчасове припинення подачі мастила неодноразово спостерігали в підшипниковому вузлі задньої опори газотурбінного стартера, схема якого показана на рис. 4.7.

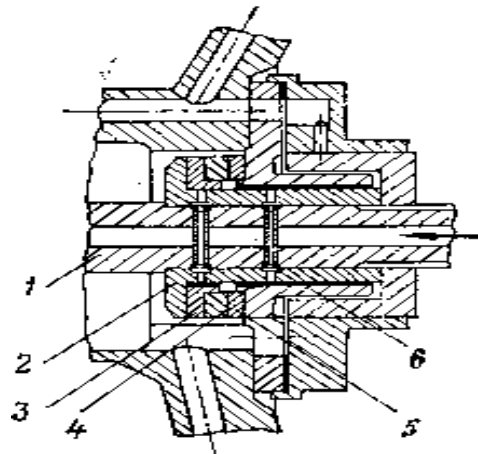


Рисунок 4.7. Схема підшипникового вузла турбостартера

Підшипник опори виготовляють зі сталі 15, а внутрішню поверхню заливають свинцевою бронзою БрС30, яку для поліпшення приробітку додатково покривають тонким шаром електrolітичного свинцю. Він працює у парі з втулкою п'яти, виготовленою з цементованої сталі 12Х2Н4А та зафіксованою на валику виступом, що запобігає її проверттанню. До робочого торця підшипника за допомогою стопорів кріплять кільце з бронзи БрОС10-1. Для зниження відносної швидкості ковзання між буртиком втулки п'яти та переднім торцем підшипника встановлені два плаваючі кільця — сталеве каліброве та бронзове з бронзи БрОФ10-1. Сталеве кільце має профільовані

скоси з обох боків, а бронзове — з боку буртика втулки, що забезпечує формування гідродинамічної масляної подушки під час роботи опори.

Задня опора зазнає значних радіальних та осьових навантажень, які виникають у момент роботи стартера під час запуску двигуна. Швидкість тертя у підшипниковій парі досягає 50–53 м/с, що супроводжується інтенсивним тепловиділенням, підвищенням температури поверхневих шарів та руйнуванням адсорбованих мастильних плівок. У таких умовах навіть короточасне порушення подачі оливи призводить до розвитку теплового зношування і може спричинити аварійне руйнування опорних поверхонь.

При тепловому зношуванні на підшипниках спостерігали руйнування бронзової заливки різної інтенсивності — від часткового розмазування до повного відриву матеріалу разом з бронзовим кільцем. На втулці п'яти фіксували великі осередки наволікання бронзи, помітний знос робочої поверхні та сліди високотемпературного впливу. Металографічні дослідження показали, що на ділянках з повністю втраченою бронзовою заливкою утворювався шар високотемпературного окиснення сталі товщиною 0,05–0,06 мм. Під ним розташовувалася дрібнозерниста структура основного металу, сформована внаслідок дії теплоти тертя. Усередині окисненого шару спостерігали дві зони з різною твердістю, що відображало відмінність їхнього структурного стану. Мікротвердість зовнішньої зони досягала 855 кгс/мм², нижче розташована зона мала твердість 530–585 кгс/мм², тоді як твердість основного металу становила 164–182 кгс/мм².

На поверхнях тертя навіть порівняно малозношених втулок п'яти спостерігали помітне зниження твердості матеріалу та наявність мікротріщин термічного походження, що свідчило про розвиток високих температур у зоні контакту. У таких умовах у парі втулка п'яти — підшипник нерідко фіксували перенос міді, яка виділялася з бронзової заливки підшипника. Атоми міді осаджувалися на поверхні втулки, а в окремих випадках проникали у тріщини, що утворювалися під дією тертя. Підшипник турбостартера працює за високих навантажень, тому подібні руйнування виникали вже після короточасного

порушення подачі оливи, тоді як за нормальних умов змащування вузол забезпечує необхідну довговічність і не проявляє ознак аварійного зношування.

В окремих випадках ненадходження мастила призводило до виходу з ладу вузла балансира другого порядку поршневого двигуна. Опора цього вузла має напресовану сталеву втулку зі свинцево-бронзовою заливкою на зовнішній поверхні, по якій працює сталевий азотований балансир. Подача мастила здійснюється через отвори в шийці колінчастого вала та втулці опори. Під час аналізу двигуна, знятого з експлуатації до настання нормативного ресурсу, було встановлено, що канали мастилопідведення виявилися закупореними продуктами коксування оливи. Це спричинило тертя без мастила, інтенсивний перегрів втулки, повне руйнування бронзової заливки, заклинювання балансиру та подальше руйнування зубчастих коліс. Невелике напрацювання після ремонту дало підстави припустити, що закупорювання каналів було наслідком недостатньо ретельного очищення й промивки деталей під час ремонту.

Через припинення подачі мастила фіксували повне зношування шліців горизонтальної ресори правого проміжного приводу двигуна вже після 337 годин роботи після складання. Причиною стало закупорення жиклера крупними металевими частинками, які потрапили в мастильну систему, ймовірно, під час збирання двигуна. Відсутність змащування, посилена можливою при складанні неспіввісністю в шліцьовому з'єднанні, призвела до інтенсивного розвитку зношування і швидкого виходу вузла з ладу.

У деяких поршневих двигунах спостерігали й інші випадки відмов пар тертя, розташованих у середній частині двигуна та в носовій частині картера. Їх причиною було заклинювання у відкритому положенні золотника редукційного клапана шестеренного масляного насоса, що повністю припиняло надходження мастила до робочих поверхонь. За нормальних умов робота вузлів тертя забезпечується тиском мастила 5–6 кгс/см² на виході з насоса. Для стабілізації тиску при зміні частоти обертання колінчастого вала та в'язкості мастила на нагнітальному ступені насоса встановлено редукційний клапан, який підтримує тиск у магістралі на рівні приблизно 5,5 кгс/см².

Конструкція насоса передбачає, що його продуктивність у всьому робочому діапазоні значно перевищує кількість мастила, яку може пропустити магістраль при заданому тиску. Тому в процесі роботи двигуна частина мастила безперервно перепускається через редукційний клапан. За своєю будовою цей клапан складається з бронзової втулки, запресованої в корпус насоса, сталевго золотника, який переміщується у втулці та перекриває подачу мастила своїм грибокм, а також пружини, що задає необхідний тиск відкривання (рис. 4.8). У разі заклинювання золотника в положенні повного відкриття мастильна система втрачає тиск, що спричиняє миттєве порушення змащування та вихід із ладу групи вузлів тертя.

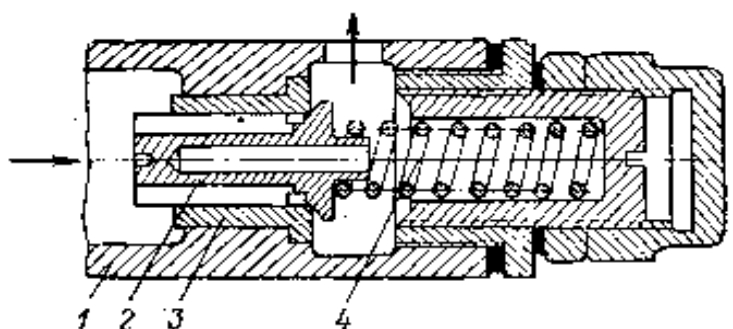


Рисунок 4.8. Схема редукційного клапана масляного насоса двигуна

Експлуатаційні спостереження свідчать, що золотник у втулці часто працює з перекосом, який виникає через втрату стійкості пружини. Унаслідок цього, окрім зворотно-поступального руху, золотник зазнає високочастотних осциляцій, що спричиняють витискання мастила з контактної зони, руйнування поверхневих плівок та формування мікроскопічних осередків захоплення на поверхнях золотника й втулки. Коли інтенсивність цих процесів зростає настільки, що зусилля пружини вже не здатне розривати утворені металеві зв'язки, золотник зависає у відкритому положенні. За таких умов при зміні режимів роботи двигуна відбувається надмірний перепуск мастила через редукційний клапан, тиск у магістралі падає, і мастило перестає надходити до поверхонь тертя середньої частини двигуна та його носової частини.

Зависання золотника редукційного клапана є відносно поширеним явищем у практиці експлуатації, і його усунення вимагає конструктивного доопрацювання, спрямованого на усунення перекосу золотника в гільзі та

мінімізацію можливості схоплювання матеріалу. Недостатня подача мастила, спричинена такими відмовами, іноді призводить до підвищеного зношування зубчастих передач, що ілюструється на рисунку 4.9.

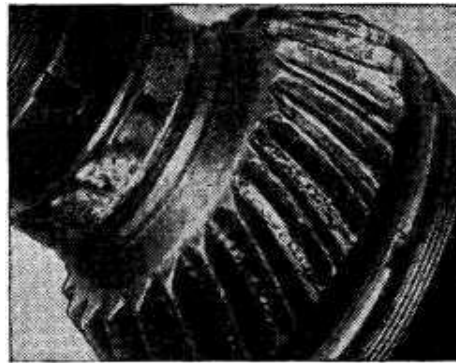


Рисунок 4.9. Характер зносу зубів зубчастого колеса редуктора

Зубчасті колеса редуктора мають конічне виконання зі спіральним зубом і виготовляються зі сталі 12Х2Н4А з подальшим цементаційним зміцненням та загартуванням. У літній період редуктор змащують гіпоїдною оливою, взимку застосовують суміш, що містить дві частини гіпоїдної оливи та одну частину оливи АМГ-10. За нормальних умов експлуатації зубчасті колеса частково занурені в мастило, а рівень оливи у картері контролюється за встановленими регламентами.

Дослідження показали, що у зношених редукторів не виявлено відхилень у якості виготовлення зубців чи порушень технології складання. Аналіз хіміко-термічної обробки, структура матеріалу та порівняння зі станом аналогічних редукторів після відпрацювання нормативного ресурсу дали змогу встановити, що характер зношення відповідав роботі в умовах нестачі мастила.

В окремому випадку було зафіксовано ще більш інтенсивне зношування, спричинене відносно тривалою роботою зубчастої передачі при недостатньому змащуванні. Редуктор відпрацював 561 годину до моменту відмови; зношення зубів досягало 1,5–2 мм, а деформації матеріалу мали виражений пластичний характер. На бічних поверхнях зубів спостерігали сліди інтенсивного теплового впливу. Твердість цементованого шару на непрацюючих поверхнях знизилася до HRC 42, що відповідало температурі нагріву не нижче 400 °С, тоді як температура безпосередньо у зоні тертя була значно вищою.

Комплексні дослідження показали, що першопричиною зношування стало короткочасне припинення подачі мастила в зачеплення через зависання редукційного клапана масляного агрегату у відкритому положенні. Це стало наслідком заїдання провідного валика у середній втулці, що спричинило її провертання в корпусі. У процесі провертання утворилася металева стружка, яка потрапила у порожнину редукційного клапана й заблокувала його. Незважаючи на коротку тривалість відмови, відсутність мастила суттєво позначилася лише на центральному зубчастому колесі, тоді як зуби сателітів практично не зазнали ушкоджень.

Причину первинного підвищення тертя між провідним валиком і втулкою достеменно встановити не вдалося. Проте особливості конструкції агрегату вказували, що існує висока ймовірність похибок складання. Провідний валик працює одночасно у чотирьох підшипникових втулках, розміщених у трьох корпусах і проставці. Забезпечити точну співвісність усіх втулок під час складання в умовах недостатньої взаємної фіксації корпусів надзвичайно складно. Навіть незначне зміщення осей втулок призводить до перевантаження тієї, що опинилася поза співвісністю, збільшення моменту тертя у парі з валиком та подальшого провертання втулки в корпусі.

Внаслідок недостатнього надходження мастила були випадки виходу з ладу вузлів тертя з підшипниками кочення. У важконавантажених вузлах це призводило до зниження механічних властивостей матеріалу деталей підшипника, розмазування його по поверхнях тертя, заклинювання тіл кочення, інтенсивному зношуванню.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Визначення рівня шуму та заходи для його зниження

За сучасних умов боротьба з шумом є технічно-складною, комплексною, дорогою. Важливо знижувати шум у джерелі його виникнення, створювати безшумні або малошумні машини і технологічні процеси, транспортне і промислове устаткування, починаючи ще зі стадії проектування.

При цьому розраховується очікувана величина шуму, розробляються заходи щодо зниження шуму до допустимого рівня. Відповідно до норм, вважають верхньою межею шуму для роботи в цехах машинобудівного виробництва 60 дБА.

Рівень звукової потужності визначають за формулою:

$$L_p = L_{cp} + 10 \cdot \lg \frac{S}{S_1},$$

де L_{cp} – середній рівень шуму, який діє на поверхню площею S .

Розрізняють два види нормування виробничого шуму: санітарно-гігієнічне і технічне. Перше регулює рівень шуму з огляду його дії на організм людини. Норматив житлово-побутового шуму - 40 дБА вдень, 30 дБА - вночі. Технічне нормування стандартизує існуючі або очікувані шумові характеристики устаткування об'єкта. Друге повинне забезпечити вимоги першого. Вухом людини, звукові хвилі частотою нижче 16 Гц сприймає не як звук, а як вібрацію.

Соціальний характер проблеми забруднення середовища шумом і визначає те, що боротьба з ним – завдання не тільки технічне, а й суспільне. У проблемі взаємодії людського суспільства і природи важливе місце посідає свідомо й активна боротьба з шумовим забрудненням довкілля. На пристосування до сильного шуму організм людини витрачає велику кількість енергії, перенапружується нервова система, виникають втома, нервовий і психічний розлади.

Особливо важко переносяться раптові різкі високочастотні звуки. При рівні шуму понад 80 дБА послаблюється слух, виникають нервово-психічні захворювання, виразка шлунку, гіпертонія, підвищується агресивність. Дуже сильний шум (понад 110 дБА) призводить до так званого шумового сп'яніння, а потім — до руйнування тканин тіла, перш за все — слухового апарату.

Для зниження шуму можна використовувати наступні методи:

- зменшення шуму в джерелі;
- зміна направленості шуму;
- раціональне планування підприємств і цехів, акустична обробка приміщень;
- зменшення шуму на шляху його розповсюдження.

Часто не економічно, а інколи практично неможливо зменшити шум до допустимих величин загально технічними методами, тому основними методами запобігання професійних захворювань є засоби індивідуального захисту.

До засобів індивідуального захисту відносяться вкладиші (вставлені в слуховий канал м'які тампони з ультразвукового полотна) – зниження шуму 5-20 дБ, навушники – зниження шуму 10 – 40 дБ і шлеми – зниження шуму більше 120 дБ.

5.2 Вибір і розрахунок віброізоляторів для встановлення обладнання на СТО

Віброізоляція використовується для зменшення передачі коливань від джерела збудження до об'єкту, який необхідно захистити, за допомогою пристроїв, що встановлюються між ними. Віброізоляція здійснюється шляхом введення в коливальну систему додаткового пружного зв'язку, який перешкоджає передачі вібрації від машини - джерела коливань до основи або суміжних елементів конструкції, цей пружний зв'язок може також використовуватись для послаблення передачі коливань від основи на людину, або на машину, яку необхідно захистити.

Ефективність віброізоляції визначають коефіцієнтом передачі КП, який

показує відношення амплітуди вібропереміщення, віброшвидкості, віброприскорення об'єкта, який захищається від діючої на нього сили, до амплітуди тієї ж величини джерела збудження при гармонійній вібрації. Розраховується коефіцієнт передачі за формулою:

$$KP = \frac{F_{т.осн}}{F_{т.маш}}, \quad (8.2)$$

де $F_{т.осн}$ - амплітуда вібропереміщення, віброшвидкості, віброприскорення об'єкта, який захищається;

$F_{т.маш}$ - амплітуда джерела збудження тієї ж величини при гармонійній вібрації.

Чим менше значення цього співвідношення, тим вища віброізоляція. Коефіцієнт передачі в системах, де можна знехтувати тертям, можна розрахувати за формулою:

$$KP = \frac{1}{(f - f_o)^2} - 1,$$

де f - частота збудження коливальної системи;

f_o - власна частота коливань системи.

Звичайно ефективність віброізоляції визначають в децибелах:

$$\Delta L = 20 \lg \frac{1}{k_{II}}.$$

Вираз для власної частоти в герцах з врахуванням того, що $\frac{mg}{q} = x_{cm}$,

можна представити у вигляді:

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{q}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{qg}{mg}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{x_{cm}}}, \quad (8.5)$$

де $x_{ст}$ - статична осадка системи на віброізоляторах під тиском власної ваги.

Чим більша статична усадка, тим нижча власна частота і тим ефективніша віброізоляція. Однак ця умова противоречить економічним, а в деяких випадках, і технічним можливостям, оскільки приводить до складних і дорогих конструкцій віброізоляторів з великими габаритами, а система на таких віброізоляторах набуває надто великої рухомості в окремих степенях вільності. Тому в даному випадку необхідно знаходити розумний компроміс між гігієнічними, технічними, економічними вимогами. Таким чином, чим вища частота вібрації, тим легше здійснити віброізоляцію. Звідси випливає, що існує оптимальне співвідношення між частотою збудження і власною частотою коливань системи. Воно складає $\frac{f}{f_0} = 3 \div 4$, що відповідає $KП = \frac{1}{8} \div \frac{1}{15}$.

Для віброізоляції стаціонарних машин з вертикальною змущуючою силою в машинобудуванні частіше всього застосовують віброізолюючі опори типу пружних прокладок або пружин (рисунок 5.2). Можливе їх суміщене використання (комбіновані віброізолятори).

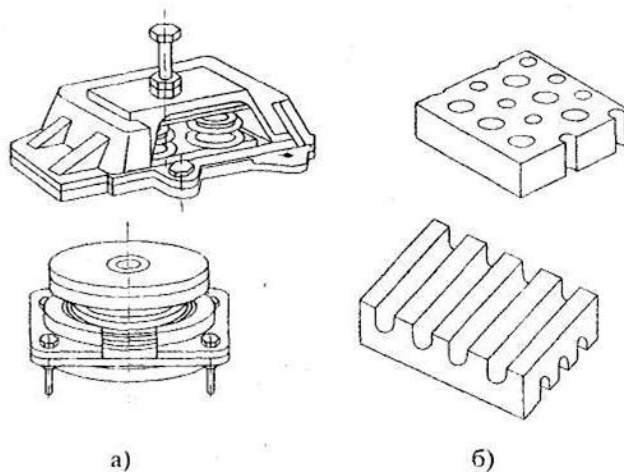


Рисунок 5.2 — Віброізолюючі опори: а) пружинні; б) гумові віброізолятори

Пружинні віброізолятори в порівнянні з прокладками мають ряд переваг. Вони можуть застосовуватись для ізоляції коливань як низьких, так і високих частот (забезпечують будь-яку деформацію), довше зберігають постійність

пружних властивостей в часі, добре протидіють дії масла і температури, відносно малогабаритні. Однак, вони можуть пропускати коливання високих частот, оскільки матеріал пружин (сталь) має малі внутрішні втрати, а у вказаному діапазоні знаходяться резонансні частоти пружин. Тому, в такому випадку, пружинні віброізолятори рекомендується встановлювати на прокладки із пружних матеріалів типу гуми (комбінований віброізолятор).

При використанні віброізоляторів типу гумових прокладок слід приймати міри для забезпечення деформації в горизонтальній площині. Тому гумові віброізолятори повинні або мати форму ребристих чи пористих плит, або розбиватись на ряд паралельно встановлених елементів

Будь-яка машина, поставлена на віброізолятори, має шість ступенів вільності, оскільки може здійснювати коливання в трьох взаємно перпендикулярних площинах простору, а також здійснювати обертовий рух в тих самих площинах.

Розрахунок системи з шістьма ступенями вільності досить складний. На практиці віброізоляції машин обмежуються в більшості випадків розрахунком тільки вертикальних коливань. Розрахунок віброізоляторів зводиться до визначення необхідної жорсткості гумових прокладок або пружин і визначення їх параметрів: числа витків і діаметра дроту пружини; висоти, площі і числа гумових прокладок; перевірки на відсутність в них резонансних явищ і стійкості.

В тому випадку, коли параметри вібрації невідомі, необхідно виконувати умову: $\frac{f}{f_0} = 3 \div 4$.

Значення частоти дії збуджуючої сили визначають за параметрами робочого процесу. Для різних типів машин з числом робочих циклів n для електроприводів частота обертання $n \text{ хв}^{-1}$ значення розраховується за формулою:

$$f = \frac{n}{60}.$$

За відомим значенням f знаходять f_0 (Гц):

$$f_0 = \frac{f}{3 \div 4}.$$

Використовуючи зв'язок між статичною осадкою x_{cm} і частотою власних коливань системи f_0 , можна побудувати графік залежності для визначення x_{cm} по заданому значенню коефіцієнта КП. Графік будується в логарифмічних координатах. Для необхідного значення f_0 визначають потрібну статичну усадку системи і проводять розрахунок параметрів ізоляторів.

Для гумових прокладок розраховують потрібну висоту віброізоляторів

$$h = x_{cm} \frac{E}{\sigma},$$

де E - динамічний модуль пружності, для гуми складає $E = 2 \cdot 10^7$ Па;

σ - допустиме напруження стиску матеріалу прокладки, для гуми $\sigma = 4 \cdot 10^6$ Па.

Товщина віброізолюючої прокладки повинна відповідати умові

$$h < \frac{\lambda \cdot n}{2},$$

де λ - довжина хвилі ізольованих коливань;

$n=1, 2, 3, \dots$

В іншому випадку в прокладці виникають резонансні коливання. Для визначення площі віброізолюючої прокладки служить формула:

$$S = \frac{m \cdot g}{\sigma \cdot N},$$

де m - маса агрегату, кг;

N - число прокладок.

Розмір поперечного перерізу прокладки A знаходять із умови: $h \leq A \leq 8h$.

Розрахунок пружинних ізоляторів зводиться до визначення зусилля, що сприймає кожна з пружин при робочій деформації за формулою:

$$P_2 = \frac{m}{N \cdot n},$$

де m - маса агрегату, кг;

N - кількість віброопор агрегата;

n - кількість пружин в опорі.

Потім вибирають пружину, що має необхідні параметри.

Визначають жорсткість пружини по залежності: $z = \frac{P_3}{\omega_3}$, де ω_3 - максимальна деформація пружини, ($\omega_3 = 20 \div 40$ мм), та кількість робочих витків: $n = \frac{z_1}{z}$ де z - жорсткість одного витка.

В ливарних цехах сучасних машинобудівних підприємств вибивка відливок проходить механізованим способом на вібраційних машинах різної потужності.

Принцип роботи вібромашин полягає в тому, що з допомогою так званих пневматичних вібраторів корпус і рами машини приводяться в вібруючий стан, в результаті якого відливки звільняються від формовочної суміші, яка після відповідної обробки повторно використовується.

Для звільнення від формовочної суміші заготовок - складових корпусу коробки діапазонів 3518020-43360 – правого 3518020-41061 і лівого 3518020-41062 півкорпусів вагою 32,5 кг використовуємо транспортуючу вибивну решітку моделі 31244, грузопідйомність якої 100 кг, частота коливань 960 хв^{-1} , маса агрегату 3 т, число опор – 6, кількість пружин в опорі – 3. Коефіцієнт передачі КП= 1,0.

1. Розрахунок гумових віброізоляторів.

Визначаємо частоту робочих циклів агрегату:

$$f = \frac{960}{60} = 16 \text{ Гц}$$

Знаходимо власну частоту коливань системи:

$$f_{o\max} = \frac{f}{3} = \frac{16}{3} = 5,3 \text{ Гц};$$

$$f_{o\min} = \frac{f}{4} = \frac{16}{4} = 4 \text{ Гц}.$$

Приймаємо $f_o = 5 \text{ Гц}$.

За графіком залежності коефіцієнта передачі від статичної осадки і частоти обертання знаходимо необхідну статичну осадку системи: $x_{cm} = 2,1 \text{ см}$.

Визначаємо необхідну висоту гумових віброізоляторів за формулою.

$$h = 2,1 \cdot 10^{-2} \frac{2 \cdot 10^7}{4 \cdot 10^6} = 0,11 \text{ м}.$$

Визначаємо площу одного віброізолятора за формулою .

$$S = \frac{9000 \cdot 9,8}{4 \cdot 10^6 \cdot 8} = 27,56 \text{ м}^2.$$

2. Розрахунок пружинних віброізоляторів.

Для забезпечення віброізоляції приймаємо двопружинний віброізолятор.

Визначаємо зусилля, яке сприймає кожна пружина за формулою .

$$P_2 = \frac{9000}{8 \cdot 3} = 375 \text{ кг}.$$

Підбираємо пружину 181, для якої $P_3 = 400 \text{ кгс}$; $d = 8,0 \text{ мм}$; $z_1 = 80,861 \text{ кгс/мм}$.

Визначаємо жорсткість пружини

$$z = \frac{400}{30} = 13,3 \text{ кг/см}.$$

Кількість робочих витків буде складати

$$n = \frac{z_1}{z} = \frac{80,860}{13,3} = 6,1.$$

Приймаємо $n = 6$.

Отже для забезпечення віброізоляції вібраційної машини можна використовувати гумові віброізолятори площею $27,56 \text{ м}^2$ і висотою $0,11 \text{ м}$, або пружинні віброізолятори - пружини номер 181, з кількістю робочих витків – 7.

5.3 Оцінка стійкості ремонтної ділянки при надзвичайних ситуаціях

Вихідні дані:

1. Потужність ядерного заряду, вихід з ладу одного з реакторів, вибух наземний $q = 30 \text{ Кт}$.
2. Віддалення ОНГ від центра міста $R_z = 1 \text{ км}$.
3. Максимальне відхилення центра ймовірного вибуху від точки прицілу $r_{\text{від}} = 0.3 \text{ км}$.
4. Середня швидкість вітру $V_{\text{ср}} = 25 \text{ км/год}$.
5. Встановлена доза опромінення на одну добу.

Механічний цех

1. Будівля – №1 – одноповерхова з неметалевим каркасом
№2 – одноповерхова, цегляна, зашклена з армованого скла
2. Двері дерев'яні, пофарбовані в темний колір.
3. Віконні рами – дерев'яні темного кольору.
4. Покрівля – толь.
5. Технологічне обладнання – верстати важкого типу; верстати середнього і кранове обладнання.
6. Газопровід наземний; водопровід підземний.
7. Сховище 4 класу, вбудоване площа 120 м^2 ; товщина перекриття – бетон 23 см ; ґрунт 24 см .
8. Чисельність найбільшої робочої зміни – 240 чол .

9. Повітропостачання по режиму 1.

10. Кількість засобів ізоляції: ФВК – 1 – 2 шт, ЄРВ – 72 -1 шт.

11. Тривалість робочої зміни 8 годин.

5.3.1 Оцінка захисту робітників і службовців

Потрібно визначити показники сховища до стійкості, захисних властивостей, життєзабезпечення і своєчасності заповнення.

Характеристика сховища:

- № сховища – 1;
- клас сховища – IV;
- захисні властивості: $\Delta P_{\phi} = 150$ кПа, послаблення радіації $K_{\text{посл}} = 892$;
- площа приміщення для персоналу, що переховується $S = 120$ м²;
- кількість місць при двохярусному розміщенні нар $M = 240$;
- кількість місць з захисними властивостями, що відповідають вимогам $M_{\text{зг}} = 240$;
- число людей, що підлягають укриттю в сховищах – 240;
- число місць, що забезпечуються чистим повітрям в режимі I – 175

Проводимо розрахунок:

1. Максимальна відстань від ймовірного центру вибуху $R_x = R_r - r_{\text{від}} = 1 - 0,3 = 0,7$ км.

2. Визначаємо необхідний коефіцієнт послаблення радіації захисними спорудами, для чого розраховуємо максимальну дозу радіації від радіоактивного забруднення при однократному опроміненні (за 1 добу) відкрито розташованих людей в районі об'єкта за формулою:

$$D_{\text{р.з.мак}} = 5 \cdot P_1 \cdot (t_n^{-0,2} - t_k^{-0,2})$$

де P_1 – максимальний рівень радіації, що очікується на об'єкті, визначається по
при $R_k = 0,7$, $V_{\text{с.р}} = 25$ км/год (якщо об'єкт знаходиться на осі сідла

радіоактивної хмари, $P_1 = 18797$ Р/год);

t_n – початок зараження,

$$t_n = \frac{R_x}{V_{cp}} + t_{вин},$$

де $t_{вин}$ – час випадання радіоактивного осаду в середньому 1 год;

t_k – час закінчення облучення, $t_k = t_n + 24 = 25$ год

$$t_n = \frac{0,7}{25} + 1 = 1,028 \text{ год};$$

$$D_{p.z.max} = 5 \cdot 18797 \cdot (1^{-0,2} - 25^{-0,2}) = 44614 \text{ Р.}$$

Визначаємо необхідний коефіцієнт послаблення радіації захисними спорудами від радіоактивного забруднення по формулі:

$$K_{посл.p.z} = D_{p.z.max} / 50,$$

$$K_{посл.p.z} = 44614 / 50 = 892$$

Для проникаючої радіації складає 10000 Р.

Таблиця 5.1 – Оцінка стану інженерного захисту

Результати оцінки стану інженерного захисту працівників об'єктів					Заходи по підвищенню надійності інженерного захисту
№ сх.	$K_M = \frac{M}{N}$	$K_{3.6} = \frac{M_{3.6}}{N}$	$K_{m3} = \frac{N_{m3}}{N}$	$K_{с6ч} = \frac{N_{m3}}{N}$	
1	1	1	1	1	Надійність інженерного захисту досягається створенням на об'єкті стійкої системи керування, високою підготовкою керуючого складу об'єкту до виконання покладених функціональних обов'язків, своєчасним прийняттям правильних рішень і постановкою задач підлеглими у відповідності з наявною

					ситуацією. Інженерно-технічні заходи, як правило включають комплекс робіт, які забезпечують підвищення стійкості виробничих будівель, верстатного і технологічного обладнання, комунально-енергетичних систем.
--	--	--	--	--	--

5.3.2 Оцінка стійкості ремонтної ділянки до впливу ударної хвилі

1. Визначаємо максимальне значення очікуваного на об'єкті надлишкового тиску (ΔP_{max}) в екстремальних умовах, тобто, коли об'єкт знаходиться на максимальній відстані від центра вибуху $R_x = R_r - r_{від} = 1 - 0,3 = 0,7$ км.

$$\Delta P_{\phi max} = 150 \text{ кПа}$$

2. По таблицях визначаємо ступінь руйнування елементів цеху в залежності від ΔP_{ϕ} .

3. Зробити висновки і намітити заходи по підвищенню стійкості механічного цеху

Таблиця 5.2 – Висновки та заходи по підвищенню стійкості механічного цеху

Висновки (визначити найбільш вразливі елементи цеху, можливість його роботи при $\Delta P_{\phi max}$)	Заходи по підвищенню стійкості механічного цеху
Цех може виявитись на межі сильних і повних руйнувань вогнища ядерного ураження з можливим максимальним залишковим тиском 150 кПа, а межа стійкості цеху до ударної хвилі – 40кПа, так як $\Delta P_{\phi lsm} < \Delta P_{\phi max}$, то об'єкт є нестійким до ударної хвилі. Можливі збитки при максимальному надлишковому тиску ударної хвилі приведуть до скорочення виробництва на 80-90%	Для підвищення стійкості механічного цеху до ударної хвилі необхідно підвищити стійкість будівель цеху за допомогою контрфорсів, підносів, додаткових рамних конструкцій, кабельну електросітку, а також повітропроводи прокласти під землю, вузли кранів та кранового обладнання, що можуть бути уражені закрити захисними кожухами встановити колони кранів

5.3.3 Оцінка стійкості ремонтної ділянки до впливу світлового опромінення

У відповідності з вихідними даними завдання визначаємо:

1. максимальне значення світлового імпульсу:

$$I_{\max} = 1700 \text{ кДж/м}^2 \text{ (по додатку 4).}$$

2. Ступінь вогнестійкості 2.
3. Категорію пожежної вибухонебезпечності – Д.
4. Пожежну обстановку в цеху.

Таблиця 5.3 – Пожежна обстановка в цеху

№	Елементи цеху що можуть загорітися	Світловий імпульс що викликає займання кДж/м ²
1	Двері дерев'яні, пофарбовані в темний колір	220
2	Віконні рами – дерев'яні темного кольору	220
3	Покрівля - толь	550

5. Межа стійкості цеху рівна 550 кДж/м².

Оскільки $I_{\max} = I_{\lim}$, то механічний цех є нестійким до світлового опромінення. Пожежну безпеку для цеху становлять двері, віконні рами, а також покриття з толі.

Доцільно підвищити стійкість механічного цеху до 1700 кДж/м² замінивши покрівлю цеху на азбестно-цементну, замінити дерев'яні віконні рами на металеві, оббити двері покрівельною сталлю по азбестовій прокладці, провести в цеху профілактичні протипожежні заходи.

5.3.4 Оцінка стійкості ремонтної ділянки до дії проникаючої радіації та радіоактивного зараження

Визначаємо максимальне значення рівня радіації, якщо вісь сліду РЗ

проходить через територію об'єкта. $P_{1\max} = 18197$.

Доза проникаючої радіації у відповідності з рівня $D_{\max}^{np} = 10000$ Р.

Коефіцієнт послаблення радіації будівлями цеху по буді буде рівним: $K_{\text{посл.п.з}}^{cx} = 7$

Коефіцієнт послаблення дози радіації для сховища визначається за формулою

$$K_{\text{посл.п.з}}^{cx} = K_p \cdot 2^{\left(\frac{h_{\delta} + h_{cp}}{d_{\delta} + d_{cp}}\right)},$$

де K_p – коефіцієнт, що враховує розміщення сховища (для вбудованих сховищ $k=8$);

h_{δ} – товщина шару перекриття з бетону, $h_{\delta} = 23$ см;

d_{δ} – товщина шару половинного послаблення радіації, для бетону $d_{\delta} = 10$;

d_{cp} – товщина шару половинного послаблення радіації, для ґрунту $d_{cp} = 14.4$;

h_{cp} – товщина шару перекриття з ґрунту, $h_{cp} = 24$ см.

$$K_{\text{посл.п.з}}^{cx} = 8 \cdot 2^{\left(\frac{23 + 24}{10 + 14.4}\right)} = 125$$

Визначаємо зону опромінення при $P_{1\max}$, яку можуть одержати робітники і службовці, знаходячись у виробничих приміщеннях чи сховищі за робочу зміну (8 год)

$$D_{\text{п.з}}^{\text{бюд}} = \frac{5 \cdot P_{1\max} (t_g^{-0.2} - t_{\kappa}^{-0.2})}{K_{\text{посл}}^{\text{бюд}}},$$

$$D_{\text{п.з}}^{cx} = \frac{5 \cdot P_{1\max} (t_n^{-0.2} - t_{\kappa}^{-0.2})}{K_{\text{посл}}^{cx}},$$

$$t_n = \frac{P_x}{V_{cp}} + t_{\text{вун}},$$

$$t_{\kappa} = t_n + 8,$$

$$t_n = \frac{0.7}{25} + 1 = 1.028 \approx 1 \text{ год};$$

$$t_k = 1 + 8 = 9 \text{ год};$$

$$D_{p.3}^{byd} = \frac{5 \cdot 18797(1^{-0.2} - 9^{-0.2})}{7} = 4775 \text{ Р};$$

$$D_{p.3}^{cx} = \frac{5 \cdot 18797(1^{-0.2} - 9^{-0.2})}{125} = 267 \text{ Р}.$$

Визначаємо межу стійкості роботи цеху в умовах радіаційного забруднення:

$$P_{1\lim} = \frac{D_{уст} \cdot K_{посл}}{5(t_n^{-0.2} - t_k^{0.2})},$$

$$P_{1\lim} = \frac{25 \cdot 7}{5(1^{-0.2} - 9^{0.2})} = 98 \text{ Р/год}.$$

Так, як $P_{1\lim} < P_{1\max}$, то об'єкт не стійкий до радіоактивного зараження.

Висновки (стійкість цеху до радіоактивного зараження і можливість продовження роботи). Об'єкт може опинитись в зоні радіоактивного зараження з максимальним рівнем радіації 18797 Р/год на 1 годину. Захисні властивості не забезпечують неперервність роботи протягом встановленого часу робочої зміни (8 годин) в умовах очікуваного максимального рівня радіації. Межа стійкості роботи цеху в умовах радіоактивного зараження $P_{1\lim} = 98 \text{ Р/год}$.

Заходи по підвищенню стійкості механічного цеху.

Для під стійкості цеху до радіоактивного зараження необхідно провести наступні заходи:

підвищити ступінь герметизації цеху;

підготувати систему вентиляції цеху до режиму очистки повітря від радіоактивного пилу, обладнати її сітковим масляним протипиловим фільтром і перемикачами роду роботи;

розробити режими радіаційного захисту робочих і роботи цеху в умовах

радіоактивного зараження місцевості; підвищити коефіцієнт послаблення сховища.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проєкту вирішено комплекс технічних і організаційних завдань щодо проєктування ремонтної ділянки для відновлення напівосей ведучих мостів вантажних автомобілів.

У результаті проведених досліджень встановлено характер основних дефектів і причини відмов напівосей у реальних умовах експлуатації. Розроблений технологічний процес відновлення забезпечує відновлення геометричних параметрів і фізико-механічних властивостей робочих поверхонь до рівня, не гіршого від нового виробу. Вибір наплавлення як основного методу відновлення дозволяє сформувати зносостійкий шар з високою адгезією та мінімальним термічним впливом на матеріал деталі.

Створено конструкції спеціальних пристроїв для правки й контролю напівосей, обґрунтовано вибір обладнання для наплавлення та механічної обробки. Розраховано площі виробничих ділянок та розроблено раціональну схему їх розміщення з урахуванням вимог безпеки праці та екологічних норм.

Економічне обґрунтування підтвердило доцільність впровадження ремонтної ділянки, оскільки собівартість відновлення на 45–60 % нижча вартості нових напівосей при забезпеченні ресурсу, що відповідає нормативним вимогам.

Проєкт може бути рекомендований для практичного використання на станціях технічного обслуговування та інших підприємствах, що здійснюють ремонт вантажних автомобілів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.
2. Aulin, V., Lyashuk, O., Gupka, A., Tson, O., Dmitro, M., Sokol, M., ... & Yarema, I. (2024). Tribodiagnosis of the surface damage of tribo-coupling parts materials during machine operation. *Procedia Structural Integrity*, 59, 428-435.
3. Lyashuk O., Gupka A., Pyndus Y., Gupka V., Sipravska M., Stashkiv M. (2019) The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria. *Proceedings of ICCPT 2019 (Tern., May 28-29, 2019)*, pp. 231-237.
4. Дембіцький В. М., Павлюк В. І., Придюк В. М. Технічна експлуатація автомобілів : навчальний посібник. Луцьк : Луцький НТУ, 2018. 473 с.
5. Чабанний В. Я. (упор.). Ремонт автомобілів : навчальний посібник. Кіровоград : Кіровоградська районна друкарня, 2007. 720 с.
6. Кукурудзяк Я. М. Технічна експлуатація автомобілів. Технологія обслуговування : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2023. 241 с.
7. Огневий В. Ф., Фалько Ю. М., Блажко Д. О., Кіпенко Д. О., Березюк О. С. Сучасні технологічні процеси ремонту транспортних засобів : навчальний посібник. Харків : Форт, 2024. 290 с.
8. Технічний сервіс автомобілів та проєктування авторемонтних підприємств : методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О. П. Бабак, О. В. Диха, А. А. Вичавка. Хмельницький : ХНУ, 2024. 26
9. Гевко І. Б., Ляшук О. Л. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 264 с.
10. Красота О. В., Верьовкіна О. В., Шатковський О. П., Панасенко М. О. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. Київ : Видавничий дім «Слово», 2023. 208 с.

11. Тригуб О. В. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. Черкаси : ЧДТУ, 2021. 187 с.
12. Домущі Д. П., Мельник О. В. Ремонт тракторів і автомобілів : навчальний посібник. Одеса : Одеський державний аграрний університет, 2020. 252 с.
12. Прокопович І. В. Металознавство : навчальний посібник. Одеса : Екологія, 2020. 308 с.
13. Вакуленко І. О. Теорія та практика термічної обробки : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Кам'янське : ДДТУ, 2024. 75 с.
14. Хоменко О. М., Бережний В. М. Діагностика та контроль технічного стану транспортних засобів. Вінниця : ВНТУ, 2021. 254 с.
15. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.
16. Lyashuk, O., Gypka, A., Maiak, M., Mironov, D., & Levkovych, M. (2025). Methodology for the Investigation and Evaluation Criteria of Oxidation-Metal Plating Processes During Friction and Wear. Key Engineering Materials, 1035, 15-26.