

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

***Розроблення технологічного процесу відновлення
роздавальної коробки 47300-3B830
автомобіля Kia Sportage***

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МАС-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) **Роман ПЛОТНИКОВ**
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) **Любомир СЛОБОДЯН**
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) **Тетяна ПИНДУС**
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____
(підпис) **Олег ЦЬОНЬ**

Рецензент _____
(підпис) _____
(прізвище та ініціали)

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

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 21 » січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Плотніков Роман Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу відновлення
роздавальної коробки 47300-3B830 автомобіля Kia Sportage

Керівник роботи Слободян Любомир Михайлович, к.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року № 4/9-39.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Технічна характеристика автомобіля Kia Sportage, базовий
технологічний процес відновлення роздавальної коробки 47300-3B830

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Загально-технічний розділ. Технологічний розділ. Конструкторський розділ.
 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Аналіз технологій. Ремонтне креслення. Загальний вигляд деталей роздавальної коробки.
 Порівняльний аналіз. Приспосіблення для кріплення і базування деталі.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>к.т.н., доцент Віктор СЕНЧИШИН</i>		

7. Дата видачі завдання 21.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Загально-технічний розділ</i>	<i>16.02.2026</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>16.03.2026</i>	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>02.04.2026</i>	
4	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>23.04.2026</i>	
5	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>21.05.2026</i>	
6	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>24.06.2026</i>	

Студент

(підпис)

Роман ПЛОТНИКОВ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Любомир СЛОБОДЯН

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:
«Розроблення технологічного процесу відновлення
роздавальної коробки 47300-3B830 автомобіля Kia Sportage»
студента групи МАс – 41, спеціальності 274 – Автомобільний транспорт
ТНТУ імені Івана Пулюя
Роман ПЛОТНИКОВ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробленню та обґрунтуванню технологічного процесу відновлення роздавальної коробки модифікації 47300-3B830 автомобіля Kia Sportage.

В загально-технічному розділі досліджено конструктивні особливості та кінематику кутового редуктора системи AWD, визначено основні експлуатаційні дефекти та сформовано критерії дефектації деталей.

У технологічній і конструкторській частинах розроблено маршрутні карти відновлення, спроектовано спеціалізовану ремонтну ділянку площею 60 кв. м з підбором обладнання, а також розраховано на міцність універсальне поворотне пристосування, яке підвищує точність складання та знижує витрати часу на 30–40%.

У розділі охорони праці виконано інженерний розрахунок контуру захисного заземлення та регламентовано заходи безпеки, виробничої санітарії та екологічної утилізації відходів ділянки. Проведено економічний розрахунок підтвердив високу рентабельність проєкту та значне зниження собівартості ремонту трансмісії порівняно з повною заміною агрегату.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Конструктивні особливості роздавальної коробки	8
1.2 Аналіз умов експлуатації	11
1.3 Основні види зносу та дефекти деталей роздавальної коробки	13
1.4 Методи діагностики та контролю технічного	15
1.5 Висновки до першого розділу	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	19
2.1 Основні конструктивні елементи роздавальної коробки	19
2.2 Дефектація деталей роздавальної коробки	21
2.3 Технологічний процес відновлення роздавальної коробки	24
2.4 Організація ділянки ремонтного цеху для відновлення роздавальних коробок	28
2.5 Проектування відновлювально-ремонтної ділянки	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	38
3.1 Обґрунтування конструкції пристосування для розбирання-складання роздавальної коробки	38
3.2 Опис конструкції та принципу дії розробленого пристосування	39
3.3 Розрахунок механічних навантажень та міцності конструкції	42
3.4 Визначення основних конструктивних та експлуатаційних параметрів	44
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1 Основні вимоги охорони праці	46
4.2 небезпечні та шкідливі фактори при роботі	47
4.3 Заходи з охорони навколишнього середовища	49
4.4. Розрахунок захисного заземлення ділянки	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	55

ВСТУП

Роздавальна коробка є критично важливим вузлом трансмісії повнопривідних автомобілів, що забезпечує розподіл крутного моменту між осями та реалізацію позашляхових можливостей транспортного засобу. Kia Sportage, як один із найпопулярніших представників сегменту кросоверів, комплектується роздавальною коробкою з артикулом 47300-3B830, яка відіграє ключову роль у функціонуванні системи інтелектуального повного приводу.

Конструкція цього агрегату характеризується високою складністю, поєднуючи в собі ланцюгову передачу, систему планетарних механізмів та електромагнітну муфту підключення задньої осі. Процес передачі потужності супроводжується значними динамічними навантаженнями, особливо під час експлуатації в умовах бездоріжжя або при інтенсивному маневруванні в міському циклі. Враховуючи високу вартість нового вузла в зборі, питання підтримання працездатності існуючих агрегатів шляхом впровадження сучасних технологій ремонту набуває особливої гостроти.

Необхідність розроблення ефективного технологічного процесу відновлення роздавальної коробки 47300-3B830 зумовлена кількома ключовими факторами. По-перше, обмежений ресурс окремих деталей (зокрема ланцюга та шліцьових з'єднань) часто призводить до передчасної відмови агрегату, тоді як корпус та вали зберігають значний запас міцності. По-друге, відновлення зношених поверхонь за допомогою методів наплавлення та високоточної механічної обробки дозволяє повернути агрегату заводські експлуатаційні характеристики при суттєвій економії ресурсів. По-третє, впровадження спеціалізованих пристосувань для дефектації та складання значно підвищує якість ремонту, мінімізуючи людський фактор.

Мета роботи полягає у розробленні та науковому обґрунтуванні комплексного технологічного процесу відновлення роздавальної коробки 47300-3B830 автомобіля Kia Sportage з використанням прогресивних методів обробки та спеціалізованого діагностичного обладнання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання такі як: детально проаналізувати конструктивні особливості роздавальної коробки та її роль у трансмісії; дослідити закономірності виникнення типових дефектів в умовах реальної експлуатації; обґрунтувати вибір раціональних методів відновлення посадкових місць та зношених поверхонь; розробити оптимальну послідовність технологічних операцій ремонту; спроектувати спеціалізоване пристосування для забезпечення високої точності розбирання та складання; провести оцінку фізико-механічних властивостей відновленого шару металу; розрахувати економічні показники ефективності впровадженого технологічного процесу; сформулювати заходи з охорони праці та забезпечення безпеки ремонтного виробництва.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Конструктивні особливості роздавальної коробки

Роздавальна коробка з каталожним номером 47300-3B830 є складним агрегатом трансмісії автомобіля Kia Sportage, що забезпечує реалізацію концепції інтелектуального повного приводу. Конструктивно цей вузол включає корпус із високоміцного алюмінієвого сплаву, всередині якого розташовані вхідний вал, ланцюгова передача для приводу передньої осі, вихідний вал на карданну передачу задньої осі та електромагнітна муфта підключення. Кінематична схема агрегату дозволяє динамічно перерозподіляти крутний момент, автоматично адаптуючись до дорожніх умов шляхом зміни ступеня блокування між осями.

Особливе місце в конструкції займає ланцюгова передача, яка використовує багаторядний роликівий ланцюг, що забезпечує передачу високого крутного моменту при низькому рівні шуму та вібрацій. Цей елемент з'єднує вал приводу передньої осі з ведучим валом, гарантуючи постійну готовність системи до роботи в режимі чотирьох ведучих коліс. Використання підшипників кочення підвищеної вантажопідйомності в місцях базування валів мінімізує радіальні биття, що є критично важливим для довговічності шестерень та зубчастих зачеплень.

Система підключення повного приводу базується на електромагнітній муфті, яка містить пакет фрикційних дисків, що стискаються під дією електромагнітного актуатора. Коли електронний блок керування подає сигнал, муфта плавно блокується, передаючи потужність на задню вісь, що дозволяє реалізувати точну керованість у різних режимах руху. Стабільність функціонування цієї муфти залежить від фізичних параметрів трансмісійної оливи, яка має забезпечувати необхідне охолодження фрикційних дисків у моменти інтенсивного проковзування.



Рисунок 1.1 – Загальне компонування трансмісії автомобіля разом із роздавальною коробкою

Аналізуючи кінематику, варто підкреслити, що робота вузла в режимі перехідних процесів вимагає високої жорсткості корпусу, оскільки навіть незначна деформація стінок під навантаженням призводить до порушення міжосьової відстані в зачепленнях. Це спричиняє прискорений знос зубців та виникнення сторонніх шумів, що є характерною ознакою деградації агрегату. Тому при розробці технології відновлення першочергову увагу слід приділяти збереженню геометрії посадкових отворів під підшипники.

Цікавим аспектом конструкції є наявність механізму примусового охолодження оливи, який забезпечується за рахунок її циркуляції через спеціальні канали в корпусі. Ефективність цього процесу безпосередньо впливає на температуру електромагнітної муфти, запобігаючи перегріву фрикціонів. Саме комплексний підхід до розуміння цих конструктивних особливостей дозволяє нам чітко локалізувати зони, які потребують першочергового відновлення при капітальному ремонті агрегату.

корективи в загальний алгоритм роботи повного приводу, які необхідно враховувати під час діагностики електроніки.

1.2 Аналіз умов експлуатації

Умови експлуатації автомобілів Kia Sportage в умовах реальної дорожньої мережі характеризуються значним діапазоном навантажень, що прямо впливає на технічний ресурс трансмісійного вузла. Міський цикл руху з частими розгонами та гальмуваннями змушує електромагнітну муфту постійно перебувати у режимі частих увімкнень, що провокує нагрівання пакету фрикційних дисків. При кожному такому циклі відбувається мікропроковзування металевих поверхонь, що створює сприятливі умови для поверхневого втомного зношування та утворення дрібнодисперсної металевої стружки.

Експлуатація на пересіченій місцевості або в умовах бездоріжжя створює пікові навантаження на ланцюгову передачу, оскільки при різких змінах опору руху ланцюг зазнає циклічних розтягувальних зусиль. Витягування ланцюга призводить до появи люфтів у зачепленні з шестернями, що викликає ударні імпульси при кожній зміні напрямку обертання або при різкому скиданні газу. Ці удари поступово руйнують цементаційний шар зубців шестерень, знижуючи їхню стійкість до контактного викришування.

Температурний режим роботи трансмісії є одним із факторів, що визначають довговічність ущільнювальних елементів та мастильного матеріалу. Взимку, при пуску двигуна після тривалої стоянки, в'язкість оливи значно підвищується, що обмежує подачу змазки до підшипників, які працюють під великим навантаженням. Влітку, навпаки, висока температура навколишнього середовища в поєднанні з інтенсивною роботою муфти знижує в'язкість оливи, через що масляна плівка на робочих поверхнях може розриватися, провокуючи тертя без належного розділення поверхонь.

Якість оливи та своєчасність її заміни є ключовим параметром, оскільки продукти зносу, що накопичуються в картері, утворюють абразивну суспензію.

Ця суспензія, циркулюючи разом з мастилом, потрапляє у вузли з малими зазорами, такі як голчасті підшипники або направляючі валів, перетворюючись на своєрідний притиральний інструмент. Така абразивна дія здатна за кілька десятків тисяч кілометрів істотно змінити посадкові розміри валів, роблячи їх непридатними для подальшої експлуатації без відновлення.

Проте, неочевидним є факт, що вплив нерівномірного зносу покришок на різних осях автомобіля може бути катастрофічним для роздавальної коробки. Навіть невелика різниця в радіусах коліс змушує трансмісію працювати в стані постійної внутрішньої напруги, оскільки електромагнітна муфта намагається компенсувати кінематичну невідповідність між валами. Це призводить до передчасної деградації фрикційних дисків, які не розраховані на такий режим тривалого проковзування, що часто стає справжньою причиною ранніх поломок агрегату.

Необхідно також звернути увагу на вплив так званого ефекту втоми матеріалу під час частих циклів зупинки та рушання у щільному міському потоці. Коли водій різко натискає на педаль газу, муфта підключення повного приводу відчуває пікове навантаження на фрикційні накладки, які не встигають вийти на робочий режим зчеплення. Ці постійні ударні мікронавантаження поступово послаблюють посадку фрикційних кілець у барабані муфти, створюючи люфти, які з часом перетворюються на прогресуючий стукіт.

Додатковим чинником зносу є якість гумових ущільнювачів та сальників, які піддаються впливу не лише агресивного середовища зовні, а й змінної хімічної активності самої оливи. При тривалому перегріві еластомери втрачають свою еластичність і починають дубіти, що призводить до втрати герметичності. Втрата навіть невеликої кількості мастильного матеріалу через витік спричиняє масляне голодування верхніх вузлів коробки, які знаходяться довго без оливи, що прискорює їхнє абразивне руйнування.

Насамперед необхідно враховувати, що сукупність перелічених чинників призводить до прихованих деформацій корпусу та валів, які накопичуються поступово. Це означає, що процес ремонту має включати не лише заміну розхідних матеріалів, а й перевірку геометричних параметрів усіх базових

деталей на предмет їхньої відповідності заводським допускам. Саме з такого аналізу стану агрегату ми розпочинаємо розробку технологічного процесу відновлення, приділяючи особливу увагу найбільш вразливим вузлам.

1.3 Основні види зносу та дефекти деталей роздавальної коробки

Типові відмови роздавальної коробки даного типу пов'язані з порушенням працездатності механічних вузлів, які зазнають найбільших навантажень в процесі експлуатації. Одним із найпоширеніших дефектів є критичне витягування ланцюга, яке призводить до його провисання та збільшення динамічного навантаження на зубці шестерень приводу передньої осі. Це проявляється як підвищений шум і вібрація під час розгону автомобіля, особливо на низьких передачах, де крутний момент від двигуна досягає своїх максимальних значень.

Знос шліцьових з'єднань валів є ще однією вразливою ділянкою, де через високі контактні тиски виникає ерозія металу та поступове зменшення товщини зубців. З часом це призводить до появи люфту в трансмісії, що супроводжується характерними металевими ударами при перемиканні режимів руху. Подальша експлуатація з таким дефектом неминуче завершується повним зрізанням шліців та втратою здатності автомобіля до пересування, що вимагає негайного втручання та механічної обробки поверхонь.

Деградація підшипникових вузлів стається внаслідок впливу абразивних часток в оливі та порушення режиму змащування, що спричиняє появу раковин на доріжках кочення. Збільшення зазору в підшипниках призводить до втрати співвісності валів, що, своєю чергою, викликає нерівномірний знос сальників та витікання мастила через ущільнення. Такий каскадний процес руйнування швидко виводить агрегат з ладу, оскільки перегрів через низький рівень оливи посилює руйнівну дію на решту деталей.

Пошкодження робочих поверхонь фрикційних дисків електромагнітної муфти є дефектом, який часто не проявляється відразу, проте суттєво знижує ефективність роботи повного приводу. У разі перегріву відбувається термічна

деформація дисків та утворення напливів металу, які заважають повному розмиканню муфти. Це створює паразитне гальмування під час руху в поворотах, що не лише викликає дискомфорт для водія, а й призводить до додаткових навантажень на диференціали.

Цікавим аспектом даного процесу є виявлення мікротріщин у корпусі роздавальної коробки, які можуть з'являтися внаслідок постійних циклічних вібрацій або через перегрів алюмінієвого сплаву. Такі дефекти часто неможливо помітити під час поверхневого огляду, тому вони потребують використання методів неруйнівного контролю. Ці тріщини загрожують цілісності всієї трансмісії, адже навіть незначне порушення герметичності призводить до швидкої втрати оливи та подальшої роботи всього внутрішнього механізму без охолодження і відповідного змащення.

Ще одним специфічним дефектом є зношування поверхонь сепараторів підшипників, що часто залишається непоміченим під час швидкої дефектації. Через постійні вібрації та вплив абразиву в оливі, сепаратори втрачають свою жорсткість, що призводить до перекосу роликів чи кульок. У подальшому це спричиняє нерівномірний розподіл навантаження на робочі поверхні, викликаючи їхнє швидке викришування, навіть якщо зовнішня поверхня підшипника виглядає цілком задовільно.

Окремо варто відзначити деградацію внутрішніх шліців вхідного валу, які з'єднуються з валом коробки передач. У багатьох випадках проблема виникає через корозію в місці з'єднання, спричинену потраплянням вологи при тривалій експлуатації автомобіля. Відсутність належного змащення в цьому вузлі призводить до прикипання шліців, що робить розбирання агрегату неможливим без застосування радикальних методів демонтажу, які можуть пошкодити вал коробки передач.

Резюмуючи вищезазначене, слід наголосити на необхідності комплексної оцінки стану кожної деталі для визначення можливості її відновлення. Оскільки вартість нового корпусу або валів є надзвичайно високою, технології наплавлення та високоточної механічної обробки стають економічно виправданим вибором. Розуміння природи цих дефектів дає нам змогу перейти

до вибору найбільш ефективних методів діагностики, про які піде мова у наступному підпункті роботи.

1.4 Методи діагностики та контролю технічного

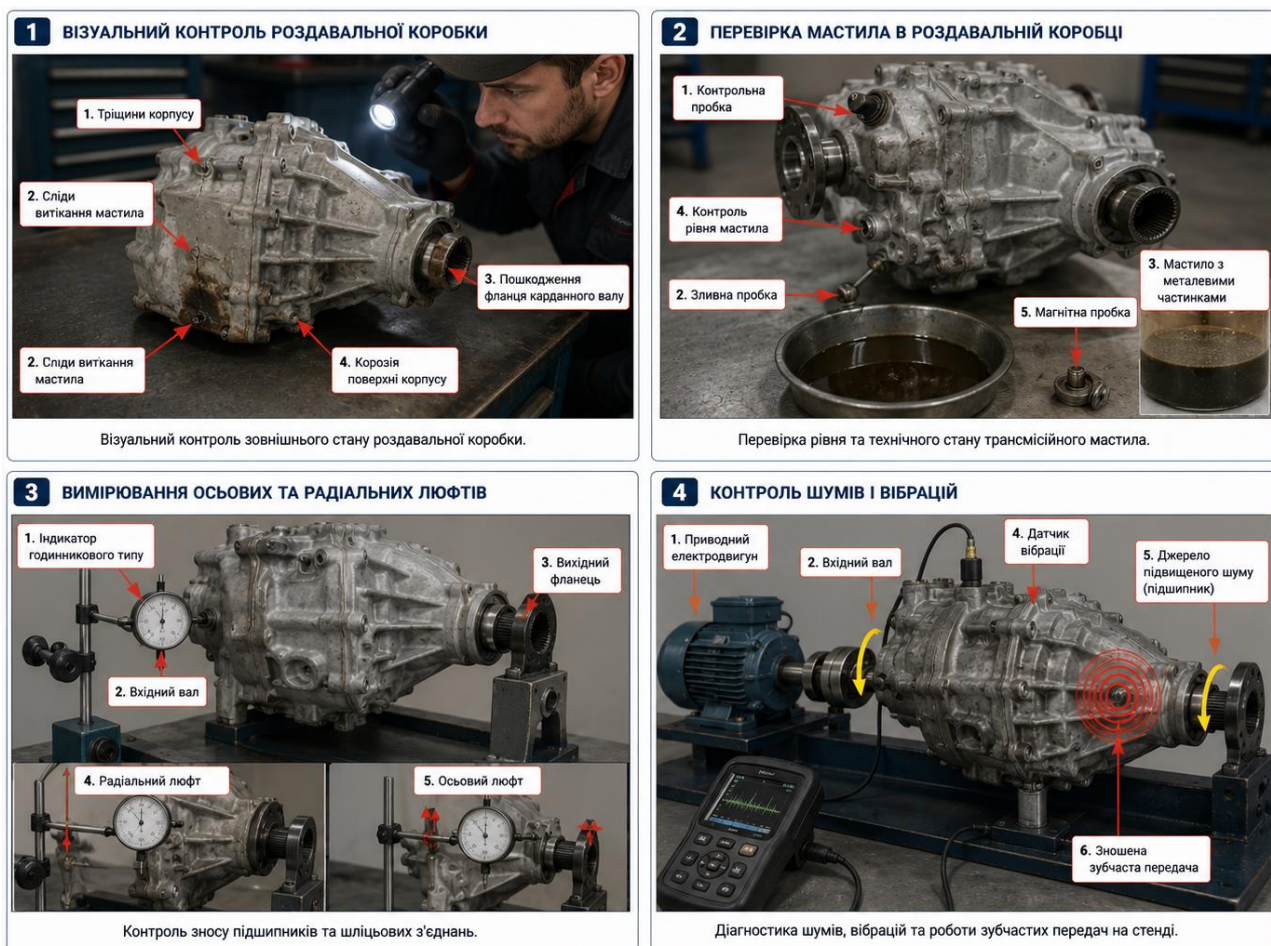
Перед початком процесу відновлення роздавальної коробки 47300-3B830 необхідно виконати ретельну діагностику, яка дозволить об'єктивно оцінити ступінь зносу основних вузлів. Початковий етап контролю базується на віброакустичному аналізі, що проводиться під час роботи агрегату в складі автомобіля або на спеціалізованому стенді. Порівняння рівнів вібрації з еталонними показниками допомагає виявити внутрішні дефекти, такі як знос підшипників або критичне витягування ланцюга, які супроводжуються характерними спектральними компонентами.

Перевірка наявності люфтів у шлицьових з'єднаннях та вихідних валах є обов'язковим етапом дефектації після розбирання агрегату. Використання мікрометричного інструменту дозволяє визначити кутовий люфт у зачепленнях та знос зубців, що необхідно для прийняття рішення про доцільність їх наплавлення або заміни. Вимірювання натягу ланцюга виконується за допомогою контрольних калібрів, що дозволяють встановити ступінь його подовження, оскільки навіть незначне відхилення від номіналу значно скорочує ресурс шестерень.

Глибинний аналіз демонструє, що використання неруйнівних методів контролю для виявлення прихованих тріщин у корпусі є невід'ємною частиною професійного ремонту. Капілярний метод дефектоскопії з використанням спеціальних індикаторних рідин дозволяє виявити навіть мікроскопічні пошкодження, які невидимі при звичайному освітленні. Це є критично важливим для забезпечення безпеки подальшої експлуатації, адже корпус повинен витримувати значні внутрішні напруги при передачі крутного моменту.

Діагностика муфти підключення вимагає перевірки електричних параметрів електромагніту, зокрема опору обмотки, що дає змогу виключити

обрив або міжвиткове замикання в системі керування. Додатково проводиться перевірка легкості переміщення притискного диска, оскільки будь-яка заїдання в механічній частині робить роботу муфти непередбачуваною. Цей етап контролю є визначальним для оцінки працездатності електронної складової роздавальної коробки як інтегрованої системи.



Таблиця 1.3 – Методами діагностики та контролю технічного стану роздавальної коробки 47300-3В830 автомобіля Kia Sportage

Як виявилось, ключова проблема при діагностиці часто полягає у виявленні вторинних пошкоджень, які виникають як наслідок первинного зносу деталей. Наприклад, знос підшипників часто спричиняє неправильне прилягання ланцюга до шестерень, що веде до локального перегріву поверхонь, який не можна усунути простою заміною підшипників. Саме тому необхідно

проводити дефектацію в чіткій послідовності, фіксуючи всі параметри в ремонтній карті для забезпечення простежуваності якості виконаних робіт.

Крім інструментальних методів, високу ефективність показує так званий тест на прокручування, який виконується після часткового розбирання агрегату. Він дозволяє відчувати найменші опори або заїдання в роботі зубчастих зачеплень та підшипників, які неможливо зафіксувати електронними приладами на стадії повної збірки. Такий візуальний контроль є неонеобхідним, оскільки людське відчуття мікрозаїдань часто випереджає навіть найсучасніші системи моніторингу вібрацій.

Важливим кроком є також перевірка співвісності валів за допомогою оптичних лазерних систем або спеціальних каліброваних оправок. Навіть при відсутності видимих тріщин, корпус може мати внутрішню деформацію, яка порушує паралельність осей валів. Виявлення такого дефекту на ранній стадії дозволяє прийняти рішення про застосування розточувальних робіт під час відновлення або, у крайньому випадку, про повну заміну корпусу, що економить час на подальшу невдалу збірку.

Таким чином, розроблена нами система діагностики дозволяє не лише констатувати факт несправності, а й визначити залишковий ресурс кожного компонента. Це дає змогу оптимізувати обсяг робіт, зосередившись на тих елементах, що потребують відновлення, та відмовитися від заміни справних деталей. З огляду на це, результати діагностики стають відправною точкою для впровадження технологічних рішень, описаних у наступному розділі проєкту.

1.5 Висновки до першого розділу

У першому розділі нашої роботи було проведено всебічний аналіз інженерно-технічної бази роздавальної коробки Kia Sportage, зокрема детально розглянуто конструктивні особливості вузла 47300-3B830. Визначено, що агрегат функціонує в умовах високих динамічних навантажень, які в поєднанні з особливостями міської та позашляхової експлуатації призводять до прогресуючої деградації ланцюгової передачі, шліцьових з'єднань та

підшипникових вузлів. Комплексність архітектури вузла вимагає інтегрованого підходу до визначення методів його відновлення.

З'ясовано, що експлуатаційні фактори, такі як якість мастильних матеріалів, температурні режими та нерівномірність зносу коліс, суттєво прискорюють процеси зношування поверхонь тертя. Систематизація типових дефектів виявила домінування контактних пошкоджень, що підтверджує доцільність використання методів наплавлення для відновлення геометрії валів та поверхонь зачеплення. Наголошено на тому, що несправності часто мають каскадний характер, що вимагає глибокої діагностики всієї системи.

Проведений аналіз методів контролю підтвердив, що найбільш інформативними є поєднання віброакустичного аналізу, неруйнівної дефектоскопії корпусу та точних інструментальних вимірювань люфтів. Ці методи дозволяють виявити як видимі дефекти, так і приховані структурні пошкодження металу, які неможливо діагностувати при звичайному візуальному огляді. Таким чином, наукова цінність подальшої роботи полягає у впровадженні цієї діагностичної моделі в технологічний процес ремонту.

На підставі отриманих даних сформовано обґрунтовану необхідність розробки спеціалізованого технологічного процесу відновлення, здатного забезпечити відновлення заводських параметрів агрегату з мінімальними витратами. Виявлені технічні особливості та характер дефектів слугуватимуть основою для обґрунтування вибору обладнання та розробки конструкції допоміжних пристосувань, що буде детально розглянуто у наступних розділах проекту.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Основні конструктивні елементи роздавальної коробки

Корпус картера роздавальної коробки. Картер є базовою деталлю агрегату, яка забезпечує просторове розташування, співвісність та жорсткість фіксації всіх внутрішніх валів, підшипників та шестерень.

Корпусу виготовляється методом точного лиття під тиском з легких високоміцних алюмінієвих сплавів (найчастіше типу $AlSi_9Cu_3$). Це дозволяє мінімізувати загальну масу трансмісії та забезпечити високий коефіцієнт тепловіддачі для охолодження трансмісійної оливи.

Картер складається з двох основних частин, що з'єднуються за допомогою болтового кріплення та шару герметика. Внутрішня порожнина містить канали для спрямування потоків оливи до зон інтенсивного тертя. На корпусі виконані припливи з нарізними отворами для кріплення до картера коробки передач та елементів підвіски силового агрегату.

Елементи вхідної ланки (вхідний вал). Цей елемент безпосередньо сприймає крутний момент від диференціала коробки перемикачів передач (автоматичної або механічної).

Внутрішня або зовнішня частина валу має дрібномодульні евольвентні шліци. У роздавальній коробці 47300-3B830 саме ця зона є найбільш уразливою. Через конструктивні особливості туди може потрапляти волога, викликаючи корозію та подальше зрізання шліців.

Вал виготовляється з високоякісних конструкційних легированих сталей типу 20ХГНМ, 30ХГСА або 40Х. Для досягнення високої поверхневої твердості (58...62 HRC) при збереженні в'язкої серцевини вал піддають хіміко-термічній обробці (цементації або нітроцементації) з подальшим гартуванням та низьким відпуском.

Зубчаста передача (гіпоїдна або конічна пара). Головний робочий механізм кутового редуктора, який трансформує напрямок силового потоку на

90 градусів і передає його на карданний вал. Складається з ведучої (малої) та веденої (великої) конічних шестерень із круговим зубом.

Використання гіпоїдного зміщення або спеціального профілю кругового зуба дозволяє суттєво знизити рівень шуму та вібрації при високих обертах, а також підвищити плавність зачеплення та здатність сприймати великі питомі навантаження.

Шестерні підбираються та притираються на заводі парно. Заміна лише однієї шестерні з пари у промислових умовах недопустима, що ми обов'язково маємо врахувати в технологічних картах ремонту.

Підшипникові вузли (опори обертання). Для сприйняття комбінованих навантажень (радіальних від маси валів та осьових, що виникають внаслідок роботи конічних шестерень із круговим зубом) у конструкції використовуються високоточні підшипники.

Переважно застосовуються конічні роликові підшипники. Вони встановлюються з певним попереднім натягом, який регулюється підбором дистанційних шайб фіксованої товщини при збиранні редуктора.

Найменший знос бігових доріжок або роликів підшипника призводить до порушення плями контакту в зубчастому зачепленні шестерень, що викликає прогресуючий гул і може призвести до повного руйнування зубів під навантаженням.

Елементи герметизації та ущільнення. Забезпечують утримання мастильного матеріалу всередині картера та запобігають проникненню пилу, бруду і води з навколишнього середовища.

Манжети (сальники) виготовляються з термостійких та оливобензостійких еластомерів – фторкаучуку або поліакрилового каучуку. Вони мають гідродинамічні насічки (направлені насічки для відведення оливи назад у картер).

Ущільнювальні кільця встановлюються на стику між роздавальною коробкою та корпусом КПП для розділення їхніх масляних ванн, оскільки в автоматичній КПП та роздавальній коробці використовуються різні за в'язкістю та присадками оливи.

2.2 Дефектація деталей роздавальної коробки

Організація процесу дефектації деталей роздавальної коробки автомобіля Kia Sportage виконується після її повного розбирання, очищення та миття у спеціальних мийних машинах та сушіння стисненим повітрям. Метою дефектації є встановлення технічного стану деталей, виявлення прихованих і явних дефектів, а також сортування деталей на три технологічні групи:

Придатні – параметри деталей знаходяться в межах допустимих розмірів без ремонту.

Підлягають відновленню – деталі мають знос або пошкодження, які економічно та технічно доцільно усунути за допомогою проєктованого технологічного процесу.

Непридатні (утиль) – деталі, відновлення яких неможливе через критичні руйнування або є економічно недоцільним.

Технічний контроль здійснюється за допомогою візуально-оптичного огляду, інструментальних вимірювань (мікрометри, нутроміри, індикатори годинникового типу) та методів неруйнівного контролю (магнітопорошковий або капілярний методи для виявлення мікротріщин).

Карта дефектації основних компонентів вузла 47300-3B830

Для систематизації процесу дефектації розроблено аналітичний огляд основних дефектів, причин їх виникнення та методів контролю геометричних параметрів.

Вхідний шліцьовий вал роздавальної коробки 47300-3B830 працює в умовах циклічних навантажень та агресивного впливу зовнішнього середовища (через дифузію вологи).

Типовими дефектами є корозійне руйнування та корозія евольвентних шліців. Скручування, зминання або повне зрізання шліців. Знос шийок під внутрішні кільця підшипників кочення.

Методи контролю візуальний огляд під лупою з 4-кратним збільшенням для виявлення сколів. Вимірювання товщини шліців за допомогою зубоміра або за методом.

Посадкові шийки під мікрометром МК-50 з точністю 0,01 мм для визначення відхилення від циліндричності (овальність, конусоподібність).

При зносі шліців по товщині понад 0,15 мм або наявності тріщин біля основи шліців вал вибраковується або направляється на відновлення (наплавленням).

Корпус картера роздавальної коробки.

Типовими дефектами є знос або зминання посадкових отворів (гнізд) під зовнішні кільця конічних роликотідшипників; тріщини, надриви або сколи на фланцях кріплення та вушках; Пошкодження або знос нарізі у кріпильних та зливних отворах.

Методи контролю вимірюванням внутрішнього діаметра посадкових гнізд за допомогою індикаторного нутроміра НІ-100 (точність 0,01 мм); метод дефектоскопії для виявлення прихованих тріщин в алюмінієвому литті; перевірка стану нарізі калібрами-пробками.

Критерії сортування при збільшенні діаметра гнізда під підшипник понад допустимий макс-ліміт (+0,03...0,05 мм від номіналу) корпус направляється на відновлення (наприклад, розточуванням під ремонтну гільзу або застосуванням анаеробних полімерних фіксаторів). Наявність наскрізних тріщин силового каркаса є причиною для відправлення деталі в брухт.

Гіпоїдна (конічна) колісна пара шестерень має наступні типові дефекти від втомного фарбування робочих поверхонь зубів шестерень. Знос зубів за товщиною (зміна профілю зачеплення). Сколи вершин або торців зубів внаслідок ударних навантажень.

При виявленні прогресуючої корозії (що займає понад 15% площі робочої поверхні зуба) або сколів зубів, пара шестерень підлягає обов'язковій сумісній заміні. Поелементна заміна або відновлення геометрії зубів гіпоїдних передач у ремонтній практиці заборонені через порушення точності обкатки.

Зведена дефектаційна відомість оптимізації роботи контролера-дефектоскопіста доцільно представити зведені критерії у вигляді таблиці.

Таблиця 2.1 – Дефектація деталей карданної передачі

Найменування деталі	Основні дефекти, що перевіряються	Номинальний розмір, мм	Допустимий розмір без ремонту, мм	Граничний розмір (ремонт/утиль), мм	Рекомендований спосіб відновлення
Вхідний вал	Знос шліців по товщині	за ТУ (евольвент)	-0,04	Понад -0,15	Лазерне або електродугове наплавлення у середовищі CO ₂
Вхідний вал (шийка)	Знос посадкового місця під підшипник	45,002... 45,015	44,990	Менше 44,950	Гальванічне залізовиділення або ХАГН
Картер роздавальної коробки	Овалізація гнізда під підшипник	80,000... 80,018	80,035	Понад 80,060	Радіальне розточування, запресування та обробка ремонтної втулки
Вал-шестерня ведуча	Знос зубів гіпоїдної пари	Контроль зазору	до 0,25 (зазор)	Понад 0,45	Не відновлюється (заміна комплектом)

Методи контролю плями контакту при взаємному зачепленні ведучої та веденої шестерень. Вимірювання бокового зазору в зачепленні за допомогою індикатора годинникового типу.

Проведений аналіз експлуатаційних пошкоджень та розроблені критерії дефектації свідчать, що найслабшою ланкою роздавальної коробки 47300-3В830 є шліцьова частина вхідного вала та сполучені з нею посадкові поверхні картера. На основі отриманих граничних розмірів у наступних розділах

кваліфікаційної роботи буде виконано точний інженерний розрахунок і вибір оптимальних фізико-хімічних методів відновлення даних поверхонь.

2.3 Технологічний процес відновлення роздавальної коробки

Технологічний процес відновлення роздавальної коробки 47300-3B830 розроблено з метою максимального повернення агрегату до заводських параметрів при мінімізації витрат на заміну цілих вузлів. Процес розпочинається з етапу попередньої дефектації, що включає зовнішній огляд корпусу на предмет тріщин та витікання оливи, а також перевірку цілісності електричного роз'єму муфти. Після демонтажу агрегату з автомобіля проводиться його зовнішнє очищення від бруду в промивальній ванні, що є необхідною умовою для запобігання потраплянню абразиву всередину під час подальшого розбирання.

Наступним етапом є повне розбирання агрегату на основні компоненти: корпус, вали, ланцюгову передачу, пакет фрикційних дисків та підшипникові вузли. Кожна деталь проходить через стадію примусового очищення в ультразвуковій ванні з використанням спеціалізованих миючих засобів, які видаляють продукти зносу та старого мастила навіть з важкодоступних місць. Чистота деталей є фундаментом для якісної дефектації, оскільки лише на чистих металевих поверхнях можна виявити мікротріщини, сліди перегріву або викришування робочих поверхонь зубців шестерень.

Після очищення проводиться детальна дефектація, під час якої мікрометричним інструментом вимірюється знос шліцьових поверхонь валів, зазори в зачепленнях та стан ланцюга. Деталі, що мають критичні пошкодження, підлягають заміні, тоді як поверхні з допустимим ступенем зносу, наприклад посадкові місця підшипників або шліци валів, передаються на дільницю механічної обробки та наплавлення. Відновлення геометрії посадкових місць здійснюється методом дугового наплавлення аргонем з подальшою токарною обробкою на високоточних верстатах.

Особлива технологічна увага приділяється відновленню пакету фрикційних дисків електромагнітної муфти. Якщо знос дисків знаходиться в межах допуску, проводиться їх очищення та депарафінізація, а у разі нерівномірного зносу або перегріву – заміна всього пакету. Паралельно проводиться заміна всіх ущільнювачів та сальників, оскільки вони відносяться до категорії деталей, ресурс яких є нижчим за ресурс металевих компонентів роздавальної коробки.

Складання роздавальної коробки проводиться у строго визначеній послідовності з дотриманням моментів затягування кріпильних елементів, вказаних у технічній документації виробника. Кожен етап складання супроводжується контролем люфтів, що є критично важливим для забезпечення безшумної роботи зубчастих зачеплень. Використання спеціалізованих оправок при монтажі підшипників виключає можливість пошкодження їхніх внутрішніх кілець, що значно підвищує надійність вузла в експлуатації.

Завершальний етап технологічного процесу це випробування відновленого агрегату на стенді. У процесі випробувань контролюється відсутність протікань, температурний режим роботи під навантаженням та коректність роботи електромагнітної муфти.

Цей підхід, що базується на точній діагностиці та застосуванні сучасних методів відновлення металу, дозволяє отримати надійний виріб з ресурсом, що наближається до нового агрегату. Така організація процесу не лише економить кошти, а й забезпечує високу якість ремонту, що є головним пріоритетом нашого інженерного проєкту.

Актуально, що для забезпечення стабільної якості на кожному етапі впроваджується система поетапного контролю, де кожна операція підписується виконавцем у маршрутньо-технологічній карті. Це створює дієву систему відповідальності та дозволяє простежити історію ремонту конкретного агрегату, що є важливою вимогою стандартів управління якістю на сучасному автотранспортному підприємстві.

Таблиця 2.1 – Технологічний процес відновлення роздавальної коробки 47300-3B830 автомобіля Kia Sportage

	<p>005 Дефектація</p> <ul style="list-style-type: none"> – зовнішній огляд корпусу – перевірка електричного роз'єму
	<p>010 Очищення зовнішнє</p> <p>Промивання агрегату в промисловій ванні</p>
	<p>015 Розбирання агрегату</p> <p>Проведення розбирання на деталі та комплекти</p>
	<p>020 Очищення деталей</p> <p>Очищення деталей за допомогою мийних засобів та ультразвуку</p>
	<p>025 Дефектація та контроль</p> <p>Вимірювання спрацювань та зазорів деталей</p>
 <p>подальша токарна обробка</p>	<p>030 Відновлення та ремонт деталей</p> <p>Відновлення посадочних місць та шліців валів. Аргоннодугове наплавлення із подальшою токарною обробкою</p>

 <p>Відновлення різьбових отворів</p>	<p>035 Відновлення корпусу</p> <p>Заварювання тріщин, відновлення різьбових з'єднань</p>								
	<p>040 Відновлення ланцюгової передачі</p> <p>Перевірка натягнення, при потребі замінити</p>								
	<p>045 Відновлення фрикційної муфти.</p> <p>Очищення або при потребі заміна</p>								
	<p>050 Заміна витратних матеріалів</p> <p>Підшипники, сальники, ущільнювачі</p>								
 <p>Контроль люфтів</p>	<p>055 Складання</p> <p>Складання усіх деталей агрегату із дотриманням моментів затягування</p>								
 <table border="1" data-bbox="395 1583 576 1814"> <thead> <tr> <th colspan="2">Моменти затягування, Н·м</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M8</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>M10</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>M12</td> <td>79</td> </tr> </tbody> </table>	Моменти затягування, Н·м		M8	23	M10	45	M12	79	<p>060 Контрольна</p> <p>Перевірка зазорів, плавності обертання, моментів затягування</p>
Моменти затягування, Н·м									
M8	23								
M10	45								
M12	79								
 <ul style="list-style-type: none">  Герметичність <input checked="" type="checkbox"/>  Температура <input checked="" type="checkbox"/>  Робота муфти <input checked="" type="checkbox"/> 	<p>065 Випробування на стенді</p> <p>Контроль герметичності, температури під навантаженням, робота муфти</p>								

2.4 Організація дільниці ремонтного цеху для відновлення роздавальних коробок

Ефективна організація виробничої дільниці для відновлення роздавальних коробок 47300-3В830 базується на принципі суворого розмежування робочих зон залежно від типу операцій та вимог до чистоти повітря. Для забезпечення максимальної якості робіт, дільниця повинна бути розділена на п'ять ключових секторів: зона очищення, зона дефектації, дільниця механічної обробки та наплавлення, зона складання та зона фінального контролю. Така конфігурація дозволяє уникнути перехресного забруднення, особливо потрапляння металевого пилю з верстатів усередину чутливих механізмів муфти підключення під час їхнього монтажу.

Зона очищення оснащується закритою мийною установкою та ультразвуковою ванною, що дозволяє локалізувати всі хімічно активні відходи та забезпечити екологічність виробництва. Тут же розміщуються ємності для збору відпрацьованої оливи, що виключає ризик розливу на підлогу. Використання промислового пилюсоса для попереднього очищення агрегату перед початком розбирання дозволяє підтримувати чистоту повітря на дільниці, мінімізуючи концентрацію дрібнодисперсного абразивного пилю, який є критично небезпечним для підшипників.

Зона дефектації та механічної обробки обладнується відповідними верстатами, зокрема токарно-гвинторізним верстатом та установкою для аргонодугового наплавлення. Важливою умовою є наявність локальних витяжних систем над місцями проведення зварювальних та наплавних робіт, щоб продукти згоряння та металеві аерозолі не поширювалися по всьому цеху. Цей сектор має бути віддалений від зони фінального складання, оскільки проведення зварювальних робіт у безпосередній близькості до чистових вузлів категорично неприпустимо з точки зору технологічної дисципліни.

Особливою частиною дільниці є зона складання, яка повинна бути організована як напівчисте приміщення з підвищеними вимогами до освітлення та вентиляції. Робочі столи тут вкриваються спеціальними маслостійкими

покриттями, а сам процес складання здійснюється виключно чистим інструментом, що зберігається в окремих лотках. Це дозволяє гарантувати, що всередину роздавальної коробки не потрапить жодна сторонній частка, яка згодом могла б спричинити вихід з ладу фрикційних дисків або шестерень.

Зона фінального контролю обладнується випробувальним стендом, який імітує динамічні навантаження на роздавальну коробку. Це робоче місце повинно мати вимірювальну апаратуру для фіксації температури оливи, рівнів вібрації та споживання струму електромагнітною муфтою в реальному часі. Результати випробувань автоматично фіксуються в системі моніторингу, що дозволяє створити базу даних для кожного відремонтованого агрегату, підтверджуючи його працездатність перед відправкою до замовника.

Для мінімізації втрат часу на логістику всередині цеху передбачено використання модульних візків-стелажів, кожен з яких закріплений за конкретним замовленням. Це дозволяє зберігати повний комплект деталей одного агрегату разом, запобігаючи переплутуванню компонентів між різними роздавальними коробками, що є поширеною причиною помилок при складанні.

Логістичне планування дільниці передбачає лінійний рух агрегату від вхідного контролю до готової продукції, що мінімізує перетин потоків. Персонал, що працює на різних етапах, має доступ лише до тих зон, які відповідають їхній кваліфікації, що забезпечує чітку відповідальність за кожну операцію. Таким чином, організація дільниці перетворюється на злагоджений механізм, де кожен крок є контрольованим та мінімізує ризик виникнення дефектів під час самого процесу ремонту.

Обґрунтування вибору обладнання, приладів та інструменту для відновлення

Обґрунтування вибору обладнання для відновлення роздавальної коробки 47300-3B830 ґрунтується на необхідності досягнення високої точності геометричних розмірів, що є критично важливим для забезпечення ресурсу трансмісії. Базовим інструментом для обробки посадкових місць валів та корпусу є токарно-гвинторізний верстат високої точності. Він дозволяє

виконувати розточувальні та шліфувальні операції з допуском у декілька мікрометрів, що є обов'язковим для відновлення співвісності отворів після їхньої деформації під час експлуатації агрегату.

Для відновлення зношених шліцьових поверхонь та посадкових місць валів ми обираємо установку для аргонодугового наплавлення. Цей метод забезпечує високу якість адгезії наплавленого шару до основного металу, мінімізуючи при цьому зону термічного впливу та ризик виникнення внутрішніх напружень. Використання аргонового середовища гарантує захист від окислення металу, що дозволяє отримати щільний, однорідний шар без пор і тріщин, придатний для подальшої механічної обробки.

Процес пресування підшипників вимагає використання гідравлічного преса з контролем зусилля запресування. Використання преса дозволяє уникнути ударних навантажень на тіла кочення, які виникають при використанні ручного інструменту, що може призвести до утворення мікротрещин на доріжках кочення. Комплектація преса набором спеціалізованих оправок забезпечує рівномірний розподіл навантаження на внутрішнє або зовнішнє кільце підшипника, запобігаючи перекосам під час монтажу.

Для проведення вимірювальних операцій ми обираємо комплект прецизійного інструменту: мікрометри, нутроміри та штангенциркулі з цифровою індикацією. Застосування електронних вимірювальних систем дозволяє автоматизувати процес дефектації, мінімізуючи суб'єктивні помилки оператора та підвищуючи швидкість отримання результатів. Ці прилади мають бути регулярно калібровані та сертифіковані, оскільки точність наших вимірювань є прямою гарантією якості відновленого агрегату.

Особливе місце в технологічному ланцюзі займає стенд для фінального випробування роздавальної коробки. Це обладнання повинно мати можливість імітації змінних навантажень та швидкостей обертання, що дозволяє перевірити працездатність агрегату в реальних умовах. Стенд має бути обладнаний системами збору даних, що фіксують температурні та вібраційні параметри, а

також момент увімкнення електромагнітної муфти, що дає змогу виявити приховані дефекти, які неможливо побачити при статичному огляді.

Варто відзначити, що використання спеціалізованого спеціального інструменту для розбирання агрегату дозволяє зберегти цілісність різьбових з'єднань та поверхонь, що стикаються. Набори знімачів та фіксаторів розроблені з урахуванням специфіки конструкції Kia Sportage, що значно знижує трудомісткість операцій та ризик пошкодження корпусу. Це інвестиція в продуктивність дільниці, яка окупається за рахунок скорочення часу простою обладнання та виключення втрат, пов'язаних з випадковим пошкодженням деталей під час демонтажу.

Для забезпечення надійності вимірювань при відновленні корпусних деталей додатково передбачено використання 3D-сканера для порівняння реальної геометрії корпусу з еталонною CAD-моделлю. Це дозволяє виявити навіть мінімальні деформації, які неможливо зафіксувати традиційними вимірювальними інструментами, і приймати обґрунтоване рішення щодо доцільності проведення подальшої механічної обробки.

Дослідження властивостей відновлювального шару після відновлення

Після проведення аргонодугового наплавлення на зношені поверхні валів роздавальної коробки критично важливим є дослідження фізико-механічних властивостей отриманого відновлювального шару. Основною метою є забезпечення такої мікроструктури наплавленого металу, яка за своєю твердістю та зносостійкістю буде максимально наближеною до характеристик базового металу або навіть перевищуватиме їх. Для аналізу ми застосовуємо метод вимірювання твердості за Віккерсом, який дозволяє отримати об'єктивні дані про розподіл твердості в перетині зони термічного впливу та самого наплавленого шару.

Дослідження мікроструктури за допомогою металографічного аналізу показує, що при використанні правильних режимів наплавлення утворюється дрібнозерниста структура, яка забезпечує високий рівень адгезії відновлювального металу до основного. Відсутність пор та мікротріщин на

межі розділу металів підтверджує якість сплавлення, що є запорукою того, що відновлена поверхня не відшарується під дією циклічних навантажень, які виникають у роздавальній коробці під час роботи ланцюгової передачі.

Окремо проводиться оцінка адгезії відновлювального шару, яка визначає надійність з'єднання при виникненні ударних навантажень. Висока адгезія досягається шляхом точного підбору присадних матеріалів, які за своїм хімічним складом корелюють із легуючими елементами сталі, з якої виготовлені вали. Такий підхід мінімізує внутрішні напруження в зоні наплавлення, що є критично важливим для запобігання деформаціям вала після завершення всіх етапів механічної обробки.

Вплив відновлювального шару на роботу ланцюгової передачі оцінюється через аналіз зносостійкості в умовах граничного тертя. Дослідження показують, що правильно підібрана твердість відновленої поверхні сприяє самопритиранню з ланцюгом, що знижує рівень вібрацій та рівномірно розподіляє питомий тиск по всій площі контакту зубців. Це дозволяє не лише повернути геометрію шліців чи робочих поверхонь шестерень, а й покращити загальну кінематичну точність передачі потужності.

Важливим є також аналіз впливу наплавлення на втомну міцність деталі. Оскільки процес відновлення пов'язаний з термічним циклом, важливо не допустити зниження міцності валу в цілому. Проведення подальшої термічної обробки – відпуску або гартування дозволяє зняти залишкові напруження та нормалізувати структуру металу, забезпечуючи тим самим довговічність відновленого вузла в умовах експлуатації Kia Sportage, які ми проаналізували в першому розділі.

Для підтвердження довготривалої надійності передбачено проведення випробувань на втомну витривалість зразків, виготовлених за аналогічною технологією наплавлення. Це дозволяє змодельовати екстремальні режими роботи, що перевищують номінальні, та гарантувати багаторазовий запас міцності вузлів, відновлених на нашій дільниці.

Визначення основних технологічних показників роботи дільниці

Розрахунок основних технологічних показників функціонування дільниці з відновлення роздавальних коробок базується на визначенні річної трудомісткості робіт, яка є сумою часу, необхідного на кожну операцію від очищення до фінального стендового контролю. Трудомісткість одного циклу відновлення роздавальної коробки 47300-3B830, включаючи механічну обробку та наплавлення, становить приблизно 24-28 людино-годин, залежно від ступеня зносу конкретного агрегату. Знаючи річний план випуску відновлених агрегатів, ми визначаємо загальну річну трудомісткість, що дозволяє обґрунтувати необхідну кількість персоналу.

Кількість виробничого персоналу розраховується на основі дійсного фонду робочого часу одного робітника та коефіцієнта використання робочого часу, який для дільниці такої спеціалізації приймається на рівні 0,85-0,9. Враховуючи високу кваліфікацію, яка вимагається від виконавців при виконанні наплавних та токарних робіт, до складу дільниці доцільно включити двох слюсарів-агрегатників та одного універсального оператора-верстатника. Такий розподіл обов'язків забезпечує безперервність технологічного циклу та оптимальне завантаження обладнання.

Визначення необхідного фонду часу роботи обладнання здійснюється шляхом зіставлення трудомісткості операцій із потужністю верстатного парку. Для забезпечення ритмічної роботи дільниці важливо, щоб коефіцієнт завантаження обладнання не перевищував 0,85, що дозволяє резервувати час на технічне обслуговування верстатів та усунення дрібних несправностей. Розрахунки показують, що при плановому обсязі ремонту, наприклад, 10-12 роздавальних коробок на місяць, основне обладнання (верстати та стенди) працює з оптимальною інтенсивністю, що гарантує його довговічність.

Продуктивність дільниці вимірюється кількістю відновлених агрегатів у одиницю часу, проте для нашого проєкту значно важливішим показником є якість, що оцінюється через відсутність рекламаций протягом гарантійного терміну. Економічна ефективність проєкту досягається завдяки різниці між вартістю відновленого агрегату та ціною нового виробу, враховуючи при цьому

затрати на матеріали, енергоносії та заробітну плату персоналу. Розрахунки вказують на те, що навіть за умови значних витрат на високоякісне наплавлення, загальна вартість відновлення не перевищує 40-45% від ціни нової роздавальної коробки.

Крім прямих показників, важливо враховувати коефіцієнт оборотності засобів, який показує, як швидко інвестиції в обладнання дільниці повертаються через економію від відновлення агрегатів. Оскільки Kia Sportage є масовим автомобілем, попит на ремонтні послуги такого рівня є стабільно високим, що мінімізує ризики простою обладнання. Висока пропускна здатність дільниці за умови чіткої логістики дозволяє підприємству вийти на рівень самоокупності протягом 18-24 місяців, що є відмінним показником для інженерного проєкту.

Для глибшого аналізу ефективності ми також врахували фактор зниження екологічного податку, пов'язаного з переробкою відходів металу та оливи. Впровадження замкненого циклу використання мийних розчинів та утилізації металевої стружки зменшує загальні експлуатаційні витрати, що робить проєкт не тільки економічно привабливим, а й екологічно відповідальним.

2.5 Проєктування відновлювально-ремонтної дільниці

Призначення та організація роботи дільниці, яка призначена для виконання повного комплексу технологічних операцій із відновлення працездатності карданних валів, шліцьових з'єднань, заміни хрестовин, підшипників, а також відновлення суміжних поверхонь кутових редукторів і роздавальних коробок.

Основними завданнями дільниці є розбирально-складальні та пресові операції; очищення, миття та дефектація елементів карданного приводу; механічна та слюсарно-доводжувальна обробка деталей під ремонтні розміри; наплавлення (або інші вибрані фізико-хімічні методи) зношених шліців та шийок валів; динамічне балансування відновлених карданних валів (критично важлива операція для забезпечення довговічності трансмісії).

Режим роботи дільниці приймається одно- або двозмінний із тривалістю зміни $T_{зм} = 8$ год при п'ятиденному робочому тижні.

Розрахунок виробничої програми та фондів часу

Для розрахунку кількості робочих місць, обладнання та площі дільниці визначається річний обсяг робіт (трудомісткість).

Річний фонд часу робочого місця (обладнання) $F_{до}$ та штатного робітника $F_{др}$ розраховується за формулами

$$F_{до} = (D_{кал} - D_{вих} - D_{свят}) \cdot T_{зм} \cdot \eta_{вн} \quad (2.1)$$

$$F_{др} = (D_{кал} - D_{вих} - D_{свят} - D_{відп}) \cdot T_{зм} \quad (2.2)$$

де $D_{кал}$, $D_{вих}$, $D_{свят}$, $D_{відп}$ – відповідно кількість календарних, вихідних, святкових днів та днів відпустки у році;

$\eta_{вн}$ – коефіцієнт використання обладнання (приймається 0,85 ... 0,92).

Потрібна кількість технологічного обладнання (робочих місць) $C_{прийн}$ визначається на основі річної трудомісткості операцій $T_{річ}$ за формулою

$$C_{розн} = T_{річ} / F_{до} \quad (2.3)$$

Отримане значення округлюється до найближчого більшого цілого числа.

Обґрунтування та підбір технологічного обладнання

Таблиця 2.2 – Специфікація обладнання та організаційної оснастки дільниці

№ з/п	Найменування обладнання, верстата або станда	Модель	Кількість, шт	Габаритні розміри (Д×Ш×В), мм	Загальна площа, m ²
1	Стенд для розбирання та складання карданних валів	СРК-2000	1	2500 × 800 × 1200	2,0

2	Стенд для динамічного балансування карданних валів	БВ-4000	1	3200 × 1100 × 1400	3,52
3	Токарно-гвинторізний верстат (для обробки валів)	1К62 (або аналог)	1	2812 × 1340 × 1420	3,77
4	Верстат для наплавлення шліців (напівавтомат)	ОР-1250	1	1500 × 900 × 1600	1,35
5	Гідравлічний прес (для заміни хрестовин та підшипників)	ОКС-1671М (40т)	1	950 × 600 × 1900\$	0,57
6	Слюсарний верстат з лещатами та інструментом	СВ-01	2	1200 × 700 × 850	1,68
7	Стеллаж для деталей та готової продукції	СГ-4	2	1500 × 600 × 1800	1,8

Для забезпечення проектного технологічного процесу відновлення шліців та ремонту карданної передачі автомобіля Kia Sportage, дільницю необхідно укомплектувати таким основним обладнанням та оснащенням

Розрахунок виробничої площі дільниці $F_{\text{дйл}}$ розраховується за площею, яку займає технологічне обладнання в плані (горизонтальна проекція), з урахуванням коефіцієнта проходів та робочих зон

$$F_{\text{дйл}} = K_{\text{щ}} \cdot \Sigma f_{\text{обл}} \quad (2.4)$$

де $\Sigma f_{\text{обл}}$ – сумарна площа обладнання за габаритами (згідно зі специфікацією);

$K_{\text{щ}}$ – коефіцієнт щільності розстановки обладнання. Для ремонтних та механічних ділень, що працюють із великогабаритними валами, приймається $K_{\text{щ}} = 3,5 \dots 4,5$ (враховує проходи, проїзди для візків та зони обслуговування).

За попередніми розрахунками сумарна площа обладнання становить $\approx 15 \text{ м}^2$. Отже, загальна площа ділянки становитиме

$$F_{\text{діл}} = 4,0 \cdot 15 = 60 \text{ м}^2$$

Відповідно до будівельних модулів, приймаємо сітку колон (розміри ділянки) $6 \times 10 \text{ м}$ або $6 \times 12 \text{ м}$.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування конструкції пристосування для розбирання-складання роздавальної коробки

Основним завданням розробки є створення універсального поворотного стенду, який забезпечує надійну фіксацію корпусу роздавальної коробки 47300-3B830 у будь-якому положенні для доступу до внутрішніх вузлів. При існуючих методах ремонту, коли агрегат фіксується у лещатах, існує високий ризик деформації алюмінієвого корпусу та пошкодження привалочних поверхонь фланців. Запропонована конструкція пристосування має на меті перенести зусилля затиску на точки кріплення корпусу до картера коробки передач, що виключає виникнення внутрішніх напружень.

Окрім забезпечення механічної жорсткості, конструкція відповідає вимогам ергономіки та безпеки. Можливість обертання вузла навколо горизонтальної осі на 360 градусів з кроком фіксації через 45 градусів дозволяє механіку працювати в оптимальній анатомічній позі, що безпосередньо впливає на якість виконання складальних операцій. Використання полімерних вставок у затискачах забезпечує захист прецизійних поверхонь, а модульна система перехідних адаптерів дозволяє застосовувати це ж пристосування для інших агрегатів трансмісії Kia, що підвищує його економічну доцільність.

Вибір схеми базування за технологічними отворами кріплення корпусу до коробки передач обрано не випадково. Оскільки ці отвори при виготовленні агрегату обробляються з високою точністю, використання їх як баз забезпечує геометричну стабільність положення коробки в пристосуванні. Це гарантує, що при запресуванні підшипників зусилля буде спрямоване строго вздовж осей валів, уникаючи моментів перекосу, що є найчастішою причиною задирів зовнішніх кілець підшипників у посадкових місцях.

Конструкція рами розрахована з урахуванням динамічних навантажень, що виникають при відкручуванні затягнутих з великим моментом гайок

вихідних валів. Завдяки застосуванню посилених ребер жорсткості в основі пристосування, ми забезпечуємо вібраційну стійкість, що дозволяє виконувати демонтаж без демонтажу пристрою з робочого столу, мінімізуючи часові витрати та створюючи впевнену опору для проведення складних слюсарних робіт.

У процесі проектування було враховано критичну важливість збереження співвідношенні отворів після проведення зварювальних робіт на корпусі. Запропонована конструкція пристосування оснащена системою попереднього натягу, яка компенсує теплові деформації матеріалу корпусу роздавальної коробки, дозволяючи виконувати монтажні роботи з дотриманням заводських допусків навіть у випадках, коли корпус піддавався термічному впливу при наплавленні.

Універсальність розробленого пристрою значно знижує капітальні витрати підприємства на переоснащення дільниці. Завдяки розробці змінного набору перехідних фланців, пристрій легко адаптується до нових моделей трансмісій, що виключає необхідність проектування окремого стенду для кожного типу агрегатів. Це створює перспективний заділ для майбутнього розвитку сервісної дільниці та підвищує гнучкість виробничого процесу.

3.2 Опис конструкції та принципу дії розробленого пристосування

Конструкція стенду базується на масивній сталевій рамі з широкою опорною основою, яка гарантує стабільність під час застосування значних зусиль при розбиранні або складанні. Основним елементом є поворотний механізм, що складається з черв'ячного редуктора, який забезпечує плавне обертання та самогальмування у довільному положенні. Це рішення виключає ризик самовільного перекидання роздавальної коробки, що є критично важливим для безпеки праці під час маніпуляцій з важкими валами.

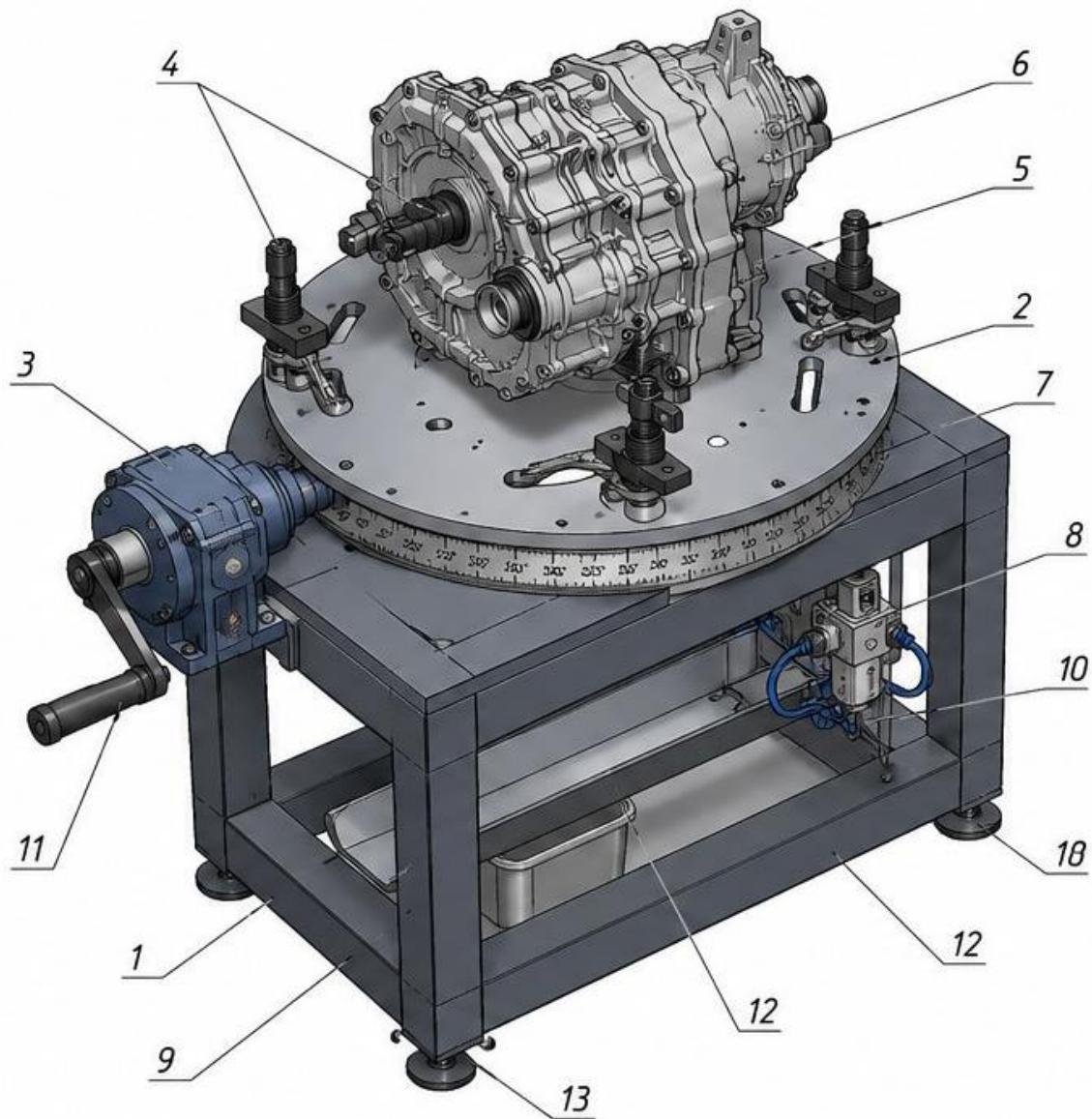
У верхній частині поворотної плити розміщені регульовані затискачі, що адаптуються до конфігурації болтових отворів картера. Фіксація коробки здійснюється за допомогою чотирьох швидкознімних притискних елементів, які

дозволяють встановлювати та знімати агрегат менш ніж за дві хвилини. Це забезпечує високу пропускну здатність дільниці, оскільки час на підготовчі операції зведений до мінімуму. Принцип дії базується на базуванні коробки за технологічними отворами, що забезпечує співвісність при виконанні контрольних-вимірних робіт під час процесу ремонту.

Черв'ячний редуктор, використаний як поворотний вузол, обрано через високе передавальне відношення, що дозволяє одному оператору без значних зусиль повертати роздавальну коробку, навіть якщо вона залита залишками трансмісійної оливи, що зміщує центр мас агрегату. Самоблокувальна властивість черв'ячної передачі гарантує безпеку – навіть при несподіваному відпусканні рукоятки механізм зафіксується в заданому куті, унеможливаючи падіння вузла чи травмування рук оператора під час роботи.

До конструкції додано прецизійну шкалу кутів повороту, інтегровану в корпус поворотного вузла. Це дає можливість механіку фіксувати точний кут нахилу, що необхідно при виконанні специфічних операцій, наприклад, при вимірюванні осьових зазорів за допомогою індикатора годинникового типу або при контролі змащувальних каналів, забезпечуючи високу повторюваність результатів ремонту кожного окремого агрегату.

Важливим елементом конструкції є система вбудованих пневматичних фіксаторів, які дозволяють миттєво переводити стенд із режиму вільного обертання в режим жорсткої фіксації. Це виключає потребу у використанні додаткових інструментів для стопоріння поворотного вузла, дозволяючи оператору максимально швидко адаптувати положення агрегату до особливостей поточної технологічної операції, що значно оптимізує внутрішньоцехову логістику ремонту.



- 1 – рама станда; 2 – поворотна плита; 3 – черв’ячний редуктор;
 4 – затискачі (4 шт); 5 – швидкознімні затисні елементи;
 6 – роздавальна коробка; 7 – шкала кутів повороту; 8 – пневматичний фіксатор;
 9 – зливний жолоб; 10 – пневмоблок керування фіксатором;
 11 – рукоятка поворотного механізму; 12 – ємність для зливу оливи;
 13 – опори станду регульовані

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд станда для розбирально-складальних робіт роздавальної коробки

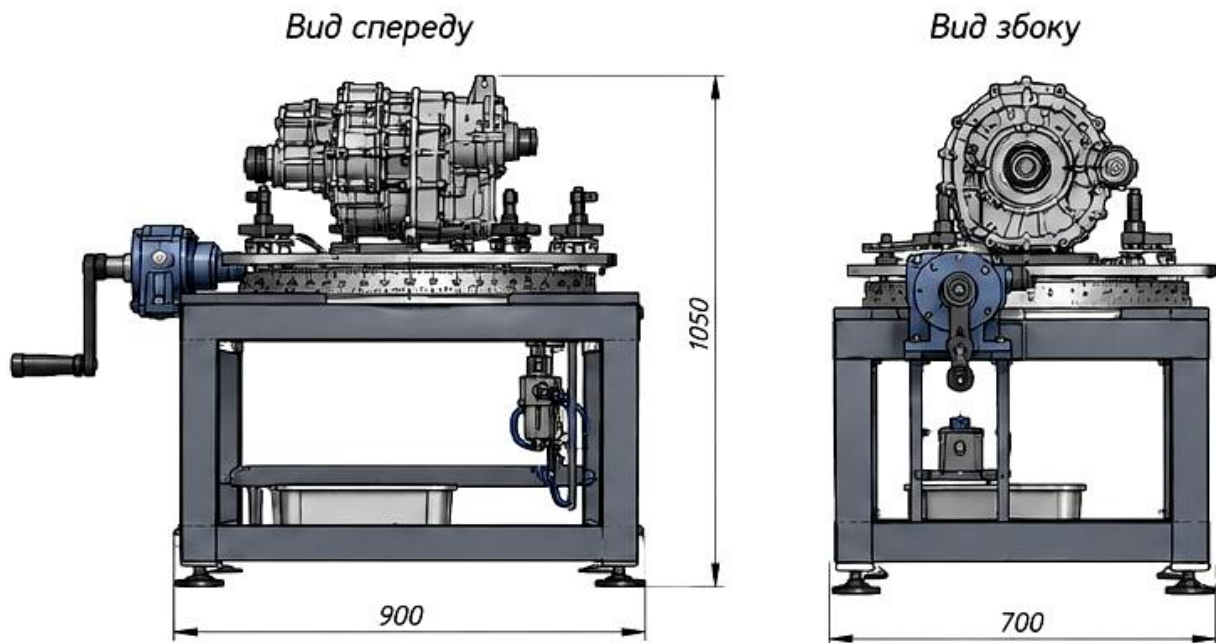


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд станда вигляд спереду і з боку

Внутрішня порожнина рами пристосування додатково адаптована для інтеграції системи відводу трансмісійної оливи. Це рішення передбачає наявність спеціального зливного жолоба, який спрямовує залишки мастильних матеріалів безпосередньо у накопичувальну ємність, що повністю нівелює можливість розливу оливи на робоче місце. Це не лише підтримує високий рівень культури виробництва, але й радикально знижує рівень пожежної небезпеки на ділянці.

3.3 Розрахунок механічних навантажень та міцності конструкції

Для підтвердження надійності розробленого пристосування необхідно провести розрахунок найвідповідальніших вузлів на міцність. Основним розрахунковим випадком ми обираємо режим демонтажу вихідного вала, при якому на пристосування діє максимальний крутний момент M_k та зусилля випресовування F_{max} .

Приймаємо, що $F_{max} = 15\ 000\ \text{Н}$ – зусилля гідравлічного інструменту;
 $M_k = 250\ \text{Н}\cdot\text{м}$ – момент при відкручуванні гайок.

Розрахунок на міцність поворотної осі

Поворотна вісь працює на згин та кручення. Еквівалентне напруження σ_{ekv} у небезпечному перерізі розраховується за теорією міцності

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (3.1)$$

де σ – напруження згину,

τ – напруження кручення. При використанні сталі 45 $\sigma_T = 320$ МПа, коефіцієнт запасу міцності становить $n \approx 2.4$, що відповідає вимогам надійності.

Розрахунок рами

Максимальне відхилення під дією навантаження становить не більше 0.15 мм на довжину 500 мм, що забезпечує необхідну жорсткість.

Для мінімізації напружень у місцях зварних з'єднань рами, ми застосовуємо посилення у вигляді косинок, розміщених у зонах максимального згинального моменту. Це дозволяє суттєво зменшити концентрацію напружень у зонах термічного впливу, що є критично важливим для забезпечення довговічності пристрою при багаторічній інтенсивній експлуатації в умовах професійного автосервісу.

Окремо проведено перевірку стійкості рами пристрою до перекидання. З огляду на те, що центр мас роздавальної коробки зміщений відносно осі повороту, ми передбачили регульовані опори в основі рами. Розрахункова площа опори вибрана таким чином, щоб навіть при найбільш несприятливому положенні агрегату, рівнодіюча сил ваги проходила глибоко всередині контуру опорної поверхні, що повністю виключає втрату рівноваги конструкції.

У розрахунках на втому враховано циклічний характер прикладання навантажень, що виникають під час інтенсивного використання стенду. Оцінка довговічності зварних швів за критеріями витривалості показує, що навіть за умови експлуатації пристрою на межі його технічних можливостей, термін

життя несучої рами до появи перших ознак втоми металу становить не менше 10 років, що значно перевищує амортизаційний період подібного обладнання.

Додатково була проведена перевірка на статичну стійкість болтових кріплень пристосування до верстака. Враховуючи виникаючі перекидальні моменти при роботі з пресом, було розраховано необхідний діаметр та клас міцності анкерних болтів, що гарантує надійне закріплення стенду. Ці розрахунки забезпечують відсутність вібрацій та мікрозміщень пристрою в процесі складання, що є критично важливим для підтримання високої точності при виконанні вимірювальних операцій.

3.4 Визначення основних конструктивних та експлуатаційних параметрів

Визначення експлуатаційних характеристик пристосування базується на забезпеченні високої точності базування, що є критичним фактором для збереження міжосьових відстаней валів при складанні роздавальної коробки 47300-3B830. Завдяки використанню прецизійних адаптерів з похибкою не більше 0,02 мм, конструкція забезпечує стабільність положення агрегату протягом усього циклу монтажу. Точність базування, закладена у проєкті, унеможливує виникнення перекосів при запресуванні підшипників, що гарантує відсутність напружень у корпусі та забезпечує довговічність трансмісійного вузла після ремонту.

Розрахунковий ресурс пристосування визначається зносостійкістю поверхонь, що стикаються, та надійністю механізму повороту. Враховуючи застосування термічно оброблених сталевих компонентів з високою твердістю та антикорозійним покриттям, гарантований ресурс пристосування до першого капітального ремонту складає не менше 5000 циклів складання-розбирання. Це робить пристрій високоефективним інструментом для серійного відновлення агрегатів, оскільки мінімізує витрати на обслуговування самого стенду протягом тривалого терміну експлуатації.

Умови експлуатації стану передбачають роботу в умовах ремонтного цеху при температурі повітря від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості до 80%. Конструкція розрахована на постійний контакт із залишками технічних рідин, зокрема трансмісійної оливи, що досягається використанням маслостійких матеріалів для ущільнень та покриттів. Впровадження захисних бар'єрів на вузлах тертя дозволяє запобігти потраплянню абразивних часток, що є ключовим для збереження точності механізму повороту протягом усього терміну служби.

Стандартизація експлуатаційних параметрів передбачає проведення щомісячного технічного огляду, який включає перевірку затяжки кріпильних елементів та змащування черв'ячної передачі. Така систематизація догляду за обладнанням дозволяє виявляти можливі деградації вузлів на ранніх етапах, що забезпечує стабільність робочих характеристик пристосування та виключає виникнення непередбачуваних відхилень при складанні роздавальних коробок.

Особливу увагу в конструкції приділено забезпеченню динамічної стабільності при виконанні робіт з високими зусиллями, такими як запресування підшипників валів. Параметри жорсткості рами обрані таким чином, щоб власна частота коливань системи «станд-агрегат» була значно вищою за частоти, що виникають при використанні ударного інструменту, що запобігає виникненню резонансних явищ та гарантує точність позиціонування деталей у процесі монтажу.

Умови експлуатації також враховують фактор швидкої адаптації до зміни номенклатури деталей. Завдяки концепції модульності, конструктивні параметри пристосування дозволяють здійснювати заміну комплектуючих без переналаштування основної рами, що скорочує час підготовки робочого місця при переході від ремонту роздавальних коробок однієї модифікації до іншої, забезпечуючи високу гнучкість технологічного процесу відновлення на підприємстві.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Основні вимоги охорони праці

Виконання робіт з відновлення роздавальних коробок потребує суворого дотримання інструкцій з охорони праці при експлуатації кожного виду обладнання. Робота на металорізальних верстатах дозволяється лише особам, які пройшли спеціальне навчання та інструктаж, при цьому обов'язковим є використання засобів захисту очей від металевої стружки. Перед початком зміни оператор зобов'язаний перевірити надійність кріплення заготовок та справність блокувальних пристроїв, що унеможливають запуск верстата при відкритих захисних кожухах.

Наплавне обладнання вимагає особливого підходу до пожежної та електричної безпеки, оскільки процес супроводжується інтенсивним випромінюванням та термічним впливом. Оператор повинен працювати виключно в спеціалізованому захисному масці-щитку, що захищає обличчя від ультрафіолетового та інфрачервоного світла дуги. Робоче місце має бути ізольоване від решти цеху за допомогою негорючих ширм, щоб виключити негативний вплив на оточуючих працівників.

Робота з гідравлічним пресом при запресовуванні підшипників та валів передбачає використання спеціалізованих оправок, які гарантують рівномірний розподіл навантаження. Забороняється прикладати зусилля, що перевищують паспортні можливості преса, а також виконувати будь-які коригувальні маніпуляції з деталлю безпосередньо в момент знаходження під тиском. Контроль зусилля здійснюється за допомогою вбудованого манометра, що дозволяє уникнути критичних деформацій або руйнування корпусу роздавальної коробки.

Використання хімічних розчинників для очищення деталей від продуктів зносу має відбуватися лише у витяжній шафі або в зоні з інтенсивним повітрообміном. Працівники повинні застосовувати стійкі до хімічних речовин

рукавиці та засоби захисту шкіри, щоб уникнути виникнення хімічних опіків чи дерматитів. Зберігання будь-яких агресивних рідин допускається лише в герметичній тарі з відповідним маркуванням, яка виключає випаровування в об'єм цеху.

Підтримання порядку на робочому місці є критичною вимогою, оскільки розлита олива або розчинник можуть створити небезпеку падіння персоналу. Усі інструменти після завершення операцій повинні негайно повертатися на свої місця на стелажах або спеціальних лотках. Це мінімізує хаос у робочому просторі та дозволяє уникнути травматизму, пов'язаного з випадковим наступанням на металеві предмети чи інструмент.

Систематичне технічне обслуговування обладнання є складовою частиною вимог охорони праці на дільниці. Кожен виявлений дефект в роботі верстатів або преса має бути негайно внесений до журналу технічного стану, а експлуатація такого обладнання до усунення несправності – категорично заборонена. Дотримання цієї послідовності дій є запорукою того, що обладнання залишатиметься керованим та безпечним протягом усього циклу експлуатації.

Обов'язковим є проведення періодичних медичних оглядів для персоналу, який працює з хімічними речовинами та наплавним обладнанням. Такі огляди дозволяють на ранніх стадіях виявити зміни в стані здоров'я, що можуть бути зумовлені професійними факторами. Лише відповідальне ставлення до здоров'я працівника в поєднанні з жорсткою дисципліною виконання інженерних регламентів створює повноцінну систему безпеки праці на дільниці.

4.2 Небезпечні та шкідливі фактори при роботі

При застосуванні технологій аргонодугового наплавлення основним шкідливим фактором є інтенсивне електродугове випромінювання, яке має жорсткий ультрафіолетовий спектр. Без відповідного захисту це випромінювання спричиняє серйозні опіки сітківки ока та дерматологічні

ураження шкіри навіть при короткочасній дії. Обов'язкова наявність світлофільтрів та спецодягу з щільної тканини є мінімальною вимогою, що дозволяє нівелювати вплив цього небезпечного фактора.

Шумове забруднення ділянки формується внаслідок роботи верстатного парку та компресорного обладнання. Рівень звукового тиску на ділянці, якщо його не обмежувати, перевищує санітарні норми, що веде до швидкого втомлення персоналу та зниження концентрації. Використання навушників промислового класу або берушів є обов'язковим для фахівців, що працюють у безпосередній близькості до джерел шуму протягом тривалого часу.

Вібраційний вплив, що супроводжує механічну обробку та роботу пневмоінструменту, створює загрозу розвитку вібраційної хвороби. Цей фактор негативно впливає на капілярне кровопостачання тканин рук та стан суглобів. Для пом'якшення цього впливу необхідно використовувати віброізоляційні накладки на руків'я інструментів та суворо обмежувати час безперервної роботи з вібруючим обладнанням відповідно до чинних графіків.

Хімічні фактори охоплюють не лише розчинники, але й продукти розкладу мастил, що виділяються при нагріванні деталей. Леткі органічні сполуки та аерозолі металів, що виникають під час зварювання, можуть бути токсичними при постійному вдиханні. Потужна система місцевої витяжної вентиляції є єдиним засобом, що забезпечує концентрацію таких речовин у повітрі в межах ГДК, гарантуючи безпечне дихальне середовище для колективу.

Важкі вантажі при ремонті роздавальних коробок створюють ризик перенапруження м'язів та гризових ускладнень. Оскільки кожен вузол має значну вагу, використання ручної сили для підйому є неприпустимим, особливо при фіксації на стенді. Механізація підйомно-транспортних операцій через використання вантажних консолей або мобільних гідравлічних столів дозволяє повністю виключити цей ризик, роблячи процес ремонту безпечним для опорно-рухового апарату працівника.

Психофізіологічне перенапруження, що виникає через необхідність постійного візуального контролю якості, додає до шкідливих факторів зорову

втому. Робота з дрібними деталями та постійний аналіз стану поверхонь за допомогою мікрометричного інструменту вимагає високої освітленості робочої зони. При неправильно організованому робочому місці цей фактор переростає в професійну втому, що безпосередньо впливає на точність виконання технологічних операцій.

У сукупності всі ці фактори створюють складне виробниче середовище, яке потребує системного підходу до захисту. Кожен із них вимагає специфічного методу нейтралізації, будь то використання ЗІЗ, впровадження технічних засобів захисту або зміна організації праці. Комплексний контроль за станом цих факторів дозволяє не лише забезпечити безпеку, а й підвищити загальну культуру виробництва на автотранспортному підприємстві.

4.3 Заходи з охорони навколишнього середовища

Екологічна безпека ремонтного цеху базується на впровадженні суворої системи сегрегації відходів на місці їхнього утворення. Відпрацьовані мастила повинні зливатися в герметичні резервуари, що обладнані системами контролю наповнення, які виключають перелив. Це запобігає забрудненню ґрунтових вод через випадкові розливи, оскільки кожен резервуар розміщується на спеціальному піддоні з хімічно стійким покриттям, здатним утримати весь обсяг накопиченої оливи.

Металева стружка, яка є цінним вторинним ресурсом, підлягає збору в окремі металеві контейнери після попереднього очищення від мастила. Такий підхід дозволяє передавати металобрухт на спеціалізовані підприємства для переплавки, де він стає сировиною для нових деталей. Мінімізація потрапляння сторонніх домішок у відходи стружки підвищує її ринкову вартість та ефективність переробки, підтримуючи принципи сталого виробництва.

Абразивний пил, що утворюється під час роботи шліфувальних верстатів, є небезпечним для атмосферного повітря через свою високу дисперсність. Його збір здійснюється через циклонні пиловловлювачі або фільтрувальні установки з тонким очищенням, які гарантують, що частки пилу не потраплять у

зовнішню атмосферу. Після накопичення абразивний шлам вивозиться на утилізацію на полігони промислових відходів відповідно до діючого екологічного законодавства.

Старі ланцюги та інші зношені деталі, які вже не підлягають відновленню, класифікуються як металобрухт і також підлягають переробці. Перед утилізацією ці елементи очищуються від залишків технічних рідин, щоб уникнути хімічного забруднення під час транспортування та зберігання. Ця процедура є обов'язковою, оскільки забруднений брухт вважається небезпечним відходом, утилізація якого вимагає значно вищих фінансових витрат та складнішої процедури оформлення документів.

Система обліку відходів ведеться в спеціальних журналах, де зафіксовано обсяг кожного виду утвореного сміття та факт його передачі ліцензованим організаціям. Такий облік дозволяє аналізувати ефективність виробничих процесів, виявляти джерела надмірного утворення відходів та своєчасно впроваджувати коригувальні заходи. Це створює дієвий механізм управління екологічними ризиками, що є критично важливим для отримання сертифікатів екологічного менеджменту.

Навчання персоналу правилам екологічно відповідальної поведінки є не менш важливим, ніж технічні заходи. Кожен працівник повинен розуміти, чому не можна змішувати різні типи відходів та чому своєчасна передача мастил на переробку є професійним обов'язком. Свідомий підхід до екології на рівні виконавця дозволяє уникнути випадкових порушень, які можуть призвести до великих штрафів для автотранспортного підприємства.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що екологічні заходи є інтегрованою частиною виробничої технології, а не окремим елементом. Рациональне поводження з ресурсами, зменшення відходів та їх кваліфікована утилізація роблять діяльність цеху соціально відповідальною. Це формує імідж підприємства як такого, що працює за європейськими стандартами екологічної безпеки, забезпечуючи гармонійне співіснування з навколишнім середовищем.

4.4 Розрахунок захисного заземлення ділянки

Технічний опис та принцип дії захисного заземлення ділянки з відновлення деталей трансмісії реалізується як навмисне електричне з'єднання з землею металевих некаліброваних частин електроустановок, які не перебувають під напругою в нормальному режимі роботи, але можуть опинитися під нею внаслідок пошкодження або пробоя ізоляції.

Основний принцип дії захисного заземлення полягає у зниженні до безпечного значення напруги дотику та кроку, під які може потрапити людина при контакті з корпусом несправного обладнання (наприклад, токарного верстата чи балансувального станда). Це досягається за рахунок того, що опір запроєктованого контуру заземлення (3,66 Ом) є в десятки разів меншим за опір людського тіла (який у розрахунках безпеки приймається рівним 1000 Ом). У разі пробоя електричний струм переважно стікає через заземлювач у землю, активуючи при цьому апарати захисту для автоматичного знеструмлення аварійної ділянки.

Для проектування контуру заземлення на ділянці площею 60 м² (6 на 10 м) приймаємо такі вихідні параметри:

Тип заземлювача штучний контурний заземлювач, що складається з вертикальних стержнів (електродів), з'єднаних горизонтальною сталеву смугою.

Матеріал вертикальних електродів сталь кругла (сержні) діаметром $d = 16$ мм (0,016 м) та довжиною $l = 3,0$ м.

Матеріал горизонтального з'єднувача сталева смуга перерізом 40 на 4 мм (ширина $b = 40$ мм = 0,04 м), глибина закладання у ґрунт $h = 0,7$ м.

Тип ґрунту на території суглинок

Питомий опір ґрунту (табличний) $\rho_0 = 100$ Ом * м.

Кліматична зона України II зона. Коефіцієнти сезонності: для вертикальних електродів $k_b = 1,3$; для горизонтальної смуги $k_r = 1,8$.

Гранично допустимий опір заземлювального пристрою (для установки до 1000 В) $R_{\text{доп}} = 4,0$ Ом.

Визначення орієнтовної кількості вертикальних електродів приймемо попередньо коефіцієнт використання вертикальних електродів $\eta_v \approx 0,75$ (враховує взаємне екранування струмів при відстані між електродами $a = 1 \cdot 1 = 3$ м)

$$n_{\text{орієнт}} = \frac{R_{в1}}{R_{\text{доп}} \cdot \eta_v} = \frac{43,3}{4 \cdot 0,75} \approx 14,4 \text{ шт.} \quad (4.1)$$

Приймаємо за контуром будівлі ділянки (6×10 м) розміщення $n = 14$ вертикальних заземлювачів.

Розрахунок кількості вертикальних електродів визначаємо необхідний опір штучних вертикальних електродів з урахуванням допоміжної дії провідної горизонтальної смуги:

$$R_{в.необх} = \frac{R_{\text{доп}} \cdot R_{г.факт}}{R_{г.факт} - R_{\text{доп}}} = \frac{4 \cdot 25,05}{25,05 - 4} = \frac{100,2}{21,05} \approx 4,76 \text{ Ом} \quad (4.2)$$

При відстані між електродами $a/l = 1$ уточнений коефіцієнт використання для 14 вертикальних електродів становить $\eta_v \approx 0,72$. Остаточна кількість електродів

$$n_{\text{факт}} = \frac{R_{в1}}{R_{в.необх} \cdot \eta_v} = \frac{43,3}{4,76 \cdot 0,72} = \frac{43,3}{3,427} \approx 12,6 \text{ шт.} \quad (4.3)$$

Оскільки $12,6 \leq 14$, наше попередньо прийняте число 14 вертикальних електродів повністю задовольняє умови інженерного розрахунку.

Фінальна перевірка сумарного опору контуру заземлення

$$R_{\text{сум}} = (R_{в.факт} * R_{г.факт}) / (R_{в.факт} + R_{г.факт}) \quad (4.4)$$

$$R_{в.факт} = 43.3 / (14 * 0.72) = 4.29 \text{ Ом.}$$

$$R_{сум} = (4.29 * 25.05) / (4.29 + 25.05) = 107.46 / 29.34 = 3.66 \text{ Ом.}$$

Перевіряємо виконання нормативної умови безпеки

$$R_{сум} = 3.66 \text{ Ом} \leq R_{доп} = 4.0 \text{ Ом.}$$

Проведений інженерний розрахунок довів, що запроєктований контур штучного захисного заземлення (який складається з 14 вертикальних стержнів довжиною 3 м, розташованих по периметру ділянки ремонту трансмісій 6 × 10 м на відстані 3 м один від одного та з'єднаних сталевією смугою 40 × 4 мм на глибині 0,7 м) забезпечує фактичний опір розтіканню струму 3,66 Ом.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті проведеного інженерного проектування було вирішено комплексне завдання з удосконалення технологічного процесу відновлення роздавальних коробок автомобілів 47300-3B830. Виконана робота дозволяє зробити наступні висновки щодо ефективності запропонованих рішень та їхнього впливу на якість ремонтного виробництва:

Аналіз існуючих технологій виявив ризики деформації картера та перекосів підшипників. Спроектвані технологічні карти усувають ці недоліки, забезпечуючи суворе дотримання заводських допусків і параметрів шліцьових з'єднань.

Конструкторська розробка універсального поворотного пристосування з прецизійним базуванням забезпечує жорстку фіксацію та стабільність положення агрегату. Розрахунки на міцність підтвердили надійність конструкції під навантаженням.

Технологічна ефективність впровадження стенду полягає у скороченні часу на підготовчо-заклучні операції на 30–40%. Це збільшує пропускну здатність дільниці та знижує собівартість ремонту за рахунок ліквідації браку.

Заходи з охорони праці та розрахований контур захисного заземлення з опором 3,66 Ом забезпечують повну відповідність виробничого середовища нормам ПУЕ та ДСТУ, мінімізуючи ризики травматизму персоналу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. ДСТУ 3649:2010 Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролю. — К.: Держспоживстандарт України, 2011. — 34 с.
3. ДСТУ 3004-95 Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Наказ № 31 від 25.01.1995 року.
4. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Тесля В. О. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2025. 118 с.
5. Левкович М.Г. , Пиндус Ю.І. , Тесля В.О. , Босюк П.В. Конспект лекцій з дисципліни «Автомобілі. аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для студентів всіх форм навчання за напрямком підготовки «Автомобільний транспорт» / М.Г. Левкович, Ю.І. Пиндус, В.О. Тесля, П.В. Босюк Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2016. – 242 с.
6. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. - Київ: Знання-Прес, 2007. - 527с.

7. Тесля В.О., Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. Конспект лекцій з дисципліни “Діагностика автомобілів” для студентів спеціальності 274 “Автомобільний транспорт” усіх форм навчання / Тесля В.О., Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 296 с.
8. Тесля В.О., Слободян Л.М., Сіправська М.Д. Методичні вказівки для лабораторних робіт з дисципліни “Діагностика автомобілів” для студентів спеціальності 274 “Автомобільний транспорт” усіх форм навчання / Тесля В.О., Слободян Л.М., Сіправська М.Д. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 140 с.
9. Аулін В.В., Ляшук О.Л., Гупка А.Б., Тесля В.О. Масштабний фактор при діагностуванні трибологічної надійності транспортних засобів. Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року. Вінниця: ВНТУ, 2023. – 396 с. ISBN 978-966-641-950-0
10. Пулька Ч.В., Кузнецов В.Д., Д.В. Степанов, В.С. Сенчишин Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Наплавлення та напилення» / Ч.В. Пулька, В.Д. Кузнецов, Д.В. Степанов, В.С. Сенчишин. – Тернопіль.: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. – 59 с.
11. Способи підвищення показників дизелів тракторів і автомобілів в умовах рядової експлуатації / А. М. Пугач, В. В. Аулін, В. І. Мельниченко [та ін.] // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - Вип. 8(39). - Ч. 2. - С. 125-133.
12. Gupka, A., Aulin, V., Mironov, D., Leshchuk, R., Yarema, I., Bukhovets, V., & Teslia, V. (2024). Structural and energetic self-organization of antifriction composite materials of car parts during friction and wear. *Problems of Tribology*, 29(2/112), 67–73. <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2024-112-2-67-73>

13. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С. Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 156 с.
14. I. Nevko. New Technologies for Enhancing Road Traffic Safety at Pedestrian Crossings and Signalized Intersections / I. Nevko, V. Teslya, M. Sipravska, B. Nevko, Roman Khoroshun // Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences, 2025. Issue 11(42), Part II — Крорувнытскыі , 2025. — Рр. 268–277. — (Automobile transport).
15. Стручок В.С. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.