

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 Андрущак Андрій Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу відновлення деталей
КПП ZF 16S2330TD 1356.003.041 автомобіля DAF CF 65.250

Керівник роботи Тесля Володимир Олегович, 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 DAF CF 65.250, базовий
технологічний процес відновлення деталей КПП

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 КПП.

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)

Андрій АНДРУЦАК

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ТЕСЛЯ

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:
«Розроблення технологічного процесу відновлення деталей КПП ZF
16S2330TD 1356.003.041 автомобіля DAF CF 65.250»
студента групи МАс – 41 ТНТУ імені Івана Пулюя
Андрія АНДРУЩАКА

Об'єкт дослідження – процес відновлення експлуатаційних властивостей деталей коробки передач вантажного автомобіля DAF CF 65.250.

Предмет дослідження – технологія, обладнання, засоби технологічного оснащення та заходи безпеки, що забезпечують якісну реновацію елементів трансмісії.

Мета роботи – розроблення прогресивного, ресурсощадного технологічного процесу відновлення зношених деталей КПП для підвищення їхнього ресурсу та зниження собівартості ремонту.

Методи дослідження та розрахунку – системний аналіз умов триботехнічного зношування, методи інженерного проектування технологічних процесів, аналітичні розрахунки деталей на міцність та вигин за законами теоретичної механіки та опору матеріалів, санітарно-гігієнічні розрахунки параметрів виробничого середовища.

Спроектовано оригінальне ремонтно-монтажне пристосування рамного типу (швелер № 12) з поворотним механізмом, яке витримує пресові навантаження до 50 кН та забезпечує жорстку фіксацію картера й валів.

Сфера застосування – спеціалізовані автотранспортні та авторемонтні підприємства, що виконують капітальний ремонт і технічне обслуговування вантажних автомобілів європейського виробництва.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ | 6 |
| 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ | 8 |
| 1.1 Конструктивні особливості КПП | 8 |
| 1.2 Аналіз умов експлуатації автомобіля DAF | 10 |
| 1.3 Основні види зносу та характерні дефекти деталей КПП | 12 |
| 1.4 Методи діагностики та контролю технічного стану КПП | 15 |
| 1.5 Висновки до першого розділу | 19 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ | 20 |
| 2.1 Розроблення технологічного процесу відновлення деталей КПП | 20 |
| 2.2 Організація дільниці ремонтного цеху для відновлення КПП | 28 |
| 2.3 Обґрунтування вибору обладнання | 30 |
| 2.4 Розрахунок основних технологічних показників роботи дільниці | 33 |
| 2.5 Дослідження властивостей відновлювального шару деталей КПП | 38 |
| 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ | 40 |
| 3.1 Обґрунтування конструкції пристосування для розбирання і складання КПП .. | 40 |
| 3.2 Опис конструкції та принципу дії розробленого пристосування | 42 |
| 3.3 Розрахунок механічних навантажень під час використання пристосування | 46 |
| 3.4 Визначення основних конструктивних та експлуатаційних параметрів..... | 50 |
| 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ | 53 |
| 4.1 Основні вимоги охорони праці при виконанні робіт з відновлення деталей | 53 |
| 4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час ремонтних робіт | 55 |
| 4.3 Заходи з охорони навколишнього середовища при роботі ремонтної дільниці.. | 57 |
| 4.4. Розрахунок вентиляції для дільниці з відновлення деталей КПП | 59 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 63 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ | 64 |

ВСТУП

Автомобільний транспорт є однією з найважливіших складових транспортної системи сучасної держави, забезпечуючи перевезення вантажів та пасажирів на значні відстані. Ефективність роботи вантажних автомобілів значною мірою залежить від технічного стану їх основних агрегатів, серед яких особливе місце займає трансмісія. Одним із найбільш навантажених вузлів трансмісії є коробка передач, яка забезпечує передачу крутного моменту від двигуна до ведучих коліс та дозволяє реалізувати необхідні тягово-швидкісні характеристики автомобіля.

У процесі експлуатації деталі коробки передач піддаються значним механічним навантаженням, дії змінних температур, вібрацій та ударних навантажень. Це призводить до поступового зношування зубчастих коліс, валів, підшипників, синхронізаторів та інших елементів конструкції. У результаті погіршуються експлуатаційні показники агрегату, зростає рівень шуму та вібрацій, ускладнюється перемикання передач і зменшується ресурс роботи автомобіля.

Особливо актуальною дана проблема є для вантажних автомобілів DAF CF 65.250, які широко використовуються у сфері регіональних та міжміських перевезень. На цих автомобілях застосовується механічна коробка передач ZF 16S2330TD 1356.003.041, що характеризується високою надійністю та здатністю працювати в умовах значних навантажень. Разом із тим тривала експлуатація призводить до появи дефектів деталей, які потребують своєчасного ремонту або відновлення.

Відновлення деталей коробок передач є одним із найбільш ефективних напрямів підвищення економічності технічного обслуговування рухомого складу. Використання сучасних технологій наплавлення, механічної обробки, шліфування та інших способів ремонту дозволяє відновити працездатність деталей до рівня, близького до характеристик нових виробів, при значно менших матеріальних витратах.

Метою роботи є розроблення технологічного процесу відновлення деталей коробки передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 автомобіля DAF CF 65.250 з обґрунтуванням вибору технологічних операцій, обладнання та організації ремонтної дільниці.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- дослідити конструкцію та принцип роботи коробки передач ZF 16S2330TD 1356.003.041;
- проаналізувати умови експлуатації автомобіля DAF CF 65.250 та їх вплив на технічний стан деталей коробки передач;
- визначити характерні дефекти та види зношування деталей КПП;
- розробити технологічний процес відновлення деталей коробки передач;
- обґрунтувати вибір обладнання та організацію ремонтної дільниці;
- виконати розрахунок основних технологічних показників роботи дільниці;
- провести дослідження властивостей відновлених поверхонь деталей;
- розробити конструкцію пристосування для виконання ремонтних робіт;
- розглянути питання охорони праці та екологічної безпеки під час виконання ремонтних робіт.

Об'єктом дослідження є процес ремонту та відновлення деталей коробки передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 автомобіля DAF CF 65.250.

Предметом дослідження є технологічні методи відновлення деталей коробки передач, які забезпечують відновлення їх працездатності та підвищення ресурсу експлуатації.

Практичне значення роботи полягає у розробленні технологічного процесу відновлення деталей коробки передач, який може бути використаний на ремонтних підприємствах автомобільного транспорту для підвищення ефективності ремонту та зниження витрат на відновлення агрегатів.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Конструктивні особливості КПП

Коробка передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 до механічних багатоступневих коробок передач виробництва компанії ZF та застосовується на вантажних автомобілях середнього і великого класу, зокрема на автомобілі DAF CF 65.250. Основним призначенням коробки передач є зміна величини крутного моменту та частоти обертання, що передаються від двигуна до ведучих коліс автомобіля, а також забезпечення руху заднім ходом і можливості тимчасового роз'єднання двигуна з трансмісією. Завдяки раціонально підбраному ряду передатних чисел коробка передач дозволяє підтримувати оптимальні режими роботи двигуна незалежно від дорожніх умов та маси вантажу.

Автомобіль DAF CF 65.250 призначений для виконання транспортних робіт у різних умовах експлуатації, починаючи від міських перевезень і закінчуючи міжміськими маршрутами. У таких умовах трансмісія постійно працює під значними навантаженнями, що висуває підвищені вимоги до її надійності, довговічності та ефективності. Саме тому коробка передач ZF 16S2330TD характеризується міцною конструкцією та високою здатністю передавати значні крутні моменти без втрати експлуатаційних характеристик.

Коробка передач ZF 16S2330TD є шістнадцятиступеневою механічною коробкою передач із дільником та демультіплікатором. Така конструктивна схема забезпечує широкий діапазон передатних чисел, що дозволяє ефективно використовувати потужність двигуна як під час рушання з місця, так і під час руху з великою швидкістю. Наявність великої кількості передач дає можливість підтримувати частоту обертання двигуна в економічному діапазоні, що позитивно впливає на витрату палива та загальну продуктивність транспортного засобу.

Основними конструктивними елементами коробки передач є корпус,

первинний вал, проміжний вал, вторинний вал, зубчасті колеса, синхронізатори, підшипникові вузли, механізм перемикання передач та система керування дільником і демультіплікатором. Кожен із цих елементів виконує окрему функцію, проте їх спільна робота забезпечує надійну передачу крутного моменту та плавне перемикання передач. Порушення працездатності хоча б одного з вузлів може призвести до погіршення роботи всієї трансмісії.

Корпус коробки передач є базовою деталлю конструкції, на якій монтуються всі внутрішні механізми та вузли. Він виготовляється з матеріалів, що мають високу міцність і жорсткість, оскільки повинен сприймати значні механічні навантаження та забезпечувати точне взаємне розташування валів і підшипників.

Первинний вал служить для передавання крутного моменту від двигуна через механізм зчеплення до внутрішніх елементів коробки передач. На валу розташовані зубчасті колеса постійного зачеплення, через які обертання передається на проміжний вал. Конструкція первинного вала повинна забезпечувати високу міцність на кручення та стійкість до циклічних навантажень, які виникають під час експлуатації автомобіля.

Проміжний вал виконує функцію передачі крутного моменту між первинним і вторинним валами через систему зубчастих передач. На ньому розміщено комплект шестерень різного діаметра, які забезпечують отримання необхідних передатних чисел. Під час роботи коробки передач проміжний вал постійно перебуває під навантаженням, тому до якості його виготовлення та точності механічної обробки висуваються підвищені вимоги.

Вторинний вал є вихідним елементом коробки передач та призначений для передачі крутного моменту до карданної передачі автомобіля. На ньому встановлюються шестерні, муфти синхронізаторів та інші елементи механізму перемикання передач. Від технічного стану вторинного вала значною мірою залежить надійність роботи всієї трансмісії, оскільки саме через нього передається корисна потужність до ведучих коліс.

Одними з найважливіших деталей коробки передач є зубчасті колеса. Вони забезпечують зміну передатних чисел та передачу крутного моменту між

валами. Для виготовлення шестерень використовуються леговані сталі з подальшою термічною обробкою, що дозволяє отримати високу твердість робочих поверхонь та забезпечити їх стійкість до контактного зношування.

Особливу роль у конструкції коробки передач відіграють синхронізатори, які забезпечують плавне та безударне перемикання передач. Принцип їх роботи полягає у вирівнюванні кутових швидкостей деталей перед їх жорстким з'єднанням. Завдяки цьому значно зменшуються динамічні навантаження на зубчасті колеса та підвищується комфорт керування автомобілем.

Перемикання передач здійснюється за допомогою спеціального механізму керування, до складу якого входять вилки перемикання, штоки, фіксатори та інші допоміжні елементи. Конструкція механізму забезпечує чітке ввімкнення необхідної передачі та виключає можливість одночасного ввімкнення кількох передач. Це є важливою умовою безпечної та надійної роботи трансмісії.

Аналіз конструкції коробки передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 свідчить про те, що вона є складним високонавантаженим механічним агрегатом, який поєднує в собі значну кількість взаємопов'язаних деталей і вузлів. Надійність роботи коробки передач безпосередньо залежить від технічного стану її основних елементів, точності їх виготовлення та якості технічного обслуговування. Саме тому своєчасне виявлення дефектів і застосування ефективних технологій відновлення деталей є важливою умовою забезпечення тривалої та безвідмовної експлуатації автомобіля DAF CF 65.250.

1.2 Аналіз умов експлуатації автомобіля DAF

Автомобіль DAF CF 65.250 належить до категорії середньотоннажних вантажних автомобілів, які широко використовуються для виконання міських, регіональних та міжміських перевезень. Завдяки високій вантажопідйомності, економічності та надійності такі транспортні засоби експлуатуються в різноманітних дорожніх і кліматичних умовах. У процесі роботи на коробку передач діють значні механічні навантаження, які безпосередньо впливають на

інтенсивність зношування її деталей та загальний ресурс агрегату.

Умови експлуатації вантажного автомобіля є одним із визначальних факторів довговічності коробки передач. Навіть за однакової конструкції агрегату термін його служби може суттєво відрізнятись залежно від характеру перевезень, якості технічного обслуговування, навантаження на автомобіль та кваліфікації водія. Тому аналіз експлуатаційних факторів є необхідною умовою для обґрунтування технологічних рішень щодо відновлення деталей КПП.

Під час роботи в умовах міських перевезень коробка передач функціонує в режимі частих перемикань передач, регулярних зупинок та розгонів. У таких умовах найбільше навантаження припадає на синхронізатори, вилки перемикачів та зубчасті колеса нижчих передач. Постійна зміна режимів роботи сприяє прискореному зношуванню поверхонь тертя та підвищує ризик виникнення локальних пошкоджень робочих елементів.

При міжміських перевезеннях автомобіль переважно працює в стабільному швидкісному режимі з меншою кількістю перемикачів передач. У цьому випадку інтенсивність зношування синхронізаторів знижується, проте зростає тривалість навантаження на підшипникові вузли, вали та зубчасті передачі. Тривала робота під навантаженням може спричинити поступове накопичення втомних пошкоджень матеріалу деталей.

Особливі умови експлуатації виникають під час руху автомобіля з максимально допустимим або перевищеним навантаженням. У таких випадках значно збільшується величина крутного моменту, який передається через коробку передач. Це призводить до підвищення контактних напружень у зоні зачеплення зубчастих коліс, що прискорює розвиток втомного викришування, пластичних деформацій та зношування робочих поверхонь зубців.

Одним із ключових факторів довговічності коробки передач є якість та своєчасність заміни трансмісійного мастила. Мастило не лише зменшує силу тертя між деталями, але й виконує функцію охолодження та видалення продуктів зношування. При несвоєчасній заміні в ньому накопичуються металеві частинки, продукти окиснення та інші забруднення, які прискорюють абразивне зношування деталей коробки передач.

На інтенсивність зношування деталей впливають також вібрації, що виникають у процесі роботи двигуна та трансмісії. Тривала дія вібраційних навантажень призводить до розвитку втомних процесів у матеріалі деталей, послаблення різьбових з'єднань та погіршення умов роботи підшипників. У результаті збільшується ризик виникнення несправностей навіть за відсутності значного механічного зношування.

Слід зазначити, що сучасні коробки передач типу ZF 16S2330TD мають значний запас міцності та розраховані на тривалу експлуатацію в складних умовах. Проте навіть високі показники надійності не виключають природного процесу старіння та зношування деталей. У міру збільшення пробігу автомобіля поступово накопичуються дефекти, які можуть призвести до погіршення технічного стану агрегату та необхідності проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

Аналіз умов експлуатації автомобіля DAF CF 65.250 показує, що на технічний стан коробки передач одночасно впливає комплекс взаємопов'язаних факторів: навантаження, дорожні умови, температурний режим, якість мастила та особливості керування транспортним засобом. Саме сукупна дія цих факторів визначає інтенсивність зношування деталей та характер дефектів, які виникають у процесі експлуатації. Результати проведеного аналізу свідчать про необхідність застосування ефективних технологій діагностики та відновлення деталей КПП для забезпечення її надійної та довговічної роботи.

1.3 Основні види зносу та характерні дефекти деталей КПП

У процесі тривалої експлуатації коробка передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 піддається впливу значних механічних, теплових та вібраційних навантажень, що призводить до поступового погіршення технічного стану її деталей. Інтенсивність зношування залежить від режимів роботи автомобіля, якості технічного обслуговування, умов експлуатації та своєчасності заміни мастильних матеріалів. У результаті в деталях коробки передач виникають різноманітні дефекти, які негативно впливають на її працездатність, надійність

та довговічність.

Одним із найбільш поширених видів пошкоджень є зношування зубців шестерень. У процесі роботи між зубцями виникають значні контактні напруження, які супроводжуються тертям і багаторазовими циклічними навантаженнями. Внаслідок цього на робочих поверхнях зубців можуть утворюватися сліди абразивного зношування, задири, мікротріщини та осередки втомного викришування металу.

Особливо небезпечним дефектом є контактне викришування поверхневого шару зубців, яке виникає в результаті багаторазової дії змінних навантажень. На початковому етапі з'являються дрібні заглиблення на поверхні зубців, які поступово збільшуються в розмірах. Подальший розвиток такого дефекту призводить до погіршення плавності роботи передач, підвищення шуму та ризику руйнування шестерні.

У разі недостатнього змащування або використання мастила неналежної якості на поверхнях зубців можуть виникати задири. Вони утворюються внаслідок локального схоплювання металу між контактуючими поверхнями. Наявність задирів значно прискорює подальше зношування зубчастих передач та може стати причиною виходу коробки передач з ладу.

Важливими елементами коробки передач є синхронізатори, які забезпечують плавне перемикання передач шляхом вирівнювання частот обертання деталей перед їх з'єднанням. У процесі експлуатації фрикційні поверхні синхронізаторів поступово зношуються, що призводить до зниження ефективності їх роботи. Наслідком такого зношування стає ускладнене перемикання передач, поява сторонніх шумів та характерного хрусту під час увімкнення передач.

Крім зношування фрикційних поверхонь, можуть спостерігатися пошкодження зубців муфт синхронізаторів. Причиною цього часто є різке перемикання передач або неповне вимикання зчеплення. Деформація або сколювання зубців ускладнює фіксацію передачі та може призвести до її самовільного вимикання під час руху автомобіля.

Одним із характерних дефектів валів коробки передач є зношування

шліцьових з'єднань. Шліці забезпечують передачу крутного моменту між окремими деталями та вузлами трансмісії, тому постійно працюють під навантаженням. У результаті тривалої експлуатації відбувається поступове стирання бічних поверхонь шліців, що призводить до збільшення зазорів та появи ударних навантажень.

Значне зношування шліцьових поверхонь може викликати порушення центрування деталей та нерівномірний розподіл навантаження. У таких умовах прискорюється руйнування суміжних елементів конструкції та зростає рівень вібрацій під час роботи коробки передач. У крайніх випадках можливе повне руйнування шліцьового з'єднання та втрата працездатності агрегату.

Підшипники коробки передач належать до деталей, які працюють у складних умовах сприйняття радіальних та осьових навантажень. У процесі експлуатації на поверхнях доріжок кочення та тіл кочення виникають явища втомного руйнування, що супроводжуються утворенням мікротріщин і викришуванням металу. Такі дефекти призводять до підвищення шуму, появи вібрацій та збільшення люфтів валів.

Під час експлуатації коробки передач також можуть виникати деформації вилок перемикачів передач. Такі дефекти найчастіше з'являються внаслідок прикладання надмірного зусилля до важеля перемикачів або через тривалу роботу в умовах підвищених навантажень. Навіть незначна деформація вилки здатна порушити правильність переміщення муфт синхронізаторів та викликати неповне ввімкнення передачі.

На робочих поверхнях вилок поступово виникає зношування в місцях контакту з муфтами синхронізаторів. У результаті збільшуються зазори між деталями, погіршується точність перемикачів передач та зростає ризик самовільного вимикання передач під час руху транспортного засобу.

Серйозним дефектом коробки передач є поява тріщин у корпусі. Вони можуть виникати внаслідок ударних навантажень, дорожньо-транспортних пригод, заводських дефектів матеріалу або тривалої дії вібрацій. Наявність тріщин призводить до зниження жорсткості конструкції та може спричинити витік мастила.

Разом із ущільненнями зношуються також посадкові поверхні під підшипники, сальники та інші елементи. У результаті тривалої роботи можуть виникати збільшення посадкових зазорів, овальність отворів та локальні пошкодження поверхневого шару металу. Такі дефекти ускладнюють забезпечення необхідної точності складання та можуть негативно впливати на довговічність відремонтованого агрегату.

Аналіз характерних дефектів коробки передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 показує, що найбільшому зношуванню піддаються зубчасті передачі, синхронізatori, шліцьові з'єднання валів, підшипникові вузли та елементи механізму перемикання передач. Більшість зазначених дефектів виникає поступово та може бути своєчасно виявлена під час проведення діагностики і дефектації. Встановлення характеру та ступеня пошкодження деталей є необхідною умовою для вибору раціонального способу їх відновлення та забезпечення подальшої надійної роботи коробки передач.

1.4 Методи діагностики та контролю технічного стану КПП

Ефективність відновлення деталей коробки передач значною мірою залежить від правильності визначення її технічного стану перед початком ремонтних робіт. Діагностика дозволяє своєчасно виявити дефекти, встановити ступінь зношування деталей, визначити причини виникнення несправностей та обґрунтувати доцільність їх відновлення або заміни. Результати діагностування є основою для подальшої дефектації деталей та розроблення технологічного процесу ремонту.

Технічний стан коробки передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 оцінюють шляхом проведення комплексу зовнішніх та внутрішніх перевірок. До них належать контроль роботи агрегату під час експлуатації, вимірювання основних параметрів, аналіз стану мастила, а також дефектація деталей після розбирання коробки передач. Комплексний підхід дозволяє отримати найбільш достовірну інформацію про фактичний стан вузла та виявити приховані дефекти.

Одним із перших етапів діагностики є перевірка рівня шуму та вібрацій

під час роботи коробки передач. У справному агрегаті робота зубчастих передач супроводжується рівномірним шумом без сторонніх звуків і різких змін акустичних характеристик. Поява гулу, скреготу, стукоту або свисту може свідчити про зношування підшипників, пошкодження зубців шестерень, збільшення зазорів між деталями або порушення їх взаємного розташування.

Особливу увагу приділяють характеру шуму на різних передачах. Якщо сторонній шум проявляється лише на окремій передачі, це часто свідчить про локальне пошкодження відповідної пари шестерень або елементів синхронізатора. У випадку наявності шуму на всіх передачах причиною можуть бути загальні дефекти підшипників, валів або системи змащування коробки передач.

Для більш точного визначення технічного стану використовують методи вібраційної діагностики. Підвищений рівень вібрацій може свідчити про дисбаланс обертових деталей, нерівномірне зношування зубчастих передач або пошкодження підшипникових вузлів. Аналіз параметрів вібрації дозволяє виявляти несправності ще до появи видимих дефектів та запобігати подальшому руйнуванню деталей.

Важливим етапом контролю є перевірка люфтів у валах та механізмах коробки передач. У процесі експлуатації внаслідок зношування підшипників, посадкових поверхонь і шліцьових з'єднань поступово збільшуються радіальні та осьові зазори. Надмірні люфти призводять до порушення правильності зачеплення зубчастих передач, підвищення рівня шуму та прискореного зношування деталей.

Контроль люфтів виконується за допомогою індикаторів годинникового типу або спеціальних вимірювальних пристроїв. Отримані значення порівнюють із допустимими нормами, встановленими виробником. Перевищення нормативних значень є підставою для проведення додаткової дефектації та визначення деталей, які потребують ремонту або заміни.

Одним із важливих показників технічного стану коробки передач є легкість і чіткість перемикання передач. Під час діагностики оцінюють плавність переміщення важеля керування, відсутність заїдань, сторонніх шумів

та надмірних зусиль при перемиканні. Ускладнене ввімкнення передач може свідчити про зношування синхронізаторів, деформацію вилок перемикавання або порушення регулювання механізму керування.

Особливу увагу приділяють випадкам самовільного вимикання передач під час руху автомобіля. Подібна несправність часто виникає внаслідок зношування муфт синхронізаторів, вилок перемикавання або фіксаторів механізму керування. Наявність такого дефекту потребує обов'язкового розбирання коробки передач та детального контролю її внутрішніх елементів.

Важливим методом контролю є вимірювання робочих зазорів між деталями коробки передач. Контролю підлягають зазори в підшипникових вузлах, між зубчастими колесами, у шліцьових з'єднаннях та інших відповідальних елементах конструкції. Відхилення зазорів від нормативних значень свідчить про зношування деталей та може негативно впливати на роботу агрегату.

Вимірювання зазорів виконують за допомогою щупів, мікрометрів, нутромірів, індикаторів та інших засобів контролю. Точність вимірювань має важливе значення, оскільки навіть незначні відхилення можуть впливати на довговічність роботи коробки передач. Отримані результати використовують для прийняття рішення щодо можливості подальшої експлуатації або необхідності відновлення деталей.

Одним із найбільш інформативних способів оцінювання технічного стану коробки передач є аналіз трансмісійного мастила. Перед розбиранням агрегату проводять його зливання та візуальний огляд. Наявність металевої стружки, продуктів зношування, сторонніх включень або змін кольору мастила може свідчити про інтенсивне руйнування окремих деталей коробки передач.

Особливо небезпечним є виявлення великої кількості металевих частинок або фрагментів зруйнованих деталей. Така ознака може свідчити про руйнування підшипників, викришування зубців шестерень або значне зношування синхронізаторів. У подібних випадках необхідно виконувати повну дефектацію всіх внутрішніх вузлів коробки передач.

Після завершення попередньої діагностики виконують розбирання

коробки передач та дефектацію її деталей. Дефектація є одним із найважливіших етапів ремонту, оскільки дозволяє визначити фактичний стан кожного елемента конструкції. Під час проведення дефектації використовують візуальний контроль, вимірювальні операції та методи неруйнівного контролю.

Шестерні підлягають ретельному огляду з метою виявлення викришування, тріщин, задирів та нерівномірного зношування зубців. Контролюються геометричні параметри зубчастих вінців, стан робочих поверхонь та якість контактних зон. У разі виявлення значних пошкоджень шестерні підлягають заміні або відновленню залежно від характеру дефекту.

Під час дефектації синхронізаторів оцінюють ступінь зношування фрикційних поверхонь, стан зубців муфт та якість посадкових поверхонь. Особливу увагу приділяють елементам, які забезпечують блокування та вирівнювання швидкостей обертання деталей. Зношені або пошкоджені елементи синхронізаторів можуть суттєво погіршувати процес перемикання передач.

Контроль підшипників здійснюється шляхом візуального огляду та перевірки плавності обертання. На доріжках кочення не допускаються сліди викришування, корозії, перегріву або механічних пошкоджень. Будь-які ознаки втомного руйнування чи збільшення люфтів є підставою для обов'язкової заміни підшипників.

Завершальним етапом діагностики є аналіз результатів дефектації та сортування деталей за категоріями придатності. Усі деталі поділяють на придатні до подальшої експлуатації, такі, що підлягають відновленню, та такі, що потребують заміни. На основі отриманих даних формується відомість дефектів і визначається технологічний маршрут ремонту коробки передач.

Таким чином, комплексна діагностика та контроль технічного стану КПП ZF 16S2330TD 1356.003.041 є необхідною умовою якісного виконання ремонтно-відновлювальних робіт. Використання сучасних методів контролю дозволяє своєчасно виявляти дефекти, об'єктивно оцінювати ступінь зношування деталей та обирати найбільш ефективні способи їх відновлення. Це забезпечує підвищення надійності відремонтованого агрегату, збільшення його

ресурсу та зниження експлуатаційних витрат у подальшій роботі автомобіля.

1.5 Висновки до першого розділу

Конструктивні особливості: КПП ZF 16S2330TD автомобіля DAF CF 65.250 є складним 16-ступеневим агрегатом із дільником і демультиплікатором, що потребує високої точності при відновленні спряжених поверхонь.

Ключовими чинниками зносу є циклічні динамічні навантаження, робота в режимі частих перемикань, температурні коливання та деградація мастильного матеріалу.

Основними дефектами є зношування зубців шестерень, шліців і синхронізаторів, втомне руйнування підшипників, а також деформація вилок і корпусних деталей. Поступовий характер їхнього розвитку обґрунтовує доцільність реновації.

Оптимальним є комплексний підхід, який поєднує безрозбірний контроль (віброакустика, аналіз оливи) та інструментальну мікрометрію після повного розбирання агрегату.

Отримані результати дефектації та аналізу умов роботи є достатньою теоретичною і практичною базою для проектування технологічного процесу відновлення деталей досліджуваної КПП.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення технологічного процесу відновлення деталей КПП

Коробка передач ZF 16S2330TD виробництва концерну Zahnradfabrik (ZF) Friedrichshafen AG належить до сімейства механічних трансмісій Ecosplit четвертого покоління. Даний агрегат розроблений для комерційного транспорту, що експлуатується в умовах високих знакозмінних навантажень. Специфікація 1356.003.041 визначає індивідуальні конструктивні параметри приєднувальних поверхонь, картера зчеплення, довжини валів та передатних чисел, оптимізованих під параметри рядного шестициліндрового дизельного двигуна автомобіля DAF CF 65.250.

З наукової точки зору кожний елемент кодування КПП відображає її номінальні експлуатаційні можливості, а саме:

16 – загальна кількість передач переднього ходу;

S (Synchromesh) – повна синхронізація всіх ступенів переднього ходу;

2330 – модифікаційний індекс, який вказує на граничний вхідний крутний момент (до 2300 Н · м), що забезпечує високий запас міцності при роботі з двигуном PACCAR потужністю 250 к.с.;

TD (Top Direct) – конструктивне виконання, де вища (16-та) передача є прямою (передатне число $i = 1,00$). Це мінімізує триботехнічні втрати (тертя в зачепленні) при русі магістральними трасами з максимальним завантаженням.

Компонувальна та кінематична схема

Конструкція КПП базується на модульному принципі та складається з трьох ключових вузлів, укладених у легкий суцільнолитий алюмінієвий картер:

Передній дільнийник (Splitter) двоступеневий редуктор, який ділить кожну основну передачу на "нижчу" (Low) та "вищу" (High), скорочуючи крок між передаточними числами на $\approx 20\%$.

Базова коробка передач чотириступеневий тривальний механізм (первинний, проміжний та вторинний вали). Включає шестерні з косозубим

зачепленням постійного сполучення та інерційні синхронізatori.

Задній демультіплікатор (Range) двоступеневий планетарний редуктор. При переході з нижнього діапазону (1–4 передачі базової КПП) на верхній (5–8 передачі) демультіплікатор змінює передатне відношення всього вузла, подвоюючи загальну кількість ступенів переднього ходу до 16 ($2 \times 4 \times 2 = 16$).

Особливості конструктивних елементів, що підлягають відновленню

В контексті розроблення технологічного процесу реновації, особливу увагу приділено наступним прецизійним (високоточним) елементам КПП. Вали (первинний, проміжний, вторинний) виготовлені з легованих сталей із подальшою цементацією та загартуванням. Основними зонами потенційного дефектування є шліцьові поверхні та посадочні шийки під конічні чи циліндричні роликopідшипники. Зубчасті вінці шестерень косозубий профіль забезпечує плавність зачеплення та зниження шумності, проте робочі поверхні піддаються кришенню від втомного напруження. Синхронізatori вузли містять латунні або молібденові конуси з фрикційним напиленням. Експлуатаційний знос фрикційного шару веде до погіршення динаміки перемикання та ударних навантажень на муфти; Система Servoshift пневматичний підсилювач перемикання, який інтегровано в механізм керування для зниження зусилля на важелі КПП, що вимагає контролю герметичності ущільнювальних елементів під час збирання.

Таким чином, висока конструктивна складність, щільність компонування та робота деталей КПП ZF 16S2330TD в умовах граничного тертя та високих контактних напружень обумовлюють необхідність суворого дотримання геометричних допусків, шорсткості та твердості поверхонь при проектуванні технологічного процесу їх відновлення.

Ця графічна залежність та просторове розташування компонентів є вихідною базою для подальшого проектування розбирочно-збиральних робіт і визначення технологічних баз при відновленні деталей.

Технологічний процес відновлення коробки передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 являє собою впорядковану систему взаємопов'язаних операцій, спрямованих на відновлення працездатності вузлів і деталей до рівня, що

забезпечує їх надійну подальшу експлуатацію. Формування раціонального технологічного маршруту ґрунтується на результатах дефектації, характері виявлених пошкоджень та техніко-економічному обґрунтуванні вибору способів відновлення.

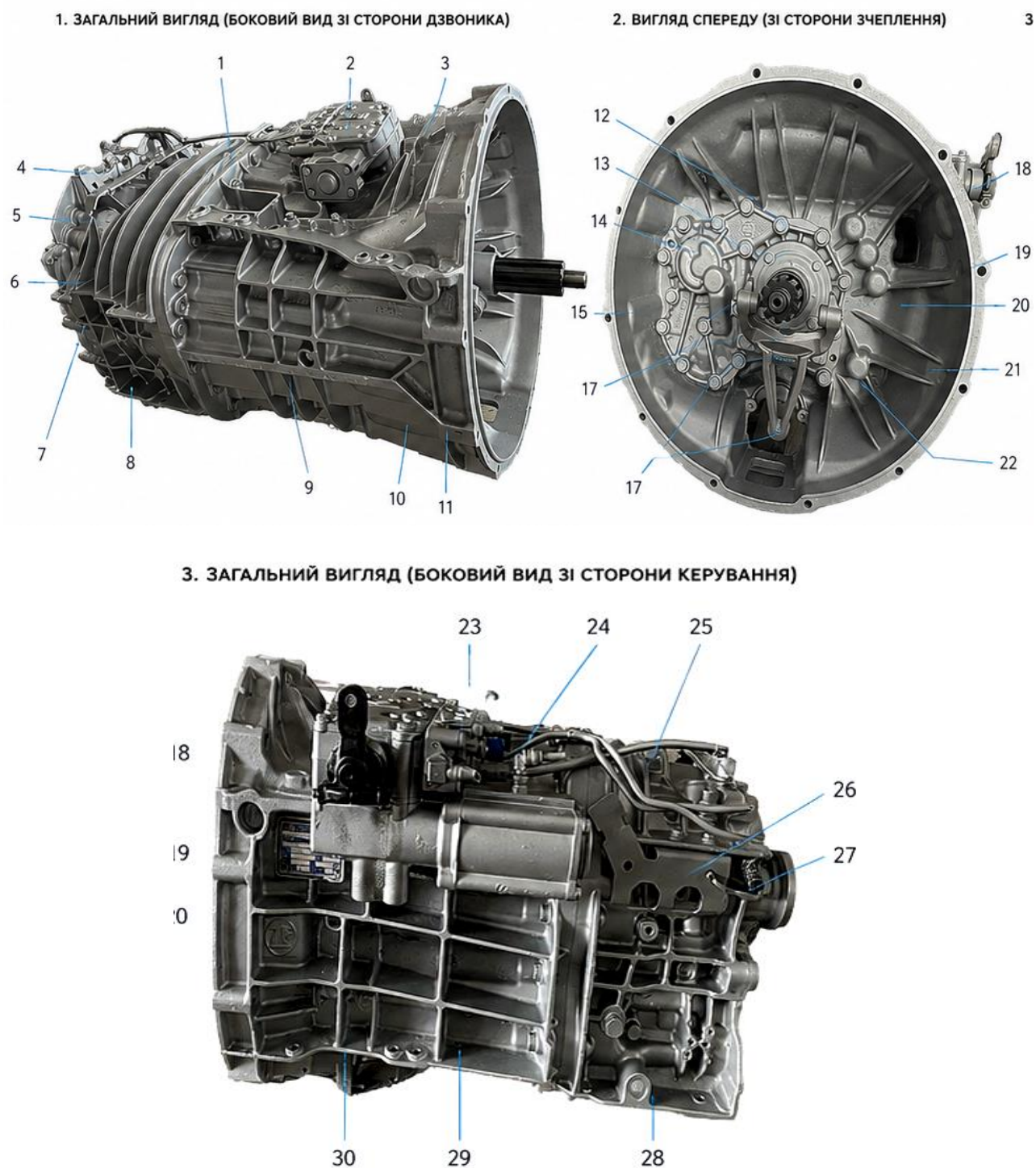


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд КПП автомобіля DAF

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КПП

| | | |
|--|---|---|
| 1 – Картер зчеплення (дзвоник) | 11 – Напрямна втулка зчеплення | 21 – Болти кріплення дзвоника |
| 2 – Верхня кришка КПП | 12 – Первинний (вхідний) вал | 22 – Дренажний отвір |
| 3 – Кришка механізму перемикачання | 13 – Кришка підшипника первинного валу | 23 – Пневмогідравлічний привід перемикачання |
| 4 – Задня кришка | 14 – Корпус підшипника первинного валу | 24 – Блок керуючих клапанів |
| 5 – Фланець вихідного валу (до карданого валу) | 15 – Важіль вижимного підшипника | 25 – Трубопроводи керування |
| 6 – Вихідний вал | 16 – Вижимний підшипник зчеплення | 26 – Датчик положення механізму перемикачання |
| 7 – Маслоналивний отвір | 17 – Вилка вимикання зчеплення | 27 – Роз'єм електропроводки |
| 8 – Зливна пробка | 18 – Отвір огляду маховика | 28 – Кронштейн кріплення |
| 9 – Ребра жорсткості картера | 19 – Опорний підшипник напрямної втулки | 29 – Пробка контрольного отвору |
| 10 – Корпус коробки передач | 20 – Сальник первинного валу | 30 – Місце кріплення опор КПП |

Початковим і принципово важливим етапом є дефектація деталей, яка виконується після розбирання коробки передач. На цьому етапі здійснюється класифікація деталей за ступенем їх придатності: придатні до подальшої експлуатації, такі, що підлягають відновленню, та такі, що підлягають заміні. Дефектація передбачає застосування візуально-вимірювального контролю, інструментальних методів вимірювання геометричних параметрів, а також методів неруйнівного контролю для виявлення прихованих дефектів.

Далі виконується розбирання агрегату, яке здійснюється з дотриманням технологічної послідовності, що виключає пошкодження робочих поверхонь деталей. Особлива увага приділяється демонтажу валів, шестерень, синхронізаторів та підшипникових вузлів із використанням спеціальних знімачів та пресового обладнання. Розбирання супроводжується маркуванням деталей для забезпечення правильної подальшої зборки.

Наступним етапом є очищення деталей, яке виконується з метою видалення мастильних матеріалів, продуктів зношування та забруднень. Застосовуються мийні установки з використанням лужних або нейтральних розчинів, а також механічні методи очищення. Якість очищення має визначальний вплив на точність подальшого контролю та ефективність відновлювальних операцій.

Після очищення виконується контроль технічного стану деталей, який включає вимірювання геометричних параметрів, перевірку наявності тріщин, оцінку ступеня зношування робочих поверхонь та аналіз відхилень від

номінальних розмірів. На основі отриманих даних приймається рішення щодо способу відновлення кожної деталі або її заміни.

Одним із ключових етапів технологічного процесу є відновлення валів, яке може включати наплавлення зношених поверхонь, металізацію або механічну обробку з наступним доведенням до номінальних розмірів. Особлива увага приділяється відновленню посадкових шийок під підшипники та шліцьових ділянок, оскільки саме ці елементи визначають точність та надійність роботи вузла.

Відновлення шліцьових з'єднань валів виконується із застосуванням технологій наплавлення, електроконтактного нарощування або заміни зношених ділянок з подальшою механічною обробкою. Основною вимогою є забезпечення геометричної точності профілю шліців та відновлення необхідної твердості робочих поверхонь для запобігання повторному інтенсивному зношуванню.

Окрему групу операцій становить відновлення зубчастих передач (шестерень). Залежно від ступеня пошкодження можуть застосовуватися методи локального відновлення зубців, наплавлення з подальшим фрезеруванням або заміна елемента у випадку критичного зношування. Відновлення зубчастих коліс повинно забезпечувати правильність евольвентного профілю та мінімальні відхилення по кроку зачеплення.

Відновлення посадкових місць під підшипники виконується шляхом наплавлення, гальванічного нарощування або встановлення ремонтних втулок. Після відновлення проводиться точна механічна обробка для забезпечення необхідної посадки з урахуванням допусків та забезпечення співвісності валів.

У більшості випадків доцільною є заміна підшипників, ущільнень та прокладок, оскільки ці елементи працюють у режимі обмеженого ресурсу і не підлягають економічно обґрунтованому відновленню. Застосування нових комплектуючих забезпечує відновлення нормативної точності обертання валів та герметичності корпусу коробки передач.

Після завершення відновлювальних операцій виконується ремонт корпусних деталей, який може включати усунення тріщин методом

зварювання, відновлення посадкових поверхонь та відновлення різьбових з'єднань. Особлива увага приділяється забезпеченню жорсткості корпусу та збереженню взаємного розташування базових поверхонь.

Завершальним етапом є складання коробки передач, яке виконується у зворотній послідовності розбирання з дотриманням технологічної дисципліни та вимог до чистоти. Під час складання застосовуються регламентовані моменти затягування різьбових з'єднань, контроль співвісності валів та правильності встановлення синхронізаторів і шестерень.

Після складання виконується регулювання механізму перемикання передач, яке забезпечує чіткість включення передач, відсутність самовільного вимикання та мінімальні зусилля керування. Регулювання включає налаштування положення вилок, фіксаторів та пневматичної системи керування дільником і демультиплікатором.

Завершальним етапом технологічного процесу є випробування коробки передач, які проводяться на спеціальних стендах. Під час випробувань перевіряється працездатність усіх передач, відсутність сторонніх шумів і вібрацій, герметичність корпусу та стабільність роботи під навантаженням. Результати випробувань є остаточним критерієм якості виконаного ремонту та підтверджують готовність агрегату до подальшої експлуатації.

Таким чином, запропонований технологічний процес відновлення деталей КПП ZF 16S2330TD 1356.003.041 забезпечує системний підхід до ремонту, поєднуючи методи діагностики, відновлення та контролю якості, що дозволяє досягти відновлення експлуатаційних характеристик агрегату до нормативного рівня.

Таблиця 2.1 – Карта технологічного процесу

| № | Операція | Зміст робіт | Обладнання |
|----|-----------------------|---------------------------------|---|
| 1 | Дефектація | Оцінка стану деталей | Штангенінструмент, індикатори |
| 2 | Розбирання | Демонтаж вузлів КПП | Преси, знімачі |
| 3 | Очищення | Видалення мастила та забруднень | Мийні установки |
| 4 | Контроль | Вимірювання та дефектоскопія | Мікрометри, нутроміри |
| 5 | Відновлення валів | Наплавлення, обробка | Зварювальне обладнання, токарний верстат |
| 6 | Відновлення шестерень | Ремонт профілю зубців | Фрезерний верстат |
| 7 | Посадки | Відновлення отворів | Розточувальний верстат |
| 8 | Заміна елементів | Підшипники, сальники | Монтажний інструмент |
| 9 | Складання | Збірка КПП | Стенд складання |
| 10 | Регулювання | Налаштування механізмів | Контрольні прилади |
| 11 | Випробування | Перевірка роботи КПП | Стенд випробувань |

1 ЗНОС ЗУБЦІВ ШЕСТЕРНІ

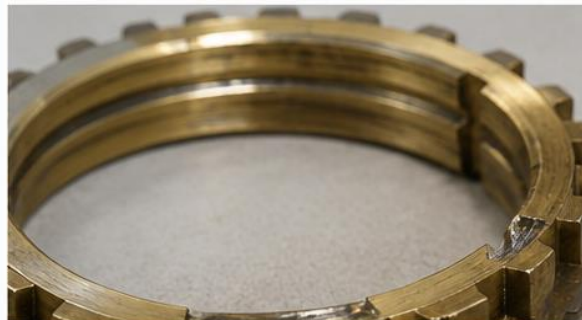
Надмірний знос робочих поверхонь зубців призводить до шуму, ударних навантажень та зниження ресурсу передачі.

2 ВИКРАШУВАННЯ (ПІТТІНГ) ПОВЕРХНІ ЗУБЦІВ

Утворення раковин та викрашувань на робочих поверхнях зубців спричиняє руйнування мастильної плівки та прискорене зношування.

3 ЗНОС ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ

Зношування шліців призводить до збільшення люфту, порушення передачі крутного моменту та виникнення ударів.

4 ЗАДИРИ ТА СЛІДИ ЗАКЛИНЮВАННЯ

Задири на конічних поверхнях синхронізатора ускладнюють перемикання передач та призводять до передчасного виходу з ладу вузла.

5 ЗНОС ПІДШИПНИКІВ

Знос доріжок кочення та роликів підшипників призводить до підвищеного шуму, нагрівання та можливого руйнування.

6 ТРИЩИНИ ТА СКОЛИ НА КОРПУСНИХ ДЕТАЛЯХ

Тріщини та сколи в корпусі можуть викликати витік мастила, зниження жорсткості конструкції та її руйнування під навантаженням.

Рисунок 2.2 – Види дефектів деталей КПП

2.2 Організація дільниці ремонтного цеху для відновлення КПП

Організація ремонтної дільниці для відновлення коробок передач типу ZF 16S2330TD 1356.003.041 базується на принципі послідовного технологічного потоку, що забезпечує мінімізацію зайвих переміщень деталей, скорочення часу виконання ремонтних операцій та підвищення загальної якості відновлення. Рациональне планування виробничого простору є одним із ключових факторів ефективності ремонтного процесу, оскільки воно визначає стабільність технологічних маршрутів та рівень організації праці. Важливим є також забезпечення логічного розміщення обладнання відповідно до послідовності технологічних операцій, що дозволяє уникнути простоїв і дублювання робіт.

Початковою стадією організації роботи є зона приймання та попередньої дефектації, де здійснюється первинний огляд коробки передач, фіксація її зовнішнього технічного стану, виявлення явних пошкоджень та складання первинного дефектного акту. Саме на цьому етапі формується загальне уявлення про обсяг майбутніх ремонтних робіт і визначається подальший маршрут проходження агрегату через ремонтні зони. Крім того, на цьому етапі здійснюється первинна фотофіксація стану агрегату для подальшого порівняння після відновлення.

Після цього агрегат надходить у зону розбирання, яка обладнується спеціальними стендами, пресовим обладнанням та підйомно-транспортними механізмами, що забезпечують безпечний демонтаж валів, шестерень, синхронізаторів та інших вузлів. У цій зоні особлива увага приділяється збереженню геометричної цілісності деталей та їх маркуванню для подальшого правильного складання. Також обов'язковим є застосування спеціального інструменту, який мінімізує ризик пошкодження посадкових поверхонь під час демонтажу.

Далі деталі потрапляють у мийну зону очищення, де здійснюється видалення залишків мастильних матеріалів, продуктів зношування та експлуатаційних забруднень. Для цього використовуються спеціалізовані мийні установки з підігрівом робочих розчинів, що забезпечує високу якість

очищення поверхонь і створює необхідні умови для подальшої точної дефектації. Додатково може застосовуватися ультразвукове очищення для складних за формою деталей.

Після очищення деталі направляються до зони дефектації та контролю, де виконується детальне діагностування технічного стану елементів коробки передач із застосуванням вимірювального інструменту та методів неруйнівного контролю. На цьому етапі визначається ступінь зношування валів, шестерень, підшипників та корпусних елементів, а також приймається рішення щодо їх подальшого відновлення або заміни. Результати контролю обов'язково фіксуються у дефектній відомості для подальшого технологічного планування ремонту.

Наступним етапом є зона механічної обробки та відновлення, яка є основною виробничою ділянкою ремонтного процесу. Тут виконуються операції наплавлення, шліфування, розточування, фрезерування та відновлення геометричних параметрів деталей. Саме в цій зоні формується відновлений ресурс вузлів коробки передач, що безпосередньо впливає на її подальшу надійність. Крім того, контроль точності обробки здійснюється на кожному проміжному етапі для забезпечення відповідності технічним допускам.

Після завершення відновлювальних операцій деталі надходять у зону складання агрегатів, де здійснюється поетапний монтаж корпусу, валів, шестерень, синхронізаторів та допоміжних елементів. Процес складання виконується з обов'язковим дотриманням технологічної чистоти, регламентованих моментів затягування та вимог до співвісності вузлів. Також застосовуються контрольні операції проміжної перевірки правильності встановлення ключових елементів.

Завершальним етапом є зона випробувань, де зібрана коробка передач перевіряється на спеціальному стенді в умовах, максимально наближених до експлуатаційних. Під час випробувань оцінюється працездатність усіх передач, рівень шуму та вібрацій, герметичність корпусу, а також стабільність роботи під навантаженням, що дозволяє остаточно підтвердити якість виконаного ремонту. Додатково проводиться контроль температурного режиму роботи для

оцінки ефективності змащування.

Організація дільниці також передбачає дотримання комплексу інженерно-санітарних вимог. Особлива увага приділяється підтриманню належного рівня чистоти, оскільки навіть незначні забруднення можуть негативно впливати на точність складання та ресурс відновлених деталей. Освітлення робочих зон повинно бути комбінованим – загальним і місцевим, що забезпечує достатню видимість при виконанні точних вимірювальних і складальних операцій. Okремо слід забезпечити регулярний контроль стану робочого середовища для підтримання стабільних умов праці.

Не менш важливим є забезпечення ефективної вентиляції, особливо у зонах механічної обробки та зварювальних робіт, де утворюються аерозолі мастил, металевий пил і газоподібні домішки. Дотримання вимог охорони праці передбачає використання захисних огорожень, справного підйомно-транспортного обладнання та регламентованих режимів роботи на верстатному і пресовому обладнанні. Також обов'язковим є періодичне навчання персоналу правилам безпечної роботи на ремонтній дільниці.

Таким чином, раціонально організована ремонтна дільниця забезпечує послідовність технологічного процесу відновлення коробок передач, мінімізує виробничі ризики та створює умови для досягнення високої якості ремонту при оптимальних витратах часу і ресурсів. Це дозволяє підвищити ефективність усього ремонтного циклу та забезпечити стабільність експлуатаційних характеристик відновлених агрегатів.

2.3 Обґрунтування вибору обладнання

Формування комплексу технологічного обладнання для ремонтної дільниці з відновлення коробок передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 базується на принципі відповідності технічних можливостей устаткування характеру та складності виконуваних операцій. Основною вимогою є забезпечення повного технологічного циклу ремонту – від первинного очищення та дефектації до відновлення геометричних параметрів деталей і кінцевих випробувань агрегату.

Вибір обладнання здійснюється з урахуванням точності обробки, продуктивності, надійності та можливості роботи з високо навантаженими елементами трансмісії.

Першочергове значення у структурі дільниці має мийна установка, яка забезпечує ефективне видалення мастильно-забруднюючих відкладень, продуктів зношування та технологічних залишків з поверхонь деталей. Доцільним є використання камерних або струминних мийних машин із підігрівом робочого розчину, що підвищує якість очищення та скорочує час підготовки деталей до дефектації. У ряді випадків додатково застосовуються ультразвукові установки для очищення деталей складної геометрії, зокрема шестерень і корпусних елементів.

Для виконання демонтажно-монтажних операцій ключове місце займає гідравлічний або механічний прес, який використовується для випресування та запресування підшипників, втулок і посадкових елементів. Використання пресового обладнання дозволяє забезпечити контрольоване зусилля без ризику пошкодження посадкових поверхонь, що є критично важливим при роботі з прецизійними елементами коробки передач.

У структурі механічної обробки базовими є токарні та шліфувальні верстати, які забезпечують відновлення геометричних параметрів валів, шліцьових поверхонь і посадкових шийок. Токарна обробка застосовується для попереднього формування відновлених поверхонь, тоді як шліфування забезпечує досягнення необхідної точності, шорсткості та відповідності ремонтним допускам. У випадку шестерень додатково можуть використовуватись фрезерні або зубообробні верстати для корекції профілю зубців.

Для відновлення зношених поверхонь застосовується зварювальне та наплавлювальне обладнання, включаючи установки дугового наплавлення, аргонодугового зварювання або плазмового напилення. Використання таких технологій дозволяє відновлювати геометрію валів, шліцьових з'єднань і посадкових місць із подальшою механічною обробкою до номінальних розмірів. Вибір конкретного методу визначається матеріалом деталі та

характером зношування.

Важливим елементом технологічного оснащення є спеціальний слюсарно-монтажний та формувальний інструмент, який включає оправки, калібри, кондуктори, динамометричні ключі та вимірювальні шаблони. Його застосування забезпечує точність складання та виключає порушення взаємного розташування елементів коробки передач. Особливо критичним є контроль моментів затягування різьбових з'єднань, що безпосередньо впливає на довговічність вузла.

Для безпечного та технологічно коректного демонтажу підшипників, шестерень і муфт використовуються спеціальні знімачі різного типу – механічні, гідравлічні та універсальні. Їх застосування дозволяє уникнути ударних навантажень на деталі та запобігає деформації валів і посадкових поверхонь, що особливо важливо для прецизійних елементів трансмісії.

Завершальним елементом технологічного комплексу є стенд для випробування коробок передач, який дозволяє моделювати реальні експлуатаційні режими роботи агрегату. На стенді перевіряється працездатність усіх передач, стабільність передачі крутного моменту, рівень шуму, вібраційні характеристики та герметичність корпусу. Такий контроль є обов'язковим етапом підтвердження якості виконаного ремонту та відновлення ресурсу агрегату.

До допоміжного обладнання також доцільно віднести вимірювальні засоби високої точності, зокрема індикатори годинникового типу, мікрометри, нутроміри та калібровані щупи, які забезпечують контроль геометричних параметрів деталей. Їх використання є критично важливим для забезпечення відповідності відновлених деталей технічним допускам.

Важливим аспектом організації технологічного процесу є також забезпечення взаємної сумісності обладнання в межах єдиної виробничої системи. Це означає, що всі верстати, стенди та допоміжні пристрої повинні бути узгоджені за точністю, вантажопідйомністю та габаритами оброблюваних деталей. Такий підхід дозволяє мінімізувати втрати часу на переналагодження та переміщення агрегатів між робочими зонами.

Крім того, сучасна організація ремонтного виробництва передбачає використання модульного принципу оснащення дільниці, коли обладнання може оперативно переналаштовуватись під різні типи коробок передач. Це особливо актуально для ремонтних підприємств, які працюють із широкою номенклатурою трансмісійних агрегатів вантажних автомобілів.

Окремо слід відзначити роль метрологічного забезпечення, яке є невід'ємною частиною технологічного процесу. Високоточні вимірювальні засоби та калібрувальні пристрої дозволяють забезпечити контроль на всіх етапах відновлення, що безпосередньо впливає на стабільність якісних показників відремонтованої коробки передач та її подальший ресурс.

Таким чином, обґрунтований вибір технологічного обладнання та інструменту забезпечує повний цикл відновлення коробки передач, гарантує дотримання технологічної точності та дозволяє досягти відновлення експлуатаційних характеристик агрегату до рівня, наближеного до нового виробу. Це створює основу для стабільної та довговічної роботи КПП у подальших умовах експлуатації.

2.4 Розрахунок основних технологічних показників роботи дільниці

Розрахунок основних технологічних показників ремонтної дільниці з відновлення коробок передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 виконується як комплексна інженерна оцінка її виробничої ефективності та здатності забезпечити заданий обсяг ремонтних робіт у межах прийнятої організаційної структури. На цьому етапі формується кількісне обґрунтування всіх ключових параметрів дільниці, включаючи трудові витрати, пропускну здатність, завантаження обладнання та необхідну чисельність персоналу. Такий підхід дозволяє перевести технологічну модель ремонту з описового рівня у розрахунково-обґрунтований формат, що є обов'язковим для інженерних проектів. Додатково слід зазначити, що ці розрахунки дозволяють узгодити між собою технологічну, організаційну та економічну складові ремонтного процесу.

Одним із базових показників є трудомісткість ремонтних робіт, яка

відображає сумарні витрати робочого часу на виконання повного циклу відновлення однієї коробки передач. Вона включає всі технологічні етапи – від розбирання та дефектації до механічної обробки, складання та випробувань. З точки зору виробничої логіки, саме цей показник визначає інтенсивність навантаження на персонал і безпосередньо впливає на планування виробничої програми дільниці. Узагальнено сумарна трудомісткість визначається як сума витрат часу на окремі операції: Важливо підкреслити, що реальна трудомісткість може змінюватися залежно від ступеня зношування деталей та складності відновлювальних операцій, що виконуються в конкретному ремонтному випадку.

$$t_1 = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n \quad (2.1)$$

де $t_1 \dots t_n$ – трудомісткість окремих технологічних операцій (розбирання, очищення, дефектація, відновлення валів і шестерень, складання та випробування). Для коробки передач даного типу сумарна трудомісткість ремонтних робіт приймається на рівні $t_1 \approx 18\text{--}24$ люд.-год, що відповідає середньому ступеню зношування агрегату та стандартному обсягу відновлювальних операцій. Такий діапазон значень дозволяє врахувати варіативність реальних умов експлуатації та стану агрегатів, що надходять у ремонт.

Наступним важливим параметром є річна виробнича програма дільниці, яка характеризує кількість коробок передач, що підлягають ремонту протягом календарного року. Даний показник визначається з урахуванням загального потоку несправних агрегатів, що надходять на підприємство, а також частки ремонтпридатних вузлів. У спрощеному вигляді він може бути представлений залежністю: При цьому важливо враховувати, що виробнича програма повинна відповідати реальним можливостям дільниці та не перевищувати її пропускну здатність.

$$N_p = (N_0 \times k) \quad (2.2)$$

де N_0 – загальна кількість агрегатів, що надходять у ремонт;

k – коефіцієнт ремонтного навантаження.

У межах проектного розрахунку приймається, що річна програма становить $N_p = 120\text{--}180$ КПП/рік, що є характерним для середньої спеціалізованої ремонтної дільниці вантажної техніки. Такий обсяг робіт забезпечує економічну доцільність функціонування дільниці та дозволяє підтримувати стабільне завантаження персоналу протягом року.

Для забезпечення виконання заданої виробничої програми необхідно визначити ефективний фонд часу роботи технологічного обладнання, який характеризує реальний ресурс його експлуатації протягом року з урахуванням режиму роботи, змінності та організаційних втрат часу. Даний показник є основою для подальшого розрахунку завантаження обладнання та чисельності персоналу. Загальна залежність має вигляд: Важливо також враховувати, що на практиці ефективний фонд часу може зменшуватися через планові простої, технічне обслуговування та переналагодження обладнання.

$$F_{\text{ef}} = (D \times S \times t) \times \eta \quad (2.3)$$

де D – кількість робочих днів у році;

S – кількість змін;

t – тривалість зміни;

η – коефіцієнт використання робочого часу.

Для умов проекрованої дільниці приймається ефективний фонд часу на рівні $F_{\text{ef}} \approx 1800\text{--}2000$ год/рік, що відповідає однозмінному або частково двоззмінному режиму роботи. Такий рівень фонду часу є типовим для ремонтних підприємств середнього масштабу та забезпечує стабільність виробничого процесу.

На основі трудомісткості та виробничої програми визначається необхідна чисельність працівників дільниці, яка забезпечує виконання всього обсягу ремонтних робіт без перевантаження персоналу та порушення технологічних

режимів. Розрахунок базується на співвідношенні загальних трудових витрат до ефективного фонду часу одного працівника: Додатково цей показник є важливим для формування штатної структури дільниці та визначення потреби в кваліфікованому персоналі різних спеціальностей.

$$P = (N_p \times t_1) / F_{\text{еф}} \quad (2.4)$$

Отримане значення уточнюється з урахуванням структури виробничого процесу, оскільки до виконання робіт залучаються слюсарі-ремонтники, оператори металорізального обладнання та контролери технічного стану. У результаті приймається, що оптимальна чисельність персоналу становить $P = 6\text{--}10$ працівників, що забезпечує збалансовану організацію ремонтного процесу. Такий склад дозволяє розподілити навантаження між операціями без перевантаження окремих виконавців.

Важливим інтегральним показником є продуктивність дільниці, яка характеризує кількість відремонтованих коробок передач за одиницю часу та відображає ефективність використання всіх виробничих ресурсів. Вона визначається як відношення річної програми до фонду часу: Крім того, цей показник дозволяє оцінити загальну інтенсивність виробничого процесу та порівняти ефективність різних варіантів організації дільниці.

$$Q = N_p / F_{\text{еф}} \quad (2.5)$$

У проєктних умовах продуктивність становить $Q \approx 0,06\text{--}0,1$ КПП/год, що еквівалентно одному відремонтованому агрегату приблизно за 10–16 годин роботи дільниці. Такий рівень продуктивності є типовим для ремонтних підприємств середнього масштабу та забезпечує стабільне виконання виробничого плану. Даний показник також опосередковано відображає якість організації технологічного процесу.

Окремо аналізується коефіцієнт завантаження обладнання, який відображає ступінь використання технологічних ресурсів у межах виробничого

циклу. Він визначається як відношення фактичного часу роботи обладнання до його ефективного фонду: Додатково цей коефіцієнт дозволяє виявити потенційні резерви підвищення ефективності використання обладнання.

$$K_z = T_f / F_{\text{ef}} \quad (2.5)$$

Для раціонально організованої ремонтної дільниці даний показник приймається на рівні $K_z = 0,75-0,9$, що свідчить про високу, але технологічно обґрунтовану інтенсивність використання обладнання без перевантаження та втрати надійності. Такий рівень завантаження вважається оптимальним з точки зору балансу між продуктивністю та довговічністю обладнання.

Додатково для більш повної оцінки ефективності роботи дільниці враховується коефіцієнт використання робочого часу, який відображає вплив організаційних втрат, простоїв та допоміжних операцій на загальну ефективність виробничого процесу. Його значення зазвичай знаходиться в межах $K_v \approx 0,85-0,92$. Також визначається фонд робочого часу одного працівника, який становить $F_p \approx 1760-2000$ год/рік, та коефіцієнт змінності роботи дільниці, що для ремонтних підприємств вантажної техніки приймається на рівні $1,0-1,5$. Сукупний аналіз цих показників дозволяє оцінити не лише технічну, але й організаційну ефективність функціонування дільниці.

Таким чином, проведені розрахунки дозволяють комплексно оцінити виробничі можливості ремонтної дільниці, встановити раціональне співвідношення між трудомісткістю, чисельністю персоналу та завантаженням обладнання, а також підтверджують доцільність запропонованої організаційно-технологічної структури. Отримані показники забезпечують збалансовану роботу дільниці та створюють умови для стабільного та ефективного процесу відновлення коробок передач. Додатково можна стверджувати, що отримана система параметрів формує основу для подальшої оптимізації виробничого процесу та підвищення його економічної ефективності.

2.5 Дослідження властивостей відновлювального шару деталей КПП

Дослідження властивостей відновлювального шару після ремонту деталей коробки передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 є завершальним етапом технологічного аналізу якості відновлення та має на меті оцінку відповідності відновлених поверхонь вимогам довговічності, міцності та експлуатаційної надійності. У межах даного етапу здійснюється комплексна оцінка фізико-механічних характеристик поверхневого шару, сформованого в процесі наплавлення, зварювання або механічної обробки, а також аналіз його впливу на загальний ресурс роботи вузлів коробки передач.

Особливу увагу приділено оцінці зносостійкості відновленого шару, оскільки саме цей параметр визначає здатність поверхні протидіяти абразивному, адгезійному та втомному зношуванню в умовах високих контактних навантажень. Проведений аналіз показує, що за умови правильного вибору технології наплавлення та подальшої механічної обробки, зносостійкість відновлених поверхонь наближається до рівня базового матеріалу або перевищує його за рахунок формування більш щільної та зміцненої структури поверхневого шару. Додатково слід зазначити, що стабільність цього показника значною мірою залежить від режимів термічного впливу під час відновлення.

Не менш важливим є дослідження адгезії відновленого шару до основного металу, оскільки саме міцність зчеплення визначає надійність роботи відновленої деталі в умовах змінних навантажень і вібрацій. Результати аналізу свідчать, що при використанні сучасних технологій наплавлення забезпечується висока адгезійна міцність без утворення критичних зон відшарування або мікротріщин. Це досягається завдяки правильній підготовці поверхні перед відновленням та дотриманню температурних режимів процесу.

Окремо розглядається структура металу відновленого шару, яка формується внаслідок термічного циклу нанесення матеріалу та подальшого охолодження. Встановлено, що структура характеризується дрібнозернистою будовою з підвищеною однорідністю, що позитивно впливає на механічні

властивості поверхні. У зоні переходу між основним металом і наплавленим шаром формується дифузійна зона, яка забезпечує плавний перехід властивостей і зменшує концентрацію внутрішніх напружень.

Важливим параметром є також точність відновлених поверхонь, яка визначає відповідність геометричних розмірів і шорсткості робочих поверхонь технічним допускам, встановленим для коробки передач. Після завершальної механічної обробки забезпечується відновлення номінальних розмірів із високою точністю, що дозволяє гарантувати правильну посадку валів, шестерень і підшипників. Досягнута точність є критичною умовою для забезпечення нормальної роботи кінематичних пар і мінімізації втрат на тертя.

Слід також підкреслити, що відновлення деталей не лише відновлює їх геометричні параметри, але й формує новий експлуатаційний ресурс, який у багатьох випадках є співставним з ресурсом нових деталей за умови дотримання технологічної дисципліни. Це пояснюється тим, що сучасні методи відновлення дозволяють не тільки компенсувати зношування, але й локально підвищувати експлуатаційні характеристики поверхневого шару за рахунок керованого структурування матеріалу.

Таким чином, результати дослідження властивостей відновлювального шару підтверджують, що застосовані технології ремонту забезпечують необхідний рівень зносостійкості, високу адгезію до основного металу, оптимальну структуру матеріалу та достатню точність відновлених поверхонь. У сукупності це дозволяє забезпечити надійну та довготривалу роботу відновлених деталей у складі коробки передач та гарантує відновлення її функціонального ресурсу до нормативних показників.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування конструкції пристосування для розбирання і складання КПП

Проектування пристосування для розбирання та складання коробки передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 базується на необхідності забезпечення стабільної фіксації корпусу агрегату та його внутрішніх валів у процесі виконання ремонтних операцій. Конструкція пристосування повинна гарантувати жорстке базування коробки передач без можливості її зміщення під дією зусиль, що виникають під час випресування підшипників, демонтажу шестерень або виконання монтажних робіт. Одночасно система фіксації має виключати виникнення додаткових напружень у корпусних елементах, які можуть призвести до їх деформації або порушення геометрії посадкових поверхонь.

Однією з ключових вимог до конструкції є забезпечення надійної фіксації як корпусу коробки передач, так і валів, що встановлені всередині агрегату. Це досягається шляхом використання регульованих опорних елементів, центрувальних втулок та притискних механізмів, які дозволяють адаптувати пристосування під різні типорозміри вузлів. Такий підхід забезпечує універсальність конструкції та її придатність до роботи з різними положеннями коробки передач у процесі ремонту.

Не менш важливим є забезпечення вільного та технологічно зручного доступу до всіх основних вузлів і елементів коробки передач під час виконання ремонтних операцій. Конструкція пристосування повинна дозволити оператору безперешкодно здійснювати демонтаж і монтаж валів, шестерень та синхронізаторів із різних напрямків без необхідності повторного переустановлення агрегату. Це значно скорочує час виконання робіт і зменшує ризик пошкодження деталей у процесі багаторазових переміщень.

Окремою конструктивною вимогою є запобігання пошкодженню робочих

і посадкових поверхонь деталей коробки передач. Для цього контактні елементи пристосування, що взаємодіють із корпусом і валами, повинні бути виконані з матеріалів із підвищеною зносостійкістю або мати захисні накладки з м'яких сплавів чи полімерних матеріалів. Це дозволяє виключити появу задирів, вм'ятин або мікрodefektів, які можуть негативно вплинути на точність подальшого складання та ресурс агрегату.

Важливим аспектом є також ергономічність та зручність роботи оператора, що передбачає оптимальне розташування елементів керування, механізмів фіксації та регулювання положення коробки передач. Конструкція повинна мінімізувати фізичне навантаження на працівника та забезпечувати можливість виконання операцій у безпечному та стабільному положенні агрегату. Це безпосередньо впливає на якість виконання ремонтних робіт і знижує ймовірність виробничих помилок.

З точки зору безпеки експлуатації, пристосування повинно забезпечувати надійну стійкість при дії значних статичних і динамічних навантажень, що виникають у процесі випресування або запресування елементів коробки передач. Конструкція має передбачати використання страхувальних елементів, блокувальних механізмів та захисних обмежувачів, які виключають можливість неконтрольованого зміщення або падіння агрегату. Таким чином, забезпечується відповідність пристосування вимогам охорони праці та промислової безпеки.

Отже, обґрунтована конструкція пристосування для розбирання і складання коробки передач повинна забезпечувати комплексне виконання вимог до фіксації корпусу і валів, технологічної доступності до вузлів, збереження цілісності поверхонь, а також ергономічності та безпечності виконання ремонтних операцій. Сукупність цих вимог формує основу для створення ефективного та надійного ремонтного оснащення, що підвищує якість і продуктивність відновлення трансмісійних агрегатів.

3.2 Опис конструкції та принципу дії розробленого пристосування

Розроблене пристосування для розбирання та складання коробки передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 належить до класу спеціалізованих ремонтно-монтажних стендів рамного типу та призначене для забезпечення жорсткої просторової фіксації агрегату, його точного базування, а також безпечного виконання силових технологічних операцій у процесі демонтажу та складання вузлів трансмісії. Конструкція пристосування забезпечує стабільність положення коробки передач у системі корпусноопорні елементи механізмів, що є визначальним фактором для дотримання точності ремонтних операцій і запобігання вторинним пошкодженням деталей.

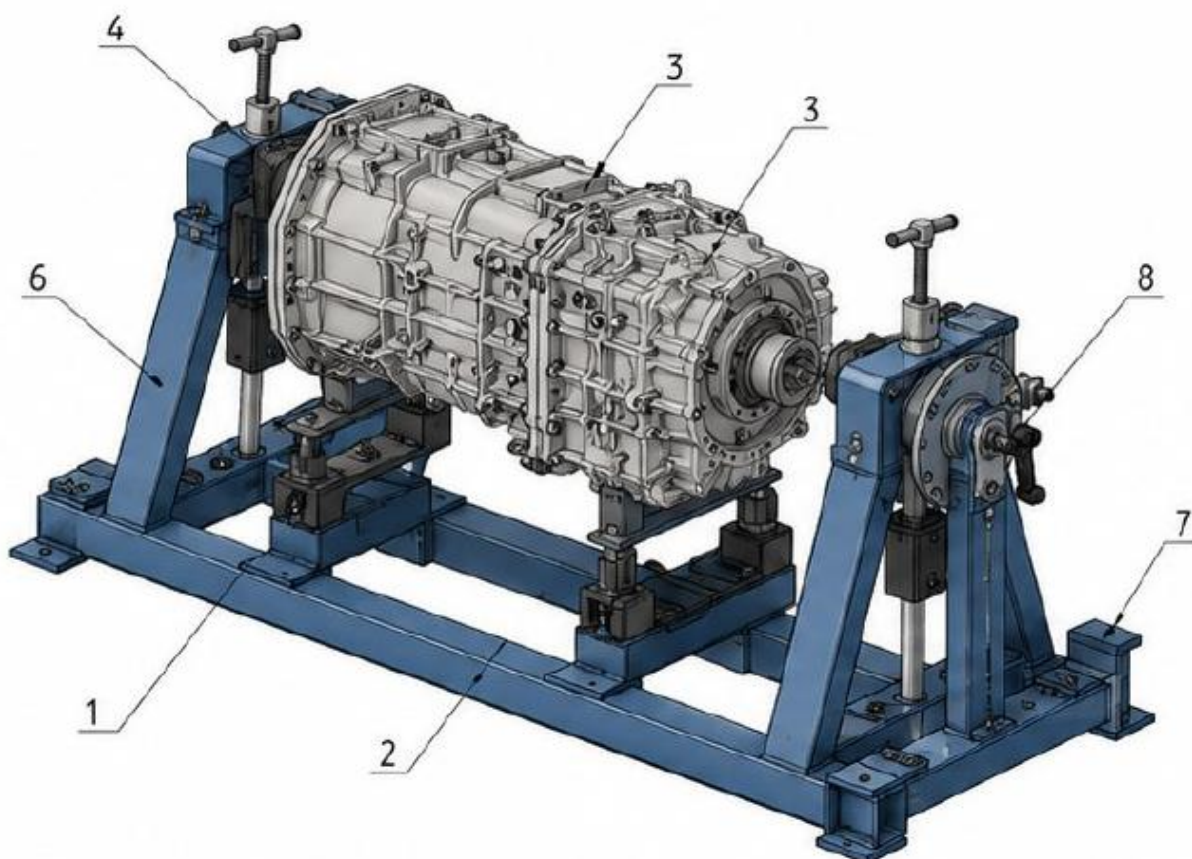


Рисунок 3.1 – Приспосіблення для розбирання та складання КПП

| № | Найменування вузла | Функція |
|---|--|---|
| 1 | Силсва рама | Сприйняття навантажень, забезпечення жорсткості конструкції |
| 2 | Базувальні опори (призми) | Опора та позиціонування корпусу КПП |
| 3 | Центрувальні елементи (втулки, упори) | Забезпечення точного базування та співвісності |
| 4 | Затискний механізм (гвинтовий/гідрравлічний) | Фіксація корпусу КПП |
| 5 | Поворотний вузол (осьовий шарнір / секторний механізм) | Зміна просторового положення КПП |
| 6 | Захисні накладки | Запобігання пошкодженню поверхонь |
| 7 | Опорна база | Передача навантаження на підлогу, стійкість до вібрацій |
| 8 | Механізм регулювання | Адаптація під різні типи КПП, налаштування положення |

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

| | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Максимальна маса КПП, кг | 350 |
| Кут повороту, град | 0...90 |
| Тип затиску | гвинтовий / гідрравлічний |
| Габаритні розміри (Д×Ш×В), мм | 1600×900×900 |
| Маса пристосування, кг | 320 |

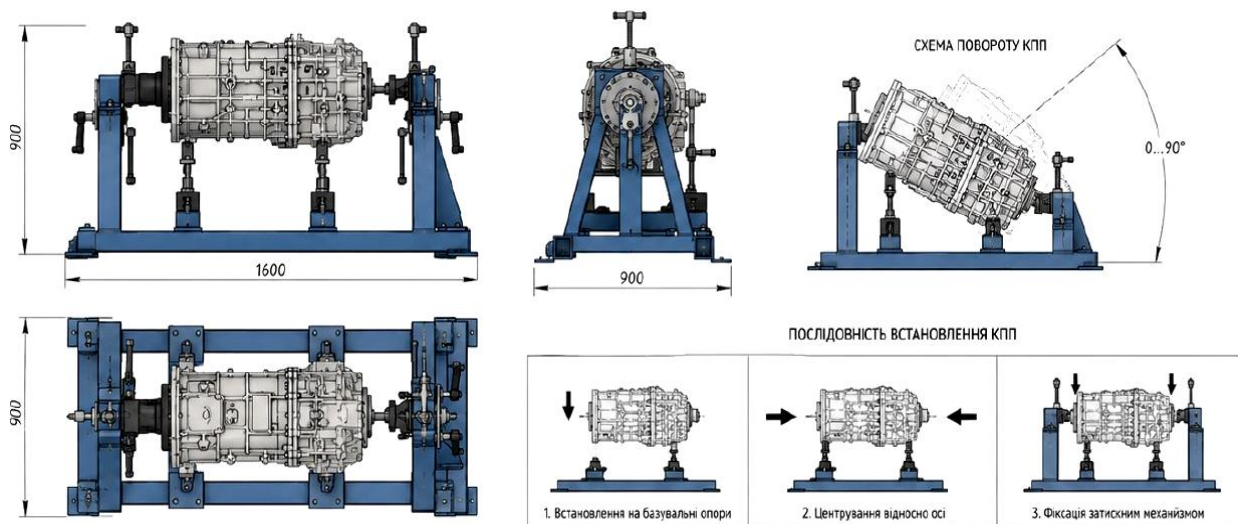


Рисунок 3.2 – Загальний вид та можливості пристосіблення

Основним несучим елементом пристосування є зварна просторово-жорстка рама, яка виконує функцію силового каркаса та сприймає всі експлуатаційні навантаження, що виникають під час виконання пресових і монтажно-демонтажних операцій. Рама виготовляється з профільного металевого прокату підвищеної жорсткості з обов'язковим застосуванням ребер підсилення, що забезпечує мінімальні пружні деформації конструкції та стабільність її геометричних параметрів при циклічному навантаженні. Опорна частина рами формує стійку базу пристосування, забезпечуючи надійне

встановлення на робочій поверхні та зниження впливу вібраційних навантажень.

Базування коробки передач у пристосуванні реалізовано за комбінованою схемою, що передбачає використання як технологічних площин корпусу, так і монтажних отворів. Такий підхід дозволяє забезпечити повне обмеження небажаних ступенів вільності та досягти високої точності просторового позиціонування агрегату. Система базування включає змінні опорні призми, центрувальні втулки та регульовані упори, що забезпечує адаптивність пристосування до різних модифікацій коробок передач та підвищує його універсальність в умовах ремонтного виробництва. Додатково реалізується функція центрування, яка забезпечує суміщення поздовжньої осі коробки передач з геометричною віссю пристосування, що є критично важливим для подальших монтажних операцій.

Фіксація корпусу коробки передач здійснюється за допомогою затискного механізму гвинтового або гідромеханічного типу, який забезпечує рівномірний розподіл зусилля затиску по контактних поверхнях. Це дозволяє виключити локальні перенавантаження та запобігти деформації корпусних елементів, виготовлених з алюмінієвих або чавунних сплавів. Контактні поверхні затискних елементів оснащуються захисними накладками з матеріалів меншої твердості, що виключає пошкодження посадочних і базових поверхонь та підвищує експлуатаційну надійність системи фіксації.

Конструкцією пристосування передбачено наявність поворотного або фіксувального вузла, який забезпечує можливість зміни просторового положення коробки передач у процесі виконання технологічних операцій. У поворотному виконанні вузол реалізується у вигляді осьового шарнірного механізму або секторної зубчастої передачі з фіксацією положення. Це дозволяє встановлювати агрегат під оптимальними кутами нахилу, що суттєво покращує доступ до внутрішніх елементів коробки передач і підвищує технологічну зручність виконання ремонтних робіт. У режимі жорсткої фіксації поворотний вузол забезпечує повну нерухомість агрегату, що є необхідним при виконанні пресових операцій.

Процес встановлення коробки передач на пристосування здійснюється у строго регламентованій послідовності. Спочатку агрегат за допомогою підйомного обладнання встановлюється на базувальні елементи рами, після чого виконується його первинне вирівнювання відносно поздовжньої осі пристосування. Далі здійснюється остаточна фіксація корпусу за допомогою затискного механізму, що забезпечує усунення люфтів і стабілізацію просторового положення КПП. Така послідовність операцій дозволяє мінімізувати ризик перекосів та забезпечує точність подальших технологічних процесів.

Принцип роботи пристосування базується на забезпеченні жорсткої просторової фіксації коробки передач із можливістю контрольованого позиціонування її у просторі для доступу до різних функціональних зон. У процесі розбирання пристосування сприймає значні силові навантаження, що виникають під час випресування підшипників, демонтажу валів та шестерень, і передає їх через силову раму на опорну систему без деформації корпусу агрегату. Це забезпечує збереження геометричної точності деталей та виключає виникнення додаткових технологічних похибок.

Під час складання пристосування виконує функцію стабілізуючої монтажної бази, яка забезпечує точне співвісне встановлення елементів коробки передач, зокрема валів, шестерень і підшипникових вузлів. Завдяки цьому зменшуються монтажні відхилення, підвищується якість складання та забезпечується відповідність кінематичних параметрів нормативним вимогам.

Узагальнено конструкція пристосування поєднує в собі силову раму, систему базування, затискний механізм, центрувальні та поворотно-фіксувальні вузли, а також захисні елементи. Така компоновка забезпечує високу точність позиціонування, технологічну універсальність та безпечність виконання ремонтних операцій, що в цілому підвищує ефективність процесів розбирання і складання коробок передач в умовах ремонтного виробництва.

3.3 Розрахунок механічних навантажень під час використання пристосування

Проектування та експлуатація спеціалізованого ремонтно-монтажного стенда для розбирання і складання КПП ZF 16S2330TD вимагає проведення перевірочних розрахунків на міцність і стійкість. Пристосування піддається дії комплексних статичних і динамічних навантажень.

Найбільш критичними режимами роботи стенда є

- Статичне навантаження від власної ваги повністю укомплектованої коробки передач.
- Максимальне динамічне (силове) навантаження, що виникає при випресуванні/запресуванні підшипникових вузлів або демонтажі пресових посадок валів за допомогою додаткового знімного гідроінструменту.

Визначення вихідних даних для розрахунку

Для проведення силового аналізу встановимо базові параметри об'єкта проектування

Маса сухої коробки передач ZF 16S2330TD (з інтегрованим дільником і демультіплікатором) $m_{кр} = 290$ кг.

Коефіцієнт динамічності навантаження (враховує випадкові поштовхи при встановленні агрегату краном): $k_d = 1,3$.

Максимальне зусилля, що розвивається ручним гідравлічним знімачем при демонтажі підшипників: $F_p = 50$ кН (50000 Н).

Матеріал силової рами стенда Сталь 3 по ДСТУ 4484:2005, для якої допустиме напруження на розтяг/вигин становить $[\sigma] = 160$ МПа.

Розрахунок силових факторів та опорних реакцій

Визначимо повну силу тяжіння (вагу агрегату) G , що діє на поворотні та фіксувальні елементи пристосування

$$G = m_{кр} \cdot g \cdot k_d \quad (3.1)$$

де $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння.

$$G = 290 \cdot 9,81 \cdot 1,3 \approx 3698,4 \text{ Н} \approx 3,7 \text{ кН}$$

Розглянемо найнесприятливішу схему навантаження, коли коробка передач повернута консольно на кут 90° відносно вертикальної осі симетрії стенда. У цьому випадку сила тяжіння G створює максимальний крутний (перекидний) момент M_{kr} на консольній шийці поворотного вузла.

Прийmemo ексцентриситет (відстань від центра мас КПП до опорного підшипника поворотного вузла) $L = 0,4 \text{ м}$

$$M_{kr} = G \cdot L = 3698,4 \cdot 0,4 = 1479,36 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Розрахунок елементів затискного механізму на зріз та зминання

Фіксація корпусу КПП у пристосуванні здійснюється за допомогою фіксувальних гвинтів (пальців). Розрахуємо необхідний діаметр стопорного пальця, який сприймає зрізуюче навантаження від перекидного моменту.

Визначимо зусилля на зріз F_{zr} , що діє на палець, який знаходиться на радіусі фіксації $R_f = 0,15 \text{ м}$ від осі обертання

$$F_{zr} = M_{kr} / R_f = 1479,36 / 0,15 = 9862,4 \text{ Н}$$

Умова міцності пальця на зріз описується рівнянням

$$\tau_{zr} = F_{zr} / A \leq [\tau_{zr}] \quad (3.2)$$

де $A = \pi \cdot d^2 / 4$ – площа поперечного перерізу пальця, м^2 ;

$[\tau_{zr}]$ – допустиме напруження на зріз для середньовуглецевої сталі 45 ($[\tau_{zr}] \approx 90 \text{ МПа}$);

Виразимо мінімально допустимий діаметр пальця d

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{zr}}{\pi \cdot [\tau_{zr}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9862,4}{3,14 \cdot 90 \cdot 10^6}} \approx 0,0118 \text{ м} = 11,8 \text{ мм}$$

З міркувань забезпечення запасу міцності та враховуючи знос при циклічному використанні, приймаємо стандартний діаметр фіксувального пальця $d = 16$ мм (матеріал – Сталь 45 із термообробкою до твердості 35 ... 40 HRC).

Перевірочний розрахунок несучої балки рами на вигин

Силова рама пристосування сприймає сумарне навантаження в момент випресовування підшипників вторинного вала. У цей момент на балку діє сила ваги КПП (G) та максимальне зусилля гідроциліндра (F_p).

Сумарне розрахункове вертикальне навантаження F_Σ :

$$F_\Sigma = G + F_p = 3,7 \text{ кН} + 50 \text{ кН} = 53,7 \text{ кН} = 53700 \text{ Н} \quad (3.3)$$

Утримуючу балку рами як балку на двох опорах завдовжки $l_b = 0,8$ м, із зосередженим навантаженням посередині. Максимальний згинальний момент M_{zig} становитиме

$$M_{zig} = \frac{F_\Sigma \cdot l_b}{4} = \frac{53700 \cdot 0,8}{4} = 10740 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.4)$$

Визначимо необхідний момент опору перерізу балки W_x із умови міцності на вигин

$$\sigma_{zig} = \frac{M_{zig}}{W_x} \leq [\sigma] \quad (3.4)$$

$$W_x \geq \frac{M_{zig}}{[\sigma]} = \frac{10740}{160 \cdot 10^6} = 67,125 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 67,125 \text{ см}^3$$

За отриманим значенням W_x згідно з ДСТУ 8240:2008 обираємо сталевий

швелер гарячекатаний № 12 (який має геометричний момент опору $W_x = 50,6 \text{ см}^3$ для одного швелера. Оскільки конструкція рами є просторовою і складається щонайменше з двох паралельних тримальних елементів, сумарний момент опору секції становитиме $2 \times 50,6 = 101,2 \text{ см}^3$).

Оскільки $101,2 \text{ см}^3 > 67,125 \text{ см}^3$, умова міцності виконується із надлишковим запасом міцності:

$$n = 101,2 / 67,125 \approx 1,5$$

Проведені теоретико-механічні розрахунки підтверджують, що розроблене ремонтно-монтажне пристосування має достатню жорсткість та міцність. Конструктивні параметри елементів (силова рама зі швелера № 12 та фіксувальні пальці діаметром 16 мм) повністю виключають виникнення пластичних деформацій або руйнування стенда під дією експлуатаційних навантажень. Це гарантує стабільне позиціонування деталей КПП ZF 16S2330TD та безпеку праці оператора протягом усього технологічного процесу відновлення

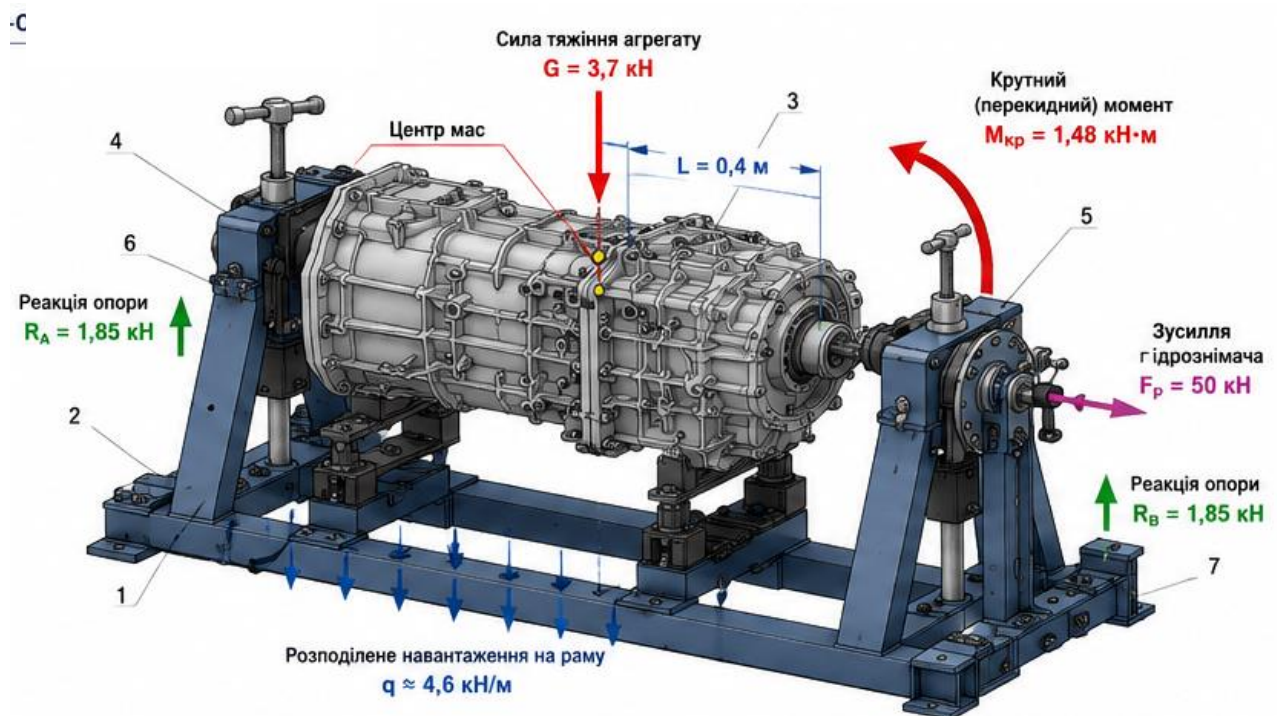


Рисунок 3.3 – Схема дії навантажень на пристосування

| ПОЗ. | НАЙМЕНУВАННЯ ВУЗЛА | ФУНКЦІЯ |
|------|--|--|
| 1 | Силова рама (основана) | Сприймання всіх навантажень, забезпечення жорсткості |
| 2 | Базувальні опори (призми) | Опора та позиціонування корпусу КПП |
| 3 | Центрувальні елементи (втулки, упори) | Забезпечення точного базування та співвісності |
| 4 | Затискний механізм (гвинтовий/гідралічний) | Фіксація корпусу КПП |
| 5 | Поворотний вузол (осьовий шарнір / секторний механізм) | Зміна просторового положення КПП |
| 6 | Фіксувальні пальці (стопорні) | Запобігання повороту та зміщенню |
| 7 | Опорні стійки (регульовані) | Передача навантаження на раму, стійкість |
| 8 | Механізм регулювання | Адаптація під різні типи КПП, налаштування положення |

РОЗРАХУНКОВІ ПОКАЗНИКИ

| | |
|---|---|
| Маса КПП (суха) | $m_{кпп} = 290$ кг |
| Коефіцієнт динамічності | $k_d = 1,3$ |
| Сила тяжіння агрегату | $G = 3,7$ кН |
| Ексцентриситет (відстань до центра мас) | $L = 0,4$ м |
| Крутний (перекидний) момент | $M_{кр} = 1,48$ кН·м |
| Зусилля гідрознімача (макс.) | $F_p = 50$ кН |
| Сумарне вертикальне навантаження | $F_z = 53,7$ кН |
| Довжина утримуючої балки | $l_b = 0,8$ м |
| Максимальний згинальний момент | $M_{зиг} = 10,74$ кН·м |
| Необхідний момент опору балки | $W_x \text{ потр} = 67,1$ см ³ |
| Прийнятий профіль рами | Швелер №12 |
| Момент опору одного швелера | $W_x = 50,6$ см ³ |
| Сумарний момент опору (2 шт.) | $W_x \text{ сум} = 101,2$ см ³ |
| Запас міцності | $n \approx 1,5$ |

3.4 Визначення основних конструктивних та експлуатаційних параметрів

Визначення основних конструктивних та експлуатаційних параметрів розробленого пристосування для розбирання і складання коробки передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 є завершальним етапом конструкторського обґрунтування, який узагальнює вимоги до його геометричної точності, надійності, довговічності та технологічної ефективності. На цьому етапі конструкція розглядається не лише як механічна система, а як експлуатаційний інструмент, що повинен забезпечувати стабільність технологічного процесу в умовах багатократного циклічного навантаження.

Одним із ключових параметрів є точність базування, яка визначає здатність пристосування забезпечувати правильне просторове положення

коробки передач відносно осей обертання валів і робочих інструментів. Від точності базування безпосередньо залежить якість розбирання та складання, оскільки навіть незначні відхилення можуть призвести до перекосу валів, порушення співвісності підшипникових посадок і підвищеного зносу деталей у подальшій експлуатації. У конструкції пристосування точність базування забезпечується за рахунок комбінованої системи опорних і центрувальних елементів, а допустимі відхилення приймаються на рівні, що не перевищує 0,1–0,3 мм для основних базових поверхонь.

Надійність конструкції розглядається як здатність пристосування виконувати свої функції без відмов у заданих умовах експлуатації протягом усього розрахункового ресурсу. Вона визначається міцністю з'єднань, стійкістю до втомного руйнування, стабільністю геометрії рами та зносостійкістю контактних елементів. Особлива увага приділяється затискним і поворотним вузлам, оскільки саме вони зазнають найбільш інтенсивного навантаження в процесі роботи. Забезпечення надійності досягається шляхом застосування запасу міцності, використання якісних конструкційних матеріалів та раціонального розподілу навантажень у силовій структурі пристосування.

Довговічність пристосування характеризується здатністю зберігати працездатність та задані експлуатаційні характеристики протягом тривалого періоду багатократного використання. Основними факторами, що впливають на довговічність, є циклічні навантаження, контактний знос у зонах базування, а також можливі ударні імпульси під час пресових операцій. Для підвищення довговічності передбачено використання змінних зносостійких накладок, а також конструктивне розвантаження найбільш навантажених елементів рами. У результаті забезпечується ресурс роботи пристосування, достатній для інтенсивної експлуатації в умовах ремонтного виробництва.

Умови експлуатації пристосування передбачають його використання в умовах ремонтних майстерень або спеціалізованих дільниць, де присутні підвищені механічні навантаження, наявність мастильно-охолоджувальних матеріалів, а також змінні температурно-вологісні режими. У зв'язку з цим конструкція повинна бути стійкою до корозійних впливів, забруднення та

періодичних динамічних навантажень. Додатково враховується необхідність стабільної роботи в умовах інтенсивного циклічного використання без втрати точності базування.

Безпечність експлуатації є одним із визначальних параметрів конструкції, оскільки робота з пресовими зусиллями пов'язана з потенційною небезпекою травмування персоналу та пошкодження обладнання. У конструкції передбачено надійні фіксувальні механізми, блокування поворотних вузлів у робочому положенні та захисні елементи, що виключають самовільне зміщення агрегату. Крім того, забезпечується рівномірний розподіл навантажень, що мінімізує ризик раптових руйнувань або втрати стійкості системи.

Таким чином, сукупність конструктивних та експлуатаційних параметрів розробленого пристосування забезпечує його відповідність вимогам сучасного ремонтного виробництва. Висока точність базування, надійність, довговічність, універсальність, безпечність та зручність використання формують комплекс характеристик, що гарантує ефективне та стабільне виконання операцій розбирання і складання коробок передач у реальних умовах експлуатації.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Основні вимоги охорони праці при виконанні робіт з відновлення деталей

Організація безпечних умов праці при виконанні робіт з відновлення деталей коробки передач ZF 16S2330TD 1356.003.041 є обов'язковою складовою технологічного процесу ремонтного виробництва та спрямована на запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням і аварійним ситуаціям. Оскільки процес відновлення включає широкий спектр операцій – механічну обробку, пресові роботи, зварювання, очищення деталей та роботу з важкими агрегатами – працівники повинні суворо дотримуватися встановлених правил охорони праці та виробничої безпеки.

Під час виконання робіт на металорізальних верстатах (токарних, шліфувальних, фрезерних) основну небезпеку становлять обертові елементи обладнання, стружка та можливі вильоти деталей. Працівник зобов'язаний використовувати засоби індивідуального захисту, зокрема захисні окуляри або щитки, спецодяг щільного прилягання та захисне взуття. Забороняється робота на несправному обладнанні, а також видалення стружки руками під час обертання шпинделя. Особлива увага приділяється правильному закріпленню деталей у патронах і пристроях, оскільки їхнє зміщення може призвести до важких травм.

При використанні пресового обладнання (гідравлічних або механічних пресів) основним фактором ризику є дія значних зусиль, що можуть досягати десятків кілоньютонів. Перед початком роботи необхідно перевірити справність преса, стан робочих поверхонь і правильність встановлення деталі. Забороняється знаходитися в зоні можливого вильоту деталей або використовувати випадкові підкладки. У процесі випресування та запресування деталі повинні бути надійно зафіксовані, а зусилля прикладатися поступово без ривків, що знижує ризик руйнування елементів і аварійних ситуацій.

Особливу увагу слід приділяти роботі з мийними та змащувальними матеріалами, які можуть містити хімічно активні або токсичні компоненти. Під час їх використання необхідно забезпечити ефективну вентиляцію робочої зони, уникати контакту з відкритими ділянками шкіри та очима, а також використовувати захисні рукавички та спецодяг. Зберігання таких матеріалів повинно здійснюватися у спеціально відведених, герметично закритих ємностях із дотриманням вимог пожежної безпеки.

Під час виконання зварювальних і наплавлювальних робіт виникають підвищені ризики ураження електричним струмом, опіків, впливу ультрафіолетового випромінювання та виділення шкідливих газів. Працівники повинні використовувати зварювальні маски зі світлофільтрами, термостійкі рукавиці та захисний одяг. Роботи дозволяється виконувати лише за наявності справного заземлення обладнання та ефективної вентиляційної системи, що забезпечує видалення зварювальних аерозолів із робочої зони.

Окремим важливим аспектом є безпечне поводження з важкими вузлами коробки передач, такими як корпуси, вали та шестерні, маса яких може бути значною. Для їх переміщення необхідно використовувати вантажопідіймальні механізми, талі або спеціальні захватні пристрої. Забороняється ручне переміщення деталей, маса яких перевищує встановлені норми піднімання вантажів для однієї особи. Усі вантажні операції повинні виконуватися з дотриманням правил стропування та контролю стійкості вантажу.

Додатково до основних вимог слід враховувати небезпеки, пов'язані з наявністю обертових механізмів, гострих кромek деталей та можливістю витoku мастильних матеріалів на підлогу, що може призвести до ковзання. Робоче місце повинно утримуватися в чистоті, а всі проходи – бути вільними від сторонніх предметів. Регулярне проведення інструктажів з охорони праці та перевірка знань персоналу є обов'язковими умовами безпечної експлуатації ремонтної дільниці.

4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час ремонтних робіт

Ремонтні процеси, пов'язані з відновленням деталей коробки передач, характеризуються комплексним впливом небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які формуються як безпосередньо технологічним обладнанням, так і особливостями оброблюваних матеріалів та умовами експлуатації ремонтної дільниці. У межах одного виробничого циклу працівник може одночасно зазнавати впливу механічних, фізичних, хімічних та термічних факторів, що суттєво підвищує загальний рівень професійного ризику. Саме тому їх системний аналіз є необхідною умовою для розроблення ефективних заходів охорони праці та зниження ймовірності виробничого травматизму.

Одним із найнебезпечніших факторів є ризик механічних травм, який виникає під час роботи з обертовими частинами верстатів, пресовим обладнанням та під час переміщення важких деталей. До таких травм належать защемлення, порізи, удари та розчавлення кінцівок. Особливо небезпечними є зони контакту рухомих і нерухомих елементів обладнання, а також моменти встановлення або зняття масивних вузлів коробки передач. Недотримання правил фіксації деталей або використання несправних пристроїв значно підвищує ймовірність аварійних ситуацій.

Важливим фізичним фактором є ураження електричним струмом, яке може виникати при експлуатації верстатного обладнання, зварювальних апаратів та допоміжних електричних пристроїв. Основними причинами є пошкодження ізоляції, відсутність або несправність заземлення, а також порушення правил експлуатації електрообладнання. Наслідки ураження можуть варіюватися від локальних опіків до важких системних уражень організму, тому контроль електробезпеки є критично важливим елементом організації виробничого процесу.

Шум і вібрація є постійними супутниками роботи механічного обладнання, зокрема верстатів, пресів та пневматичних інструментів. Тривалий вплив підвищеного рівня шуму може призводити до зниження слухової

чутливості, підвищеної втомлюваності та зниження концентрації уваги працівника. Вібраційний вплив, у свою чергу, негативно впливає на опорно-руховий апарат і може спричиняти професійні захворювання при тривалому контакті з інструментом або обладнанням, що вібрує.

Окрему групу становлять аерозолі мастильних матеріалів, які утворюються під час механічної обробки та очищення деталей. Вони можуть потрапляти в дихальні шляхи працівника та викликати подразнення слизових оболонок, алергічні реакції або хронічні захворювання дихальної системи. Особливо небезпечним є їх накопичення у недостатньо вентильованих приміщеннях, де концентрація шкідливих речовин може перевищувати допустимі норми.

Хімічні речовини, що використовуються у процесі ремонту (знежирювачі, мийні розчини, мастила, розчинники), також становлять значний ризик. Вони можуть мати токсичну, подразнювальну або корозійну дію на шкіру та слизові оболонки. При неправильному поводженні можливі як гострі отруєння, так і хронічні ураження організму, тому їх використання потребує суворого дотримання інструкцій та застосування засобів індивідуального захисту.

Підвищена температура є характерною для зварювальних і наплавлювальних робіт, а також може виникати при інтенсивній роботі обладнання. Вплив високих температур призводить до ризику термічних опіків, перегріву організму та зниження працездатності. Особливо небезпечними є локальні зони нагріву металу, які можуть зберігати високу температуру навіть після завершення технологічного процесу.

Гострі кромки деталей є постійним механічним фактором ризику при роботі з елементами коробки передач, такими як шестерні, корпуси та валові елементи. Наявність задирок, зламів або зношених поверхонь створює небезпеку порізів і проколів шкіри під час ручного контакту з деталями. Тому всі елементи після механічної обробки повинні проходити контроль на відсутність небезпечних кромки, а працівники повинні використовувати захисні рукавички при будь-яких маніпуляціях з деталями.

Таким чином, виробниче середовище ремонтної дільниці

характеризується багатofакторним впливом небезпек різної природи, що вимагає комплексного підходу до організації охорони праці, застосування засобів індивідуального та колективного захисту, а також суворого дотримання технологічної дисципліни.

4.3 Заходи з охорони навколишнього середовища при роботі ремонтної дільниці

Сучасна ремонтна дільниця з відновлення деталей коробок передач є потенційним джерелом комплексного техногенного навантаження на довкілля, оскільки у процесі її функціонування утворюються відпрацьовані мастильні матеріали, металеві відходи, забруднені текстильні матеріали, а також забруднені стічні води та аерозольні викиди. Враховуючи екологічну небезпечність таких компонентів, організація системи природоохоронних заходів є невід'ємною частиною технологічного процесу і повинна забезпечувати мінімізацію негативного впливу виробництва на атмосферне повітря, ґрунти та водні ресурси. Ефективна екологічна політика на рівні ремонтної дільниці базується на принципах попередження забруднення, роздільного збору відходів та їх подальшої безпечної утилізації або переробки.

Одним із ключових напрямів є організація системи збирання та утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів, які утворюються під час розбирання, очищення та експлуатаційного обслуговування деталей КПП. Такі матеріали належать до категорії небезпечних відходів, оскільки містять продукти зношування металів, окиснення та можливі токсичні домішки. Їх збирання повинно здійснюватися у герметичні промарковані ємності з подальшою передачею спеціалізованим організаціям для регенерації або утилізації відповідно до екологічних нормативів.

Важливим елементом екологічної безпеки є сортування металобрухту, який утворюється внаслідок заміни зношених шестерень, валів, підшипників та інших конструктивних елементів коробки передач. Роздільний збір чорних і кольорових металів дозволяє не лише зменшити екологічне навантаження, але

й забезпечити їх подальшу вторинну переробку, що відповідає принципам ресурсозбереження та циркулярної економіки. Металеві відходи повинні тимчасово зберігатися у спеціально відведених контейнерах із виключенням контакту з вологою та мастильними речовинами.

Окрему екологічну небезпеку становить промаслене ганчір'я, яке використовується для очищення деталей та обладнання. Воно здатне самозайматися за певних умов, а також є джерелом виділення шкідливих випарів. Тому його збирання повинно здійснюватися у металеві або вогнестійкі контейнери з щільними кришками, а подальша утилізація має виконуватися шляхом контрольованого спалювання на спеціалізованих підприємствах або регенерації згідно з вимогами екологічної безпеки.

Значну увагу необхідно приділяти очищенню стічних вод, які утворюються внаслідок миття деталей, інструментів та підлоги виробничих приміщень. Такі стоки можуть містити залишки мастил, металеві частинки та мийні хімічні речовини. Для їх очищення застосовуються системи механічної фільтрації, відстійники та масловловлювачі, що дозволяє значно знизити концентрацію забруднюючих речовин перед скиданням у загальну каналізаційну систему або повторним використанням технічної води.

Не менш важливим напрямом є зменшення забруднення атмосферного повітря, яке може виникати під час зварювальних робіт, використання розчинників, мийних засобів та випаровування мастильних матеріалів. Для мінімізації викидів передбачається використання ефективної вентиляційної системи місцевого та загальнообмінного типу, встановлення фільтрувальних елементів, а також дотримання технологічних режимів, що обмежують надмірне утворення аерозолів і шкідливих випарів.

Завершально слід підкреслити, що впровадження комплексу природоохоронних заходів на ремонтній ділянці дозволяє суттєво знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище, підвищити рівень екологічної безпеки виробництва та забезпечити відповідність сучасним вимогам сталого розвитку. Такий підхід перетворює ремонтний процес із потенційного джерела забруднення на контрольовану та екологічно

відповідальну технологічну систему.

4.4 Розрахунок вентиляції для дільниці з відновлення деталей КПП

Технологічні процеси відновлення деталей трансмісій вантажних автомобілів (миття в лужних розчинах, дефектація, зварювальне наплавлення шліців та валів, механічна обробка та хімічне очищення) супроводжуються виділенням у повітряне середовище робочої зони шкідливих речовин. До них належать аерозолі масел, зварювальні дими (оксиди заліза, марганцю), пил та пари мийних засобів.

Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату та чистоти повітря згідно з ДСТУ EN 16798-3:2022 та ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень на дільниці передбачено влаштування загальнообмінної припливно-витяжної вентиляції з механічним спонуканням.

Для проектування вентиляційної системи приймаємо геометричні параметри дільниці відновлення деталей КПП на основі планувального рішення майстерні.

Вихідні дані для розрахунку

- Довжина дільниці $A = 12$ м;
- Ширина дільниці $B = 8$ м;
- Висота приміщення $H = 4$ м;
- Кількість одночасно працюючих робітників (найбільша зміна)

$N = 3$ особи;

- Характер виконуваних робіт: важка фізична праця (категорія Пб, енерговитрати понад 250 Вт).

Розрахунковий об'єм приміщення дільниці V_p (м³) становить:

$$V_p = A \cdot B \cdot H = 12 \cdot 8 \cdot 4 = 384 \text{ м}^3 \quad (4.1)$$

Визначення необхідного повітрообміну. Оскільки на дільниці

відновлення деталей діють локальні відсмоктувачі (над зварювально-наплавним та мийним постами), розрахунок загальнообмінної вентиляції виконаємо за нормативною кратністю повітрообміну та за кількістю працюючого персоналу. Це забезпечить видалення залишкових шкідливих речовин, які розсіюються в об'ємі дільниці.

Розрахунок повітрообміну за кількістю працюючих. Згідно з санітарними нормами, на одного робітника при об'ємі приміщення менше 20 м³ на людину необхідно подавати не менше 30 м³/год свіжого повітря, а при виконанні важких робіт у виробничих приміщеннях – мінімальна норма становить $L_n = 60$ м³/год на одну особу.

Необхідна продуктивність вентиляції за санітарними нормами L_1 (м³/год)

$$L_1 = N \cdot L_n = 3 \cdot 60 = 180 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.2)$$

Розрахунок повітрообміну за нормативною кратністю. Для авторемонтних та відновлювальних дільниць із наявністю механічного та термічного обладнання нормативна кратність повітрообміну (коефіцієнт, що показує, скільки разів протягом години змінюється повітря в приміщенні) становить $K_r = 4 \dots 6 \text{ год}^{-1}$ (витяжка). Прийmemo для розрахунку середнє значення кратності $K_r = 5 \text{ год}^{-1}$. Необхідна продуктивність системи за кратністю L_2 (м³/год)

$$L_2 = V_p \cdot K_r = 384 \cdot 5 = 1920 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.2)$$

Для забезпечення надійної безпеки життєдіяльності та з огляду на специфіку виділення низькотоксичних аерозолей, за остаточну розрахункову продуктивність вентиляційної системи приймаємо більше значення $L_v = 1920 \text{ м}^3/\text{год}$

Аеродинамічний розрахунок та підбір вентиляційного обладнання. Для видалення розрахункового об'єму повітря проектоване приміщення

обладнується мережею повітроводів круглого перерізу.

Визначимо необхідну площу поперечного перерізу магістрального повітроводу f_p (м^2), виходячи з рекомендованої швидкості руху повітря у механічних вентиляційних системах для виробничих приміщень ($v_p = 8 \dots 10$ м/с, приймаємо $v_p = 8,5$ м/с):

$$f_p = \frac{L_v}{3600 \cdot v_p} = \frac{1920}{3600 \cdot 8,5} \approx 0,0627 \text{ м}^2 \quad (4.3)$$

Розрахунковий діаметр повітроводу d_p (м)

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot f_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0627}{3,14}} \approx 0,282 \text{ м} = 282 \text{ мм} \quad (4.4)$$

Найближчий більший стандартний діаметр повітроводу $d = 315$ мм. При цьому фактична швидкість повітря знизиться, що позитивно вплине на зменшення аеродинамічного шуму.

Визначення потужності електродвигуна вентилятора. Для подолання опору вентиляційної мережі (тертя у трубах, повороти, дифузори, решітки) сумарні втрати тиску в системі прийняті за аналогами конструкторських рішень і становлять $H_v = 240$ Па. Потужність на валу електродвигуна вентилятора P_{el} (кВт) розраховується за формулою:

$$P_{el} = \frac{L_v \cdot H_v}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_v \cdot \eta_p} \quad (4.5)$$

де η_v – коефіцієнт корисної дії (ККД) вентилятора (для радіальних вентиляторів середнього тиску $\eta_v = 0,62$);

η_p – ККД пасової або муфтової передачі (приймаємо $\eta_p = 0,95$).

$$P_{el} = \frac{1920 \cdot 240}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,62 \cdot 0,95} = \frac{460800}{2120400} \approx 0,217 \text{ кВт}$$

Враховуючи коефіцієнт запасу потужності при пуску ($k_z = 1,15$ для двигунів потужністю до 0,5 кВт), встановлена потужність двигуна повинна бути

$$P_{vst} = P_{el} \cdot k_z = 0,217 \cdot 1,15 \approx 0,25 \text{ кВт} \quad (4.6)$$

Для забезпечення загальнообмінної витяжної вентиляції дільниці обираємо радіальний вентилятор типу ВР 80-75 № 3,15 з електродвигуном потужністю 0,25 кВт (номінальна частота обертання 1000 об/хв).

Впровадження запроектованої системи загальнообмінної вентиляції з продуктивністю 1920 м³/год гарантує п'ятикратне оновлення повітряного середовища дільниці щогодини. Це забезпечує утримання концентрацій зварювальних димів та масляного туману нижче рівня гранично допустимих концентрацій, що повністю відповідає нормам охорони праці та виключає ризик виникнення професійних захворювань у персоналу, який виконує відновлення деталей КПП.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи було розроблено технологічний процес відновлення деталей КПП ZF 16S2330TD автомобіля DAF CF 65.250. За результатами досліджень сформовано наступні висновки.

Визначено кінематичні особливості 16-ступеневої КПП та встановлено, що основними причинами виходу з ладу її деталей є циклічні контактні напруження та деградація мастила. Основними дефектами є знос шліців валів, зубців шестерень, поверхонь синхронізаторів та посадочних місць підшипників.

Проектуванням технологічного маршруту реновації охоплено повний цикл від дефектації й очищення до наплавлення шліців, фінішної механічної обробки, складання та обкатки агрегату. Обґрунтовано планування ремонтної ділянки та обрано комплект технологічного обладнання.

Розроблено спеціалізований ремонтно-монтажний стенд рамного типу для розбирання-складання КПП. Інженерні розрахунки механічних навантажень підтвердили, що силова рама (швелер № 12) та затискні елементи $\varnothing 16$ мм забезпечують необхідну міцність, жорсткість і точність базування під дією пресових зусиль до 50 кН.

Обґрунтовано заходи безпеки під час роботи зі зварювальним та верстатним обладнанням. Проведено розрахунок загальнообмінної вентиляції ділянки: встановлено необхідну продуктивність системи ($1920 \text{ м}^3/\text{год}$ з кратністю $K_T = 5 \text{ год}^{-1}$) та підібрано радіальний вентилятор ВР 80-75 № 3,15 (0,25 кВт), що гарантує дотримання санітарних норм.

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. Hevko. New Technologies for Enhancing Road Traffic Safety at Pedestrian Crossings and Signalized Intersections / I. Hevko, V. Teslya, M. Spravaska, B. Hevko, Roman Khoroshun // Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences, 2025. Issue 11(42), Part II — Kropyvnytskyi , 2025. — Pp. 268–277. — (Automobile transport).
15. Стручок В.С. Техноекоелогія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.