

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу ремонту КПП Iveco EuroCargo

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

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Павло ПІЛЬХ
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Роман ХОРОШУН
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Зав. кафедри _____ Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«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 Пільху Павлу Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу ремонту КПП Iveco EuroCargo

Керівник роботи Хорошун Роман Васильович доктор філософії
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» січня 2026 року № 4/9-40

2. Термін подання студентом завершеної роботи 11 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту КПП Iveco EuroCargo

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

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

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Стойка трансмісійна – А1;

Знімач для розбирання КПП – А1;

Обладнання для монтажу та демонтажу деталей КПП – А1;

Стенд поворотний для ремонту КПП – А1;

Розрахункова схема стенду поворотного для ремонту КПП – А1;

Стендові випробування КПП – А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 21.січня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	29.01.2026	
2	Технологічний розділ	12.02.2026	
3	Конструкторський розділ	04.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	11.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	11.06.2026	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра		

Студент

_____ (підпис)

Пільх Павло Васильович

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Хорошун Роман Васильович

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: « Розроблення технологічного процесу ремонту КПП Iveco EuroCargo ».

Робота виконана на кафедрі автотранспорту та логістики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра доктор філософії., старший викладач Хорошун Роман Васильович.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 64 сторінки формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова діагностування, несправності КПП, дефектація деталей, розбирання коробки передач, технологічний процес ремонту.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Призначення та будова коробки передач 2865-6.....	9
1.2 Принцип роботи коробки передач.....	10
1.3 Умови роботи та фактори, що впливають на технічний стан КПП.....	11
1.4 Основні несправності коробки передач.....	12
1.5 Діагностування технічного стану коробки передач.....	14
1.6 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра....	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Розроблення ТП ремонту КПП автомобіля.....	17
2.1.1 Зняття та встановлення коробки передач.....	17
2.1.2 Розбирання коробки передач.....	18
2.1.3 Ремонт валів коробки передач.....	21
2.1.4 Привід перемикачів передач.....	23
2.1.5 Складання коробки передач.....	24
2.2 Регулювання механізмів і перевірка правильності складання КПП.....	26
2.3 Обкатування та випробування відремонтованої коробки передач.....	29
2.4 Вибір технологічного обладнання, оснащення та інструменту.....	31
2.5 Розроблення маршрутною карти технологічного процесу ремонту.....	35
2.6 Нормування трудомісткості ремонтних операцій.....	39
2.7 Контроль якості виконання ремонтних робіт.....	42
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	46
3.1 Аналіз ремонтних операцій та обґрунтування конструкції стенда.....	46
3.2 Технічні вимоги до розробленого стенда.....	47
3.3 Будова та принцип роботи стенда.....	48
3.4 Визначення розрахункового навантаження.....	49
3.5 Розрахунок механізму повороту.....	50
3.6 Розрахунок поворотної осі на міцність.....	51
3.7 Розрахунок стопорного пальця.....	52
3.8 Перевірка стійкості стенда.....	53

	6
3.9 Розрахунок зварного з'єднання вертикальної стійки.....	54
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	55
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час ремонту коробки передач.....	55
4.2 Вимоги безпеки під час виконання технологічних операцій та використання ремонтного обладнання.....	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	63
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Автомобілі Iveco EuroCargo широко застосовують для виконання міських, регіональних і міжміських вантажних перевезень. Особливості їх експлуатації передбачають часті розгони, гальмування, перемикання передач, рух зі змінною масою вантажу та роботу в різних дорожніх умовах. Унаслідок цього деталі коробки передач зазнають інтенсивного навантаження, що з часом призводить до зношування зубчастих коліс, підшипників, валів, синхронізаторів, вилок і елементів механізму перемикання.

Характерними ознаками порушення працездатності коробки передач є підвищений шум, вібрація, утруднене ввімкнення окремих передач, самовільне їх вимкнення, перегрівання агрегату та витікання трансмісійної оливи. Причинами таких несправностей можуть бути природне зношування робочих поверхонь, недостатнє або неякісне змащування, порушення осевого положення валів, несправність підшипникових вузлів, пошкодження синхронізаторів і недотримання технологічних вимог під час попереднього ремонту.

Своєчасне виявлення несправностей і якісне відновлення коробки передач дають змогу продовжити ресурс автомобіля, зменшити тривалість його простою та скоротити витрати на придбання нового агрегату. Водночас ремонт КПП є складним технологічним процесом, що потребує дотримання встановленої послідовності операцій, застосування спеціального обладнання, точних вимірювальних засобів і поетапного контролю якості. Особливе значення мають правильна дефектація деталей, регулювання осевих зазорів, контрольоване встановлення підшипників і маточин, а також перевірка коробки передач після складання.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю вдосконалення організації ремонту коробки передач 2865-6 автомобіля Iveco EuroCargo, підвищення точності розбирально-складальних операцій, зниження їх трудомісткості та забезпечення належної якості відновлення агрегату. Розроблення раціонального технологічного процесу дає змогу впорядкувати переміщення коробки передач між робочими постами, обґрунтовано вибрати

обладнання й оснащення, установити методи контролю та сформувавши вимоги до заключного випробування.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу ремонту коробки передач 2865-6 автомобіля Iveco EuroCargo, який забезпечує відновлення її працездатності, необхідну якість виконання операцій, зниження трудомісткості та підвищення безпеки праці.

Об'єктом дослідження є технологічний процес ремонту механічної коробки передач автомобіля Iveco EuroCargo.

Предметом дослідження є методи діагностування, розбирання, дефектації, складання, регулювання та випробування коробки передач 2865-6, а також конструктивні параметри оснащення для виконання ремонтних операцій.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Призначення та будова коробки передач 2865-6

Коробка передач 2865-6 є механічним ступінчастим агрегатом із шістьма передачами переднього ходу та передачею заднього ходу. Її конструкція містить первинний, вторинний і проміжний вали, зубчасті колеса постійного зачеплення, синхронізатори, підшипникові опори, механізм перемикування передач і картерні деталі.

Крутний момент від двигуна через зчеплення передається на первинний вал. Від первинного вала обертання надходить до проміжного вала, на якому розміщені зубчасті колеса відповідних ступенів. Шестерні проміжного та вторинного валів перебувають у постійному зачепленні. Під час вибору передачі ковзна муфта синхронізатора з'єднує відповідне зубчасте колесо з вторинним валом.

Синхронізатори вирівнюють частоти обертання з'єднуваних деталей перед входженням зубчастих вінців у зачеплення. У конструкції застосовано окремі вузли синхронізації першої і другої, третьої і четвертої, п'ятої і шостої передач.

Передача заднього ходу реалізується за допомогою проміжної шестерні, яка змінює напрямок обертання вторинного вала. Шестерня встановлена на окремій осі разом із підшипником, втулками та фіксувальними елементами.

Картер коробки передач сприймає навантаження від валів і підшипників, забезпечує їх взаємне положення та утворює закриту порожнину для трансмісійної оливи. До картера приєднані передня, задня і бічна кришки, механізм вибору передач, напрямна витискного підшипника та елементи кріплення коробки на автомобілі [3, 4].

Механізм перемикування містить важіль керування, тяги, штоки, вилки, фіксатори та блокувальний пристрій. Вилки охоплюють ковзні муфти синхронізаторів і переміщують їх уздовж осі вторинного вала. Блокувальний пристрій запобігає одночасному ввімкненню двох передач.

Функціональне призначення основних складових коробки передач наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні складові КПП 2865-6.

Складова частина	Функціональне призначення	Характерні пошкодження
Первинний вал	Приймання крутного моменту від зчеплення	Зношування шліців, шийок і різьби, радіальне биття
Проміжний вал	Передавання обертання до зубчастих коліс вторинного вала	Зношування зубців, посадкових поверхонь і підшипників
Вторинний вал	Передавання крутного моменту до карданної передачі	Зношування шліців, шийок, різьби та посадкових місць
Зубчасті колеса	Формування необхідних передавальних відношень	Викришування, задири, тріщини, зношування зубців
Синхронізатори	Вирівнювання частот обертання перед ввімкненням передачі	Зношування конусів, кілець, муфт і блокувальних пальців
Підшипники	Підтримування валів і зменшення опору обертанню	Люфт, шум, пошкодження доріжок і сепараторів
Вилки перемикачів	Осьове переміщення ковзних муфт	Зношування робочих поверхонь і деформація
Блокувальний механізм	Недопущення одночасного ввімкнення двох передач	Зношування пальців, фіксаторів і пружин
Картер	Базування деталей, сприйняття навантажень і утримання оливи	Тріщини, деформації, зношування отворів, пошкодження різьби
Ущільнення	Запобігання витіканню трансмісійної оливи	Старіння, втрата еластичності та механічне пошкодження

1.2 Принцип роботи коробки передач

У нейтральному положенні ковзні муфти синхронізаторів не з'єднують зубчасті колеса з вторинним валом. Первинний і проміжний вали можуть обертатися, однак крутний момент до вихідного фланця не передається.

Під час переміщення важеля перемикавання відповідний шток і вилка зміщують ковзну муфту. Спочатку блокувальне кільце синхронізатора контактує з конічною поверхнею зубчастого колеса. За рахунок тертя частоти обертання муфти та шестерні вирівнюються. Після завершення синхронізації зубці муфти входять у зачеплення з вінцем шестерні, унаслідок чого вона з'єднується з вторинним валом [3, 4].

На нижчих передачах забезпечується більше передавальне відношення та підвищений крутний момент на ведучих колесах. Вищі передачі використовують для руху з більшою швидкістю за меншого тягового зусилля.

Під час увімкнення заднього ходу в кінематичний ланцюг вводиться додаткова шестерня. Вона змінює напрямок обертання вторинного вала та забезпечує рух автомобіля назад.

Загальну схему передавання крутного моменту подано на рисунку 1.1.

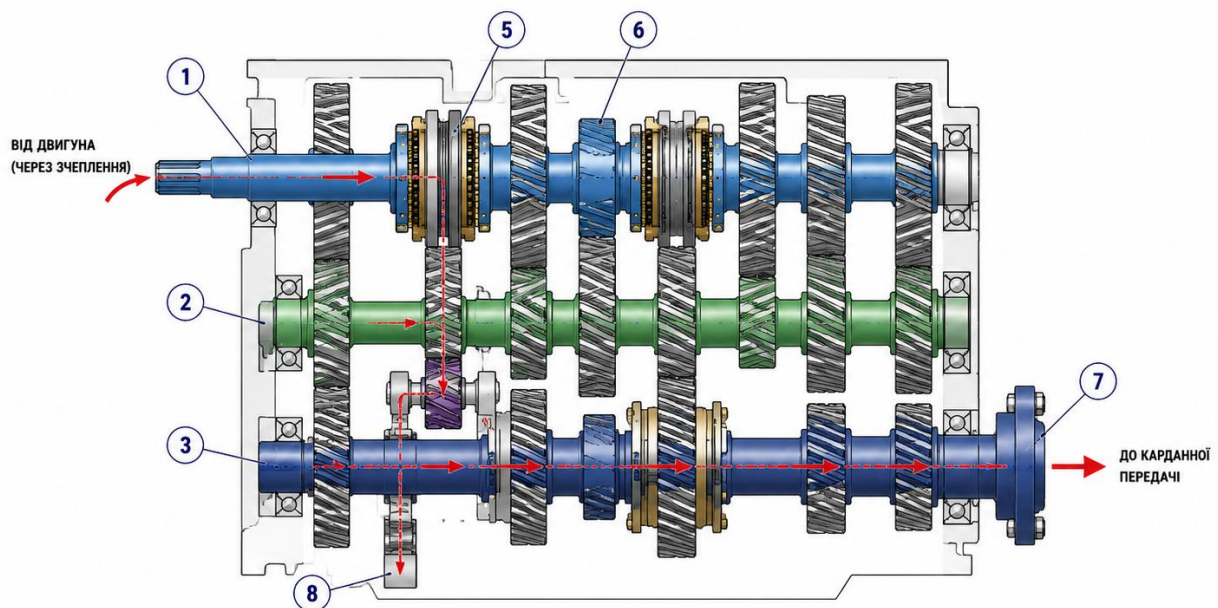


Рисунок 1.1 – Схема передавання крутного моменту через КПП 2865-6:

1 – первинний вал; 2 – проміжний вал; 3 – вторинний вал; 4 – зубчасті колеса постійного зачеплення; 5 – синхронізатор; 6 – ковзна муфта; 7 – вихідний фланець; 8 – проміжна шестерня заднього ходу.

1.3 Умови роботи та фактори, що впливають на технічний стан КПП

Під час експлуатації деталі коробки передач сприймають змінні крутні моменти, радіальні та осьові сили, ударні навантаження й температурні впливи.

Найбільші навантаження виникають під час початку руху, різкого розгону, перемикання передач під навантаженням і руху автомобіля з максимальною масою вантажу.

Зубчасті колеса працюють в умовах контактного та згинального навантаження. На поверхнях зубців виникають високі контактні напруження, які за недостатнього змащування спричиняють задири, викришування та прискорене зношування [5, 10].

Вали зазнають одночасної дії кручення і згинання. Зношування підшипників або порушення регулювання осевого положення валів призводить до зміщення зубчастих коліс, нерівномірного розподілу навантаження та підвищення шуму.

Підшипники працюють за постійного обертання та змінних радіально-осевих навантажень. Недостатня кількість оливи, забруднення мастильного матеріалу або надмірний попередній натяг спричиняють підвищення температури, руйнування доріжок кочення і збільшення люфту.

На технічний стан КПП найбільше впливають: інтенсивність експлуатації автомобіля; маса перевезеного вантажу; частота перемикання передач; стиль керування автомобілем; стан зчеплення та приводу перемикання; рівень і якість трансмісійної оливи; герметичність картера; дотримання строків технічного обслуговування; правильність попереднього ремонту та регулювання.

Особливо небезпечним є зниження рівня оливи. У цьому випадку погіршується відведення тепла, зростає коефіцієнт тертя та прискорюється зношування підшипників, шестерень і синхронізаторів [4, 10].

1.4 Основні несправності коробки передач

Несправності КПП проявляються у вигляді підвищеного шуму, утрудненого перемикання, самовільного вимкнення передач, витікання оливи, перегрівання та вібрації.

Постійний шум у нейтральному положенні переважно пов'язаний зі зношуванням підшипників первинного або проміжного вала. Шум, який виникає

лише на окремій передачі, може свідчити про пошкодження зубців відповідної шестерні або порушення її осевого положення.

Утруднене ввімкнення передач виникає внаслідок зношування блокувальних кілець синхронізаторів, деформації вилок, неправильного регулювання приводу або неповного вимкнення зчеплення.

Самовільне вимкнення передач спричиняють зношування зубчастих вінців, муфт, вилок і фіксаторів, а також надмірне осеве переміщення валів.

Витікання оливи виникає через зношені ущільнення, пошкоджені прокладки, недостатнє затягування болтів, деформацію стикових поверхонь або неправильне нанесення герметика.

Характерні несправності та способи їх виявлення наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні несправності КПП 2865-6.

Зовнішня ознака	Ймовірна причина	Спосіб перевірки
Постійний шум під час роботи	Зношування підшипників, недостатній рівень оливи	Перевірка рівня оливи, прослуховування, контроль люфтів
Шум на окремій передачі	Пошкодження зубців або підшипника шестерні	Випробування на передачах, огляд після розбирання
Утруднене перемикавання	Зношування синхронізаторів, вилок або приводу	Перевірка зчеплення та механізму перемикавання
Хрускіт під час ввімкнення	Недостатня синхронізація частот обертання	Контроль блокувальних кілець і конусів
Самовільне вимкнення передач	Зношування муфти, вінця, вилок або фіксатора	Перевірка повноти ввімкнення і стану деталей
Підвищене нагрівання	Надмірний натяг підшипників або нестача оливи	Контроль температури, рівня оливи й осевих зазорів
Витікання оливи	Пошкодження ущільнень або стиків картера	Зовнішній огляд і перевірка герметичності
Вібрація	Биття валів, зношування підшипників, перекид агрегату	Індикаторний контроль і перевірка кріплення

Не вмикається задній хід	Зношування осі, втулок або шестерні	Перевірка механізму заднього ходу
Одночасне ввімкнення передач	Несправність блокувального пристрою	Перевірка фіксаторів, пальців і пружин

1.5 Діагностування технічного стану коробки передач

Діагностування КПП виконують до демонтажу з автомобіля, під час розбирання та після завершення ремонту. Початкове оцінювання дає змогу визначити характер несправності та обґрунтувати необхідний обсяг ремонтних робіт [7, 8, 10].

Під час зовнішнього огляду перевіряють:

- комплектність коробки передач;
- стан картера та кришок;
- герметичність стикових з'єднань;
- наявність тріщин і механічних пошкоджень;
- стан кріпильних елементів;
- справність приводу перемикавання;
- рівень і стан трансмісійної оливи.

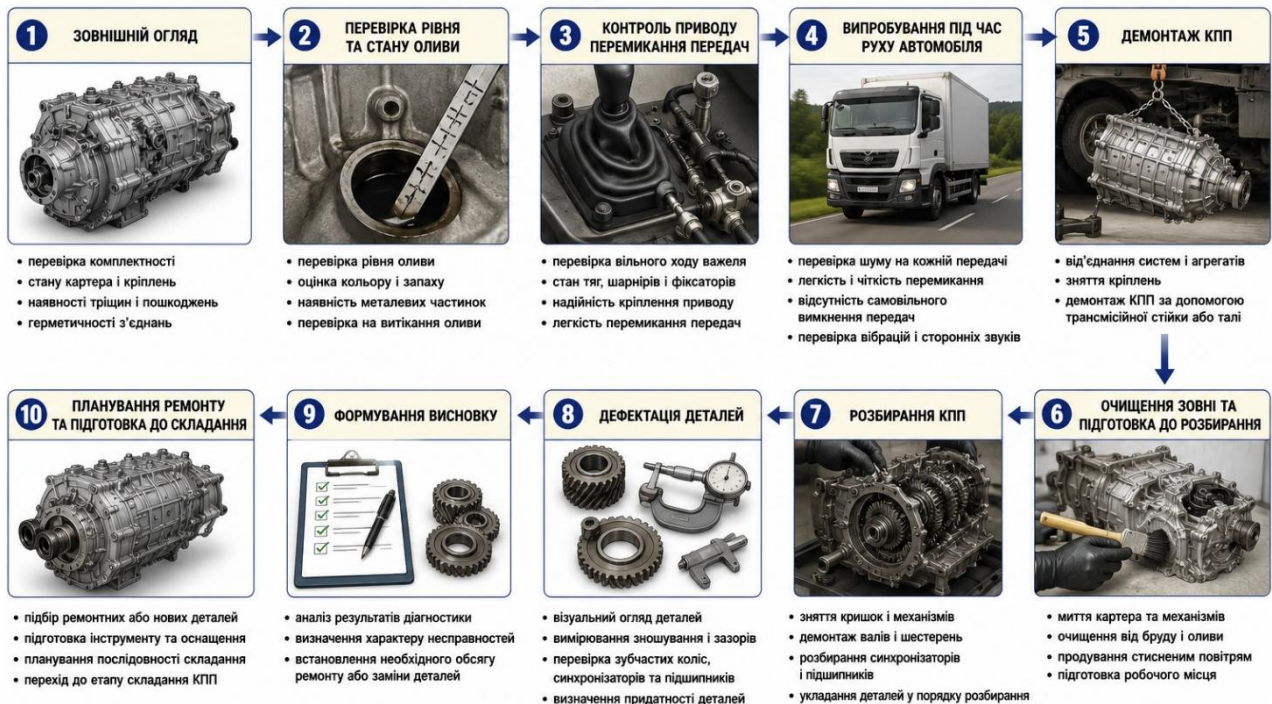


Рисунок 1.2 – Послідовність діагностування технічного стану КПП.

Під час контрольного руху оцінюють шум на кожній передачі, легкість переміщення важеля, повноту ввімкнення та відсутність самовільного вимкнення передач.

Стан трансмісійної оливи є важливим діагностичним показником. Наявність металевих частинок свідчить про інтенсивне зношування зубчастих коліс, підшипників або синхронізаторів. Потемніння і запах перегрівання вказують на підвищену температуру роботи агрегату.

Після розбирання виконують вимірювання шийок валів, посадкових отворів, осьових зазорів і радіального биття [2, 5, 9]. Зубчасті колеса, підшипники, синхронізатори та вилки піддають візуальному й інструментальному контролю.

1.6 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Проведений аналіз конструкції та умов експлуатації коробки передач 2865-6 автомобіля Iveco EuroCargo показав, що її технічний стан значною мірою визначається справністю валів, зубчастих коліс, підшипникових опор, синхронізаторів і механізму перемикачів передач. Тривала робота агрегату під дією змінних крутних моментів, осьових і радіальних навантажень спричиняє зношування робочих поверхонь, збільшення зазорів, погіршення роботи синхронізаторів, появу шуму, вібрації та порушення чіткості ввімкнення передач. Додатковими причинами несправностей є недостатній рівень трансмісійної оливи, забруднення внутрішньої порожнини картера, пошкодження ущільнень і недотримання вимог під час попереднього складання агрегату.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Проаналізувати конструкцію, принцип роботи та умови експлуатації коробки передач 2865-6.
2. Визначити характерні несправності агрегату, причини їх виникнення та способи діагностування.

3. Розробити технологічну послідовність зняття, розбирання, очищення, дефектації, складання та встановлення коробки передач.
4. Обґрунтувати порядок ремонту первинного, вторинного і проміжного валів, синхронізаторів та механізму перемикання передач.
5. Визначити методику регулювання осьового положення валів і перевірки правильності складання КПП.
6. Вибрати технологічне обладнання, спеціальне оснащення, вимірювальні засоби та слюсарний інструмент.
7. Розробити маршрутну карту технологічного процесу та встановити трудомісткість ремонтних операцій.
8. Сформувати систему поопераційного і заключного контролю якості ремонту.
9. Визначити порядок обкатування та стендового випробування відремонтованої коробки передач.
10. Розробити конструкцію поворотного стенда для закріплення, розбирання та складання КПП 2865-6.
11. Виконати розрахунок навантажень, механізму повороту, поворотної осі, стопорного пальця, стійкості та зварних з'єднань стенда.
12. Передбачити заходи, спрямовані на безпечне виконання ремонтних і складальних операцій.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення ТП ремонту КПП автомобіля

2.1.1 Зняття та встановлення коробки передач

Автомобіль установлюють над оглядовою канавою або на підйомачі. Від'єднують клеми акумуляторної батареї, демонтують випускную трубу та карданний вал.

Після цього від'єднують тягу механізму перемикання передач, робочий циліндр приводу зчеплення і стартер. Знімають нижній пилосахисний щиток.

Роз'єднують електричний роз'єм датчика швидкості та інші електричні з'єднання, після чого від'єднують трубопроводи.

Під коробкою передач установлюють домкрат відповідної вантажопідйомності. Відкручують болти кріплення опор і демонтують коробку передач у складеному стані.

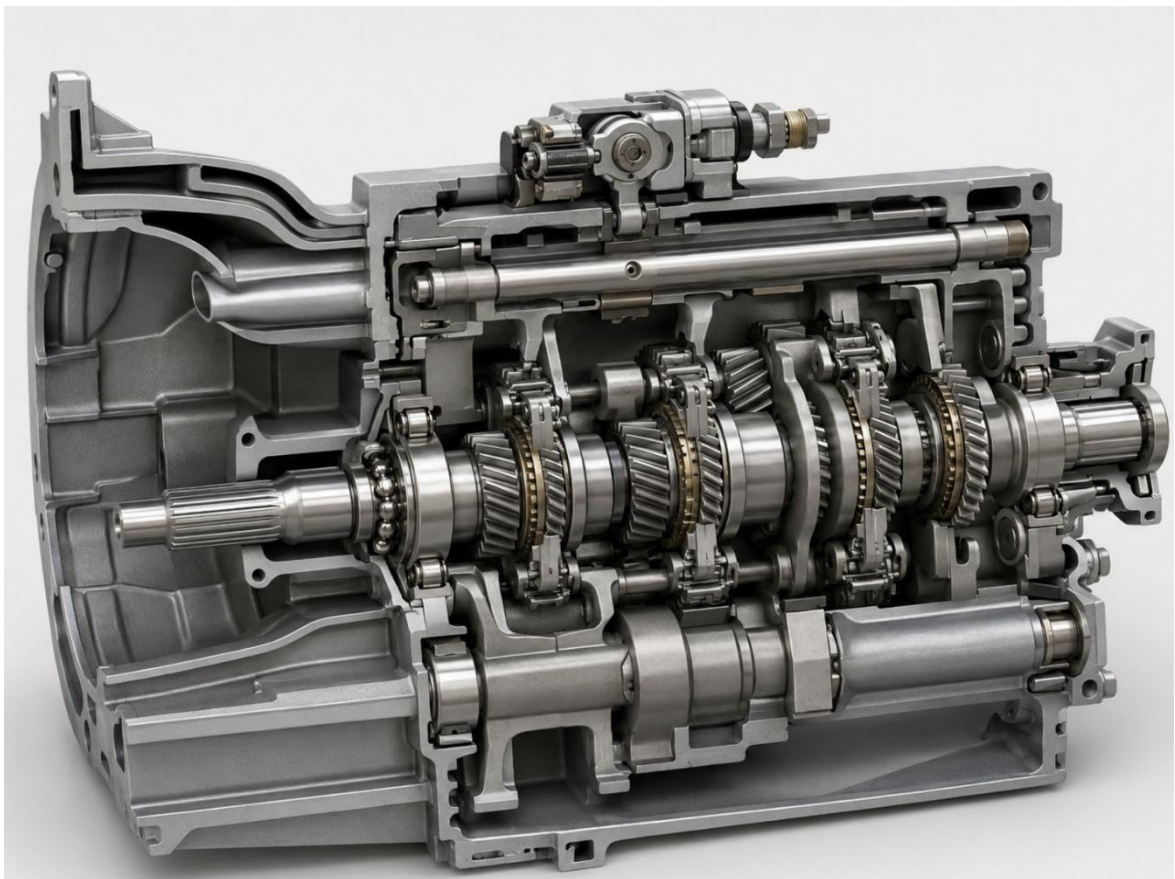


Рисунок 2.1 – Коробка передач 2865-6 (Т 1206) у поздовжньому розрізі.

Знімають зубчасте колесо приводу датчика швидкості. Коробку передач перевертають задньою частиною догори та демонтують бічну кришку.

За допомогою стрижня відповідного діаметра запресовують до упору розвідний шплінт. Після цього виймають вісь шестерні заднього ходу разом із кільцями та циліндричним роликовим підшипником.

На завершальному етапі знімають пристрій блокування механізму перемикавання передач.

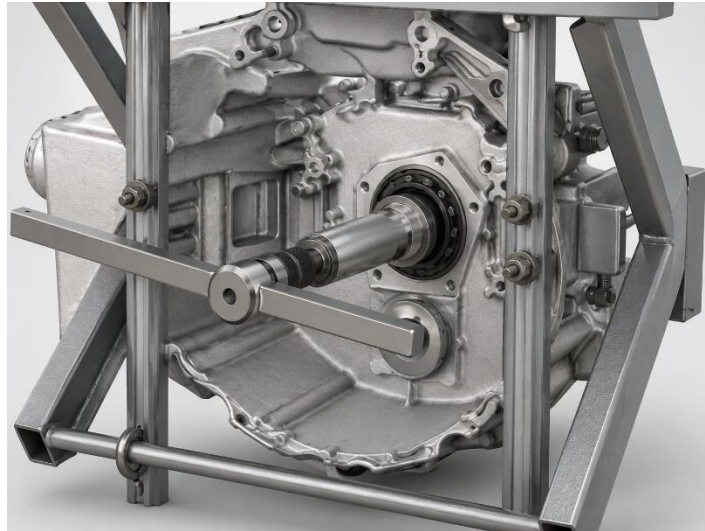


Рисунок 2.3 – Відкручування корончатої гайки з кінцевої частини первинного вала.



Рисунок 2.4 – Запресовування розвідного шплінта до упору стрижнем відповідного діаметра.

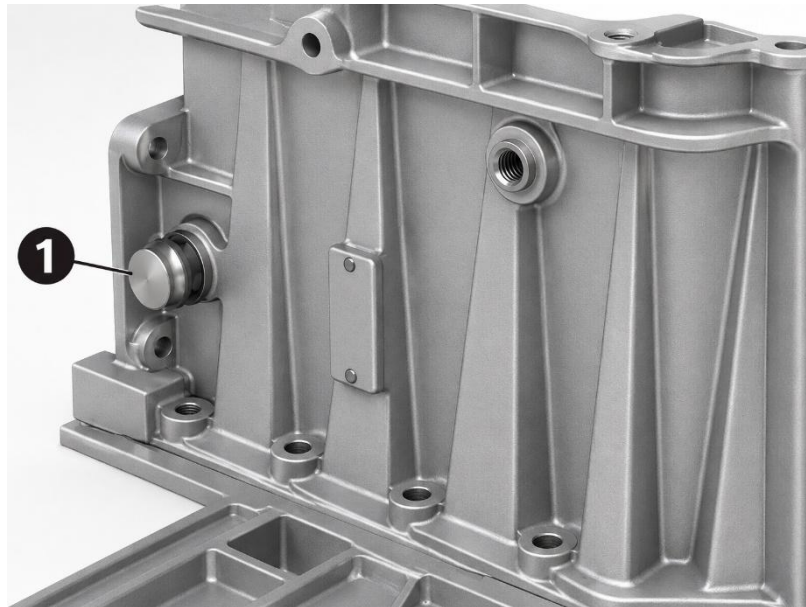


Рисунок 2.5 – Розташування обмежувача пристрою блокування перемикання передач (позиція 1).

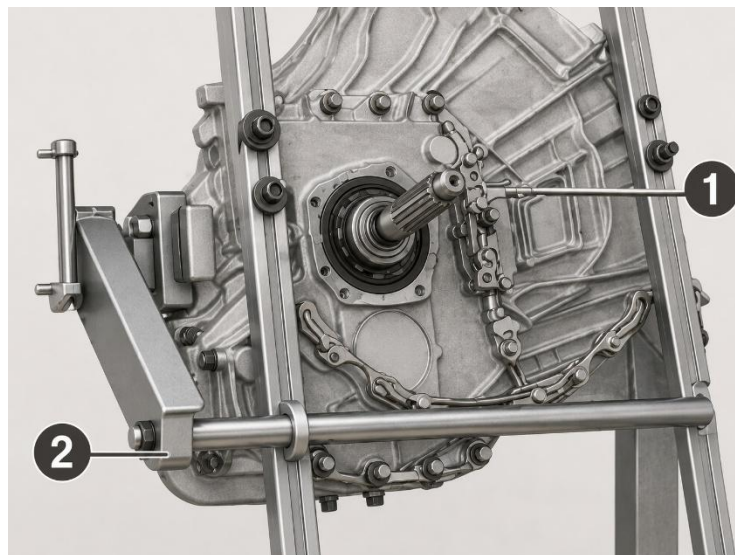


Рисунок 2.6 – Демонтаж болтів 1 і 2 із передньої стінки картера.

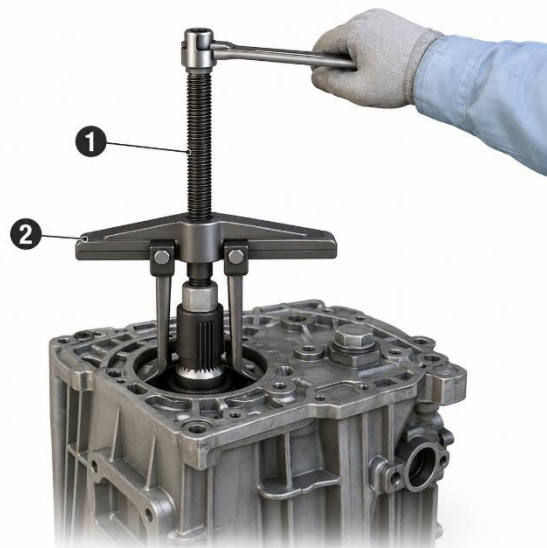


Рисунок 2.7 – Застосування спеціального пристосування для демонтажу кришки

2.1.3 Ремонт валів коробки передач

Первинний вал. Розбирання. Відкручують корончату гайку. За допомогою преса демонтують кульковий підшипник разом із внутрішнім кільцем. Друге кільце підшипника вибивають стрижнем відповідного діаметра.

Складання. Внутрішнє кільце підшипника злегка нагрівають і встановлюють у посадкове місце. Після монтажу підшипника нагрівають друге кільце та встановлюють його на вал. Гайку попередньо затягують.

Вторинний вал. Розбирання. Вал у складеному стані надійно закріплюють у лещатах. Демонтують зубчасту каретку синхронізатора, кільце синхронізатора шостої передачі та ковзну муфту п'ятої і шостої передач. Пружини й блокувальні пальці знімають та зберігають для подальшого складання.

Знімають пружинне стопорне кільце. Із вала послідовно демонтують нерухому маточину п'ятої та шостої передач і блокувальне кільце синхронізатора п'ятої передачі.

Шестерню п'ятої передачі знімають разом із голчастим підшипником, після чого демонтують стопорне кільце. Далі знімають шестерню четвертої передачі з підшипником і втулкою, а також блокувальне кільце синхронізатора.

Демонтують ковзну муфту синхронізатора третьої та четвертої передач. Пружини й блокувальні пальці вилучають і зберігають.

Знімають нерухому маточину третьої та четвертої передач, блокувальне кільце синхронізатора третьої передачі та зубчасту каретку. Після цього демонтують шестерню третьої передачі разом із підшипником.

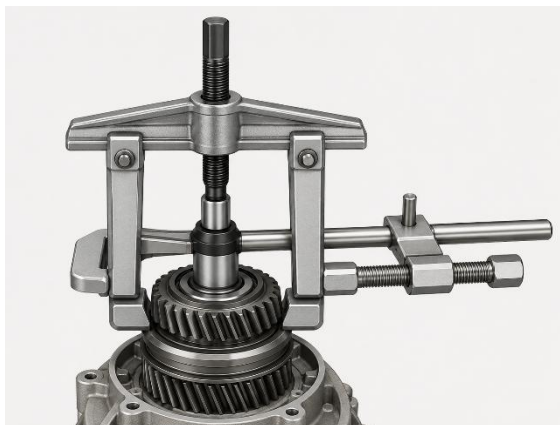


Рисунок 2.8 – Застосування спеціального пристосування для демонтажу шестерні четвертої передачі.

Вал повертають у лещатах. Знімають шестерню заднього ходу з підшипником, втулку з буртиком і внутрішнє кільце кулькового підшипника.

На завершальному етапі демонтують шестерню першої передачі, підшипник і нерухому маточину.

З вторинного вала знімають муфту, блокувальне кільце синхронізатора та ковзну муфту першої і другої передач. Пружини й блокувальні пальці виймають та зберігають для подальшого складання.

Після цього демонтують шестерню другої передачі, підшипник, муфту, блокувальне кільце синхронізатора та муфту ввімкнення першої і другої передач.

Складання вторинного вала. На вторинний вал установлюють шестерню другої передачі, муфту та блокувальне кільце синхронізатора.

Маточину ввімкнення першої і другої передач нагрівають до температури не вище 130 °С та монтують так, щоб фаски внутрішніх зубців були спрямовані в бік, протилежний шестерні другої передачі.

Установлюють пружне кільце, товщина якого забезпечує осьовий зазор маточини не більше 0,03 мм.

У канавки маточини монтують муфту першої і другої передач, пружини та стопорні елементи. Після цього встановлюють блокувальне кільце синхронізатора і зубчасту каретку першої передачі.

Монтують голчастий підшипник і шестерню першої передачі.

Муфту шестерні заднього ходу нагрівають до температури не вище 130 °С, установлюють на вал і фіксують пружинним стопорним кільцем.

Далі монтують голчастий підшипник, шестерню заднього ходу та втулку з буртиком. Обойму кулькового підшипника злегка нагрівають і встановлюють у посадкове місце.

Вал перевертають у лещатах. Установлюють голчастий підшипник і шестерню третьої передачі, муфту та блокувальне кільце синхронізатора.

Маточину нагрівають до температури не вище 130 °С і монтують на вал. На нерухому маточину встановлюють ковзну муфту третьої і четвертої передач, пружини та блокувальні пальці.

Після цього монтують блокувальне кільце синхронізатора, муфту шестерні четвертої передачі, голчастий підшипник і шестерню четвертої передачі.

Дистанційну деталь нагрівають до температури не вище 130 °С, установлюють на вал і закріплюють пружинним стопорним кільцем.

Монтують голчастий підшипник, шестерню п'ятої передачі, муфту та синхронізатор п'ятої передачі.

Маточину п'ятої і шостої передач нагрівають до температури не вище 130 °С та встановлюють так, щоб фаски зубців були спрямовані до шестерні п'ятої передачі.

Маточину фіксують пружинним стопорним кільцем, товщина якого забезпечує осьовий зазор не більше 0,03 мм.

На завершальному етапі встановлюють ковзну муфту п'ятої і шостої передач, блокувальне кільце синхронізатора та зубчасту каретку шестерні шостої передачі.

Проміжний вал. Розбирання та складання. Знімають пружинне стопорне кільце та розпресовують конічні підшипники. Шестерню демонтують за допомогою преса.

Перед установленням підшипники злегка нагрівають [2, 5, 9].

2.1.4 Привід перемикання передач

Демонтаж і встановлення вилок виконують без застосування складних технологічних прийомів. Перед розбиранням на вилках і осях наносять мітки їхнього взаємного розташування.



Рисунок 2.9 – Розріз вилок приводу перемикання передач.

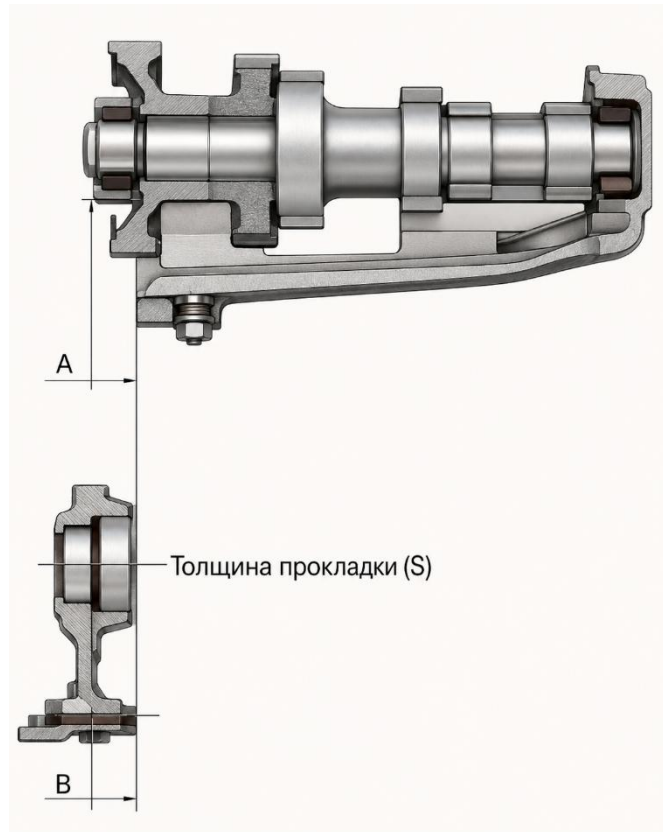


Рисунок 2.10 – Схема вимірювання розмірів А і В для визначення товщини регулювального кільця проміжного вала.

2.1.5 Складання коробки передач

Під час складання елементів картера КПП необхідно:

різьбу всіх болтів кріплення картерів покрити герметиком типу «В»;

на стикові площини картерів і кришок, а також на одну з контактних поверхонь нанести герметизувальний склад Loctite 510;

трансмісійну оливу заливати не раніше ніж через 20 хв після завершення складання, а випробування коробки передач проводити щонайменше через 1 год 30 хв;

перед монтажем підшипники змастити трансмісійною оливою.

У напрямку витиску підшипника встановлюють ущільнювальну прокладку, після чого напрямку закріплюють на картері.

Монтують дистанційний елемент і зовнішнє кільце кінцевого підшипника.

Посадкову поверхню картера злегка нагрівають та встановлюють кульковий підшипник.



Рисунок 3.11 – Установлення регулювального кільця 1 проміжного вала

Вимірюють розміри А і В. Товщину прокладки визначають за залежністю $S = B - A$. Розраховане значення округлюють у більший бік. Наприклад, за результату 3,26 мм використовують прокладку завтовшки 3,3 мм. Прокладки з комплекту запасних частин мають крок товщини 0,05 мм.

Регульовальне кільце необхідної товщини встановлюють у гніздо переднього підшипника вторинного вала, розташоване в передній кришці.

Посадкове місце зовнішнього кільця підшипника проміжного вала злегка нагрівають, після чого монтують кільце.

На первинний вал встановлюють кульковий підшипник і стопорне кільце. Зібраний вузол вставляють у картер до упору.

Вихідний фланець тимчасово встановлюють на вторинний вал. Обидва вали разом із вилками з'єднують тросом, який закріплюють на вантажопідіймальному пристрої.

У первинний вал монтують роликовий підшипник, після чого зібраний вузол встановлюють у передню кришку.

Тимчасово встановлені гайки знімають, картер розміщують на передній кришці та надійно закріплюють.

Установлюють обмежувач блокувального пристрою механізму перемикач передач.

У посадковий отвір монтують втулки з буртиками, а потім встановлюють шестерню заднього ходу разом із циліндричним роликовим підшипником.



Рисунок 2.12 – З'єднання валів перед їх установленням у картер.

Монтують вісь шестерні заднього ходу та фіксують її розвідним шплінтом.

Установлюють бічну кришку.

Внутрішнє кільце заднього кулькового підшипника злегка нагрівають і напресовують на вторинний вал.

Монтують зубчасте кільце датчика тахографа.

Установлюють задню кришку вторинного вала, а потім вихідний фланець. Його положення фіксують, після чого гайку затягують установленим моментом.

Вихідний фланець блокують від провертання та вмикають будь-яку передачу. Передню гайку первинного вала затягують заданим моментом [2, 4, 5].

Складання завершують установленням решти деталей.

2.2 Регулювання механізмів і перевірка правильності складання КПП

Регулювання коробки передач виконують після завершення монтажу валів, підшипників, синхронізаторів і механізму перемикання передач. Метою цієї операції є забезпечення необхідного положення деталей, допустимих осьових зазорів, вільного обертання валів і надійного ввімкнення кожної передачі.

Перед початком контролю перевіряють правильність установаження первинного, вторинного та проміжного валів, стопорних кілець, підшипників і дистанційних елементів. Усі деталі повинні розміщуватися в передбачених конструкцією посадкових місцях, а різьбові з'єднання – бути затягнутими відповідно до встановлених моментів.

Осьове положення проміжного вала регулюють підбиранням кільця необхідної товщини. Для цього визначають розміри A і B за схемою, наведеною на рисунку 2.10. Товщину регулювального кільця розраховують за залежністю:

$$S = B - A,$$

де S – товщина регулювального кільця, мм;

A і B – контрольні розміри, мм.

Одержане значення округлюють у більший бік до найближчого стандартного розміру. Після встановлення регулювального кільця перевіряють осьове переміщення вала. Надмірний зазор спричиняє зміщення зубчастих коліс і нестійку роботу передач, а недостатній – підвищене навантаження та нагрівання підшипників.

Осьовий зазор маточин синхронізаторів перевіряють після встановлення пружинних стопорних кілець. Товщину кільця підбирають так, щоб зазор не перевищував 0,03 мм. Маточини та ковзні муфти повинні переміщуватися без заклинювання, перекосів і надмірного люфту.

Правильність складання механізму перемикання перевіряють послідовним увімкненням усіх передач. У нейтральному положенні вали повинні вільно обертатися, а муфти синхронізаторів – розташовуватися між відповідними зубчастими вінцями. Під час переміщення важеля вилки мають забезпечувати повне введення муфт у зачеплення.

Особливу увагу приділяють положенню обмежувача блокувального пристрою, показаного на рисунку 2.5. Блокувальний механізм повинен унеможливити одночасне увімкнення двох передач і забезпечувати надійну фіксацію вибраного положення [3, 4].

Роботу синхронізаторів контролюють повільним обертанням первинного вала з одночасним почерговим увімкненням передач. Муфти повинні переміщуватися плавно, а блокувальні кільця – вирівнювати частоту обертання

деталей до входження зубців у зачеплення. Заїдання, неповне ввімкнення або самовільне вимкнення передач не допускаються.

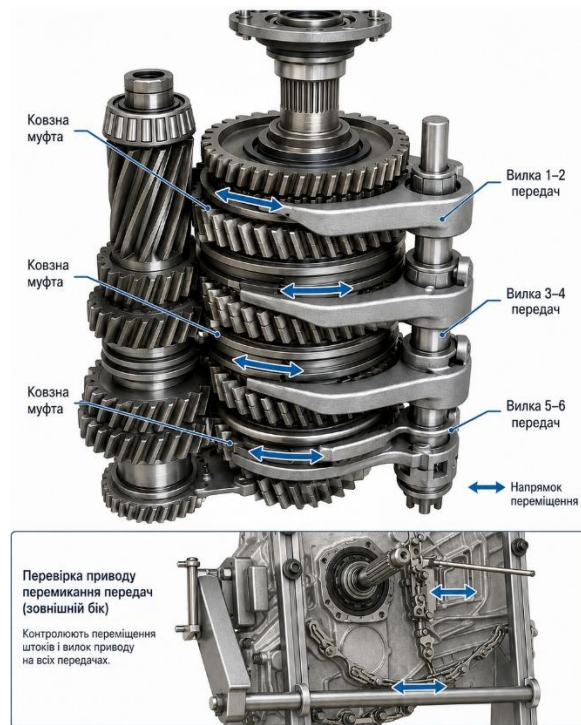


Рисунок 2.13 – Перевірка переміщення муфт і вилок механізму перемикачів передач.

МЕТА КОНТРОЛЮ

Переконатися у вільному обертанні валів, відсутності заїдань і сторонніх шумів та у правильності ввімкнення всіх передач.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ

- 1 Встановити коробку передач у нейтральне положення.
- 2 Рукую повільно обернути первинний вал за вхідний кінець.
- 3 Спостерігати за обертанням проміжного та вторинного валів.
- 4 Послідовно вмикати кожну передачу та перевіряти легкість перемикачів.
- 5 Перевірити ввімкнення передачі заднього ходу.
- 6 Переконатися у відсутності заклинювань, ударів і сторонніх шумів.

ОЗНАКИ ПРАВИЛЬНОЇ РОБОТИ

- ✓ Вали обертаються легко, без заїдань і нерівномірного опору.
- ✓ Передачі вмикаються чітко, без надмірного зусилля.
- ✓ Після ввімкнення передача не вимикається самовільно.
- ✓ Сторонні шуми, вібрації та удари відсутні.
- ✓ Передача заднього ходу вмикається без заїдань.

МОЖЛИВІ НЕСПРАВНОСТІ

- Заклинювання або важке перемикачів – неправильне встановлення муфт, вилок, підшипників, регулювальних кілець.
- Шум, удари при обертанні – зношування підшипників, шестерень, недостатній зазор.
- Самовільне вимкнення передачі – зношування муфт синхронізаторів, ослаблення фіксаторів.
- Підвищений нагрів – надмірний натяг підшипників або неправильне зачеплення.

ДОДАТКОВА ПЕРЕВІРКА

	Слухати роботу КПП – сторонні шуми не допускаються.		Перевірити нагрівання корпусу в зоні підшипників.		Оглянути стикучі поверхні на відсутність підтікання оливи.		Зафіксувати результати контролю у відомості.
--	---	--	---	--	--	--	--

Рисунок 2.14 – Контроль вільного обертання валів і правильності ввімкнення передач.

Окремо перевіряють механізм заднього ходу. Шестерня повинна вільно переміщуватися на осі, а розвідний шплінт – надійно фіксувати її положення. Під час увімкнення заднього ходу зубчасті колеса мають входити в повне зачеплення без перекосу.

Після регулювання валів і механізму перемикачів вручну прокручують первинний та вихідний вали. Обертання повинно бути рівномірним, без заклинювання, ударів і стороннього шуму. Наявність різкого опору свідчить про неправильне встановлення підшипників, надмірний натяг або помилковий підбір регулювальних кілець.

Після завершення механічної перевірки коробку передач заповнюють трансмісійною оливою. Оливу заливають не раніше ніж через 20 хв після нанесення герметизувального складу. Випробування КПП проводять щонайменше через 1 год 30 хв після завершення складання.

Під час стендового випробування послідовно вмикають усі передачі та контролюють рівномірність обертання вихідного вала, відсутність підвищеного шуму, вібрацій і нагрівання. Додатково перевіряють герметичність стиків картерів, кришок, ущільнень і різьбових пробок.

Коробку передач вважають правильно складеною та відрегульованою, якщо всі передачі вмикаються чітко, вали обертаються без заїдань, самовільне вимкнення передач відсутнє, а з'єднання картера не мають слідів витікання трансмісійної оливи.

2.3 Обкатування та випробування відремонтованої коробки передач

Після завершення складання і регулювання коробки передач піддають обкатуванню та контрольному випробуванню [2, 4, 11]. Метою цих операцій є перевірка правильності взаємодії зубчастих коліс, підшипників, синхронізаторів і механізму перемикачів передач, а також виявлення можливих дефектів складання.

Перед установленням КПП на випробувальний стенд контролюють рівень трансмісійної оливи, затягування різьбових з'єднань, герметичність стиків картерів і правильність кріплення вихідного фланця. Первинний вал вручну

прокручують на декілька обертів. Обертання повинно бути рівномірним, без заклинювання та різкого збільшення опору.

Коробку передач закріплюють на стенді, первинний вал з'єднують із приводним електродвигуном, а вихідний вал – із навантажувальним пристроєм. Положення КПП має унеможливити її зміщення та появу додаткових навантажень на вали.

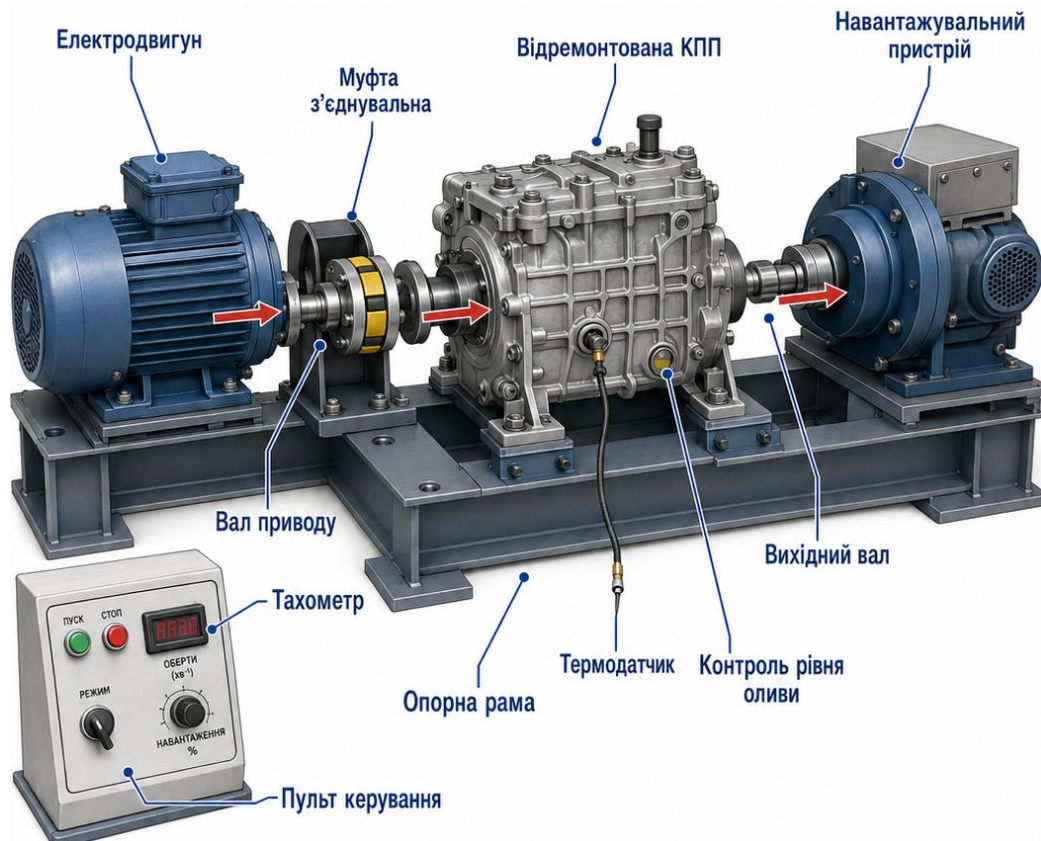


Рисунок 2.15 – Схема стендового випробування відремонтованої коробки передач.

Обкатування розпочинають без навантаження. Послідовно вмикають усі передачі, починаючи з першої, та контролюють плавність обертання валів. Кожну передачу вмикають після повної зупинки або зниження частоти обертання первинного вала. Окремо перевіряють роботу передачі заднього ходу.

Під час обкатування оцінюють чіткість перемикавання, надійність фіксації муфт і відсутність самовільного вимкнення передач. Поява ударів, заїдань, нерівномірного шуму або підвищеної вібрації свідчить про неправильне встановлення валів, підшипників чи елементів синхронізаторів.

Після випробування без навантаження коробку перевіряють під навантаженням. Його збільшують поступово, контролюючи роботу зубчастих

зачеплень і підшипникових вузлів. На кожній передачі перевіряють рівномірність передавання крутного моменту та стійкість роботи механізму перемикання.

У процесі випробування контролюють температуру картера в зонах розташування підшипників, рівень шуму та наявність витікання оливи. Місцеве перегрівання може бути наслідком надмірного натягу підшипника, недостатнього осьового зазору або неправильного встановлення регулювального кільця.

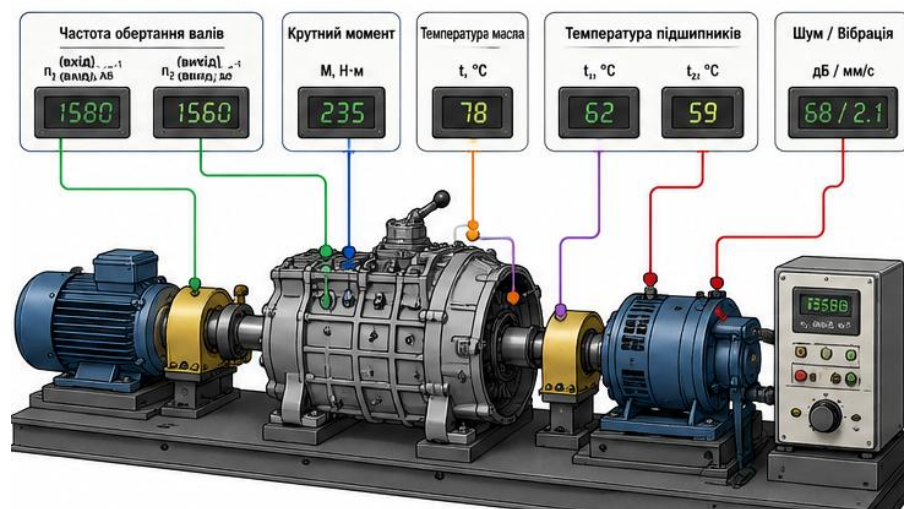


Рисунок 2.16 – Контроль роботи КПП під час обкатування на стенді.

Після зупинки стенда повторно оглядають стики картерів, кришки, ущільнення валів і різьбові пробки. Просочування трансмісійної оливи через ущільнювальні поверхні не допускається.

Відремонтвану коробку передач вважають придатною до встановлення на автомобіль, якщо всі передачі вмикаються без надмірного зусилля, вали обертаються рівномірно, сторонні шуми й вібрації відсутні, температура вузлів не має ознак різкого підвищення, а картер і ущільнення зберігають герметичність [2, 4, 11].

2.4 Вибір технологічного обладнання, оснащення та інструменту

Для виконання технологічного процесу ремонту коробки передач Iveco EuroCargo обладнання вибирають з урахуванням маси агрегату, конструктивних

особливостей КПП 2865-6, необхідності безпечного демонтажу напресованих деталей і забезпечення точності складальних операцій.

Зняття та встановлення коробки передач виконують за допомогою гідравлічної трансмісійної стійки Bahco BH5DP1000QA вантажопідйомністю 1000 кг. Наявність широкої опорної основи, поворотних коліс і педального керування забезпечує стійке утримання агрегату та дає змогу працівникові виконувати допоміжні операції обома руками.

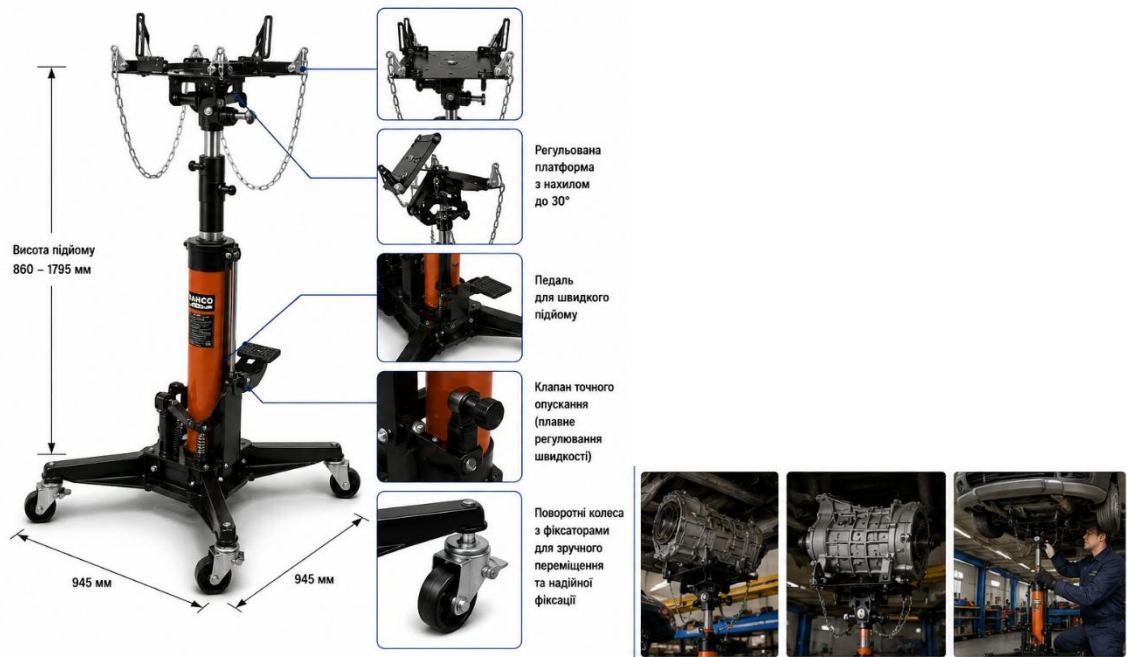


Рисунок 2.17 – Гідравлічна трансмісійна стійка Bahco BH5DP1000QA.

Після демонтажу КПП установлюють на поворотний складально-розбиральний стенд [7, 13]. Його опорна плита повинна відповідати розташуванню кріпильних отворів картера, а фіксувальний механізм – забезпечувати закріплення коробки в горизонтальному та вертикальному положеннях. Застосування стенда полегшує доступ до передньої, задньої та бічної частин картера.

Для очищення картерів, валів, шестерень та інших деталей застосовують мийну установку закритого типу PERZI VIPER 1200. Оброблення деталей нагрітим мийним розчином під тиском забезпечує видалення залишків трансмісійної оливи, продуктів зношування та ущільнювальних матеріалів.

Розпресовування підшипників, маточин, шестерень і втулок виконують на гідравлічному пресі Enerpac XLP вантажопідйомністю 50 т. Робочий стіл преса

оснащують опорними плитами, призмами й оправками, які передають зусилля безпосередньо на демонтовану деталь і запобігають деформуванню валів.

Для демонтажу деталей, які неможливо зняти на пресі, використовують комплект дво- та трилапих знімачів GEDORE, а також внутрішні знімачі для підшипників, втулок і кілець. Розміри захватів підбирають відповідно до діаметра та положення демонтованого елемента.

Підшипники, маточини й дистанційні кільця перед монтажем нагрівають індукційним нагрівачем Schaeffler HEATER100-SMART. Температуру нагрівання встановлюють відповідно до технологічних вимог, але не вище 130 °С. Контрольований нагрів забезпечує рівномірне розширення деталей і дає змогу виконувати складання без ударного навантаження.



Рисунок 2.18 – Обладнання для демонтажу та монтажу деталей валів: а – гідравлічний прес; б – індукційний нагрівач.

Контроль геометричних параметрів деталей здійснюють штангенциркулем, мікрометрами, нутроміром і набором плоских щупів. Осьові переміщення валів і маточин визначають індикатором годинникового типу FACOM 812A, установленим на магнітній основі. Для вимірювання розмірів А і В, за якими підбирають товщину регульовального кільця, застосовують глибиномір.

Різьбові з'єднання затягують динамометричними ключами STAHLWILLE MANOSKOP 730N. Використання ключів із різними робочими діапазонами забезпечує контрольоване затягування болтів картерів, кришок, опор і гайок валів.

Допоміжний інструмент включає набори торцевих головок і комбінованих ключів, викрутки, пасатижі для стопорних кілець, монтажні лопатки, мідні та полімерні молотки, вибивачі, борідки й оправки. Для переміщення валів у складеному стані використовують ручний таль вантажопідйомністю 1 т, текстильні стропи та захвати, які не пошкоджують робочі поверхні деталей.

Основне обладнання, передбачене технологічним процесом, наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Обладнання, оснащення та інструмент для ремонту КПП.

Технологічна операція	Обладнання або інструмент	Призначення
Зняття і встановлення КПП	Bahco BH5DP1000QA	Підтримування, опускання та переміщення коробки передач
Розбирання і складання	Поворотний стенд для КПП	Закріплення та повертання агрегату
Очищення деталей	PERZI VIPER 1200	Видалення оливи та продуктів зношування
Розпресовування деталей	Енерпас XLP, 50 т	Демонтаж підшипників, шестерень і маточин
Демонтаж напресованих елементів	Комплект знімачів GEDORE	Зняття підшипників, кілець і втулок
Теплове складання	Schaeffler HEATER 100-SMART	Контрольоване нагрівання деталей
Вимірювальний контроль	FACOM 812A, мікрометри, нутромір	Перевірка зазорів, діаметрів і переміщень
Затягування з'єднань	STAHLWILLE MANOSKOP 730N	Дотримання заданих моментів затягування
Підймання валів	Ручний таль і текстильні стропи	Безпечне встановлення валів у картер

Вибране обладнання забезпечує механізацію трудомістких операцій, зменшує ймовірність пошкодження деталей і створює необхідні умови для точного складання відремонтованої коробки передач [2, 7, 13].

2.5 Розроблення маршрутної карти технологічного процесу ремонту

Маршрутну карту ремонту КПП автомобіля Iveco EuroCargo розроблено відповідно до послідовності переміщення агрегату між робочими постами та спеціалізованими дільницями. У карті відображено основні операції від попереднього діагностування і зняття коробки передач до її складання, випробування та встановлення на автомобіль.

Послідовність операцій сформовано з урахуванням необхідності повного очищення деталей перед дефектацією, роздільного контролю валів і механізму перемикавання, а також недопущення повторного забруднення складальних одиниць. Розбиральні та складальні роботи виконують на спеціалізованому стенді, а демонтаж і монтаж деталей із натягом – із застосуванням преса, знімачів та індукційного нагрівача [2, 5, 8].

Таблиця 2.2 – Маршрутна карта технологічного процесу ремонту КПП Iveco EuroCargo.

Номер опер.	Назва операції	Зміст виконуваних робіт	Обладнання, оснащення та інструмент
005	Контрольно-діагностична	Перевірити комплектність КПП, оцінити зовнішній стан картера, визначити наявність підтікання оливи, шуму, люфтів і порушень перемикавання передач	Оглядова канава або підіймач, переносний світильник, діагностичний інструмент

010	Підготовча	Від'єднати акумуляторну батарею, карданний вал, випускну трубу, тягу перемикачів передач, трубопроводи, електричні роз'єми, стартер і робочий циліндр зчеплення	Комплект слюсарного інструменту, ємність для технічних рідин
015	Демонтажна	Підтримати агрегат трансмісійною стійкою, відкрутити кріплення опор і зняти коробку передач з автомобіля	Гідравлічна трансмісійна стійка Bahco BH5DP1000QA
020	Очисна	Виконати зовнішнє очищення КПП від бруду, оливи та дорожніх відкладень	Мийна установка закритого типу PERZI VIPER 1200
025	Зливна	Установити КПП на стенд, відкрутити зливну пробку та повністю злити трансмісійну оливу	Поворотний стенд, ємність для відпрацьованої оливи
030	Розбиральна	Демонтувати механізм вибору передач, малий картер первинного вала, вихідний фланець, задній картер і бічну кришку	Поворотний стенд, торцеві ключі, спеціальні знімачі
035	Розбиральна	Зняти шестерню заднього ходу, блокувальний пристрій, первинний, вторинний і проміжний вали разом із вилками	Ручний таль, текстильні стропа, вибивачі, монтажні оправки
040	Розбиральна	Розібрати первинний, вторинний і проміжний вали; демонтувати підшипники, шестерні, синхронізатори, маточини, втулки та стопорні кільця	Гідравлічний прес Enerpac XLP, знімачі GEDORE, лещата

045	Мийна	Очистити картери, вали, зубчасті колеса, підшипники, муфти, вилки та інші деталі від залишків оливи й продуктів зношування	PERZI VIPER 1200, щітки, стиснене повітря
050	Дефектувальна	Перевірити картери на наявність тріщин, пошкоджень різьби, деформацій і зношування посадкових отворів	Контрольна плита, нутромір, штангенциркуль, різьбові калібри
055	Дефектувальна	Перевірити вали, шестерні, синхронізатори, маточини, муфти, підшипники та вилки; визначити радіальні й осьові зазори	Мікрометри, індикатор FACOM 812A, набір щупів, призми
060	Комплектувальна	Розподілити деталі на придатні, такі, що підлягають відновленню, та непридатні; підібрати нові підшипники, ущільнення, стопорні й регулювальні кільця	Комплектувальний стіл, стелаж, технічна документація
065	Відновлювальна	Відновити придатні до ремонту різьбові отвори та посадкові поверхні; замінити деталі з недопустимим зношуванням	Різьбонарізний інструмент, прес, ремонтні втулки
070	Складавальна	Скласти первинний вал із підшипниками та стопорними елементами	Прес, монтажні оправки, індукційний нагрівач Schaeffler HEATER100-SMART
075	Складавальна	Послідовно встановити на вторинний вал шестерні, голчасті підшипники, маточини, синхронізатори, муфти та стопорні кільця	Прес, індукційний нагрівач, пасатижі для стопорних кілець

080	Складаальна а	Скласти проміжний вал, установити шестерні та конічні підшипники	Гідравлічний прес, нагрівач, оправки
085	Складаальна	Скласти привід перемикачання передач відповідно до нанесених міток; установити вилки, осі та блокувальний механізм	Слюсарний інструмент, монтажні оправки
090	Регулювальна	Виміряти контрольні розміри А і В, визначити товщину регулювального кільця, перевірити осьові зазори валів і маточин	Глибиномір, індикатор годинникового типу, набір регулювальних кілець
095	Складаальна	Установити вали з вилками у картер, змонтувати шестерню заднього ходу, кришки, вихідний фланець і механізм перемикачання	Поворотний стенд, ручний таль, динамометричні ключі
100	Герметизувальна	Нанести герметик на різьбу кріпильних болтів і стикові поверхні картерів та кришок	Герметик Loctite 510, очищувач, дозувальний пристрій
105	Контрольно-регулювальна	Перевірити вільне обертання валів, роботу синхронізаторів, повноту увімкнення передач і дію блокувального механізму	Динамометричний ключ, індикатор, ручний пристрій прокручування
110	Заправна	Після витримування герметика залити в картер трансмісійну оливу встановленого типу та об'єму	Заправна установка, мірна ємність
115	Обкатувальна	Провести початкове обкатування КПП без навантаження з послідовним увімкненням усіх передач	Стенд для випробування коробок передач

120	Випробувальна	Перевірити КПП під навантаженням, оцінити шум, вібрацію, нагрівання, герметичність і стійкість увімкнення передач	Випробувальний стенд, тахометр, термометр, навантажувальний пристрій
125	Монтажна	Установити відремонтовану коробку передач на автомобіль, приєднати опори, карданний вал, привід зчеплення, стартер, трубопроводи та електричні роз'єми	Трансмісійна стійка, комплект слюсарного інструменту
130	Заключна	Перевірити роботу трансмісії під час запуску двигуна та контрольованого руху автомобіля, оглянути з'єднання на відсутність витікання оливи	Діагностичний пост, оглядова канава

Під час виконання маршруту деталі після миття та дефектації зберігають у промаркованій тарі відповідно до їх належності до конкретного вала або механізму. Пружини, блокувальні пальці, регулювальні кільця та інші малорозмірні елементи розміщують окремо, що запобігає їх втраті та помилковому встановленню.

Переходити до складання дозволяється лише після завершення дефектації, комплектування та очищення всіх складових. Підшипники, маточини й кільця встановлюють без ударного навантаження із застосуванням преса або контрольованого нагрівання. Після завершення кожної складальної операції перевіряють правильність положення деталей і свободу їх переміщення.

Розроблена маршрутна карта забезпечує чітку послідовність ремонтних робіт, раціональне використання обладнання та контроль технічного стану коробки передач на всіх етапах технологічного процесу.

2.6 Нормування трудомісткості ремонтних операцій

Нормування ремонтних операцій виконують для визначення витрат робочого часу на відновлення однієї коробки передач, планування завантаження

ремонтної дільниці та встановлення необхідної кількості виконавців.

Трудомісткість визначають відповідно до змісту операцій, наведених у маршрутній карті технологічного процесу.

Норма штучного часу охоплює оперативний час, витрати часу на обслуговування робочого місця, регламентовані перерви та частку підготовчо-завершального часу:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}} + T_{\text{пз}} / n,$$

де $T_{\text{шт}}$ – норма штучного часу, люд·год;

$T_{\text{оп}}$ – оперативний час, люд·год;

$T_{\text{обс}}$ – час обслуговування робочого місця, люд·год;

$T_{\text{відп}}$ – час на відпочинок і особисті потреби, люд·год;

$T_{\text{пз}}$ – підготовчо-завершальний час, люд·год;

n – кількість агрегатів у партії.

Оперативний час складається з основного та допоміжного часу:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{доп}}.$$

Основний час витрачається безпосередньо на демонтаж, розбирання, дефектацію, складання, регулювання та випробування коробки передач. Допоміжний час охоплює встановлення агрегату на стенд, закріплення деталей, зміну інструменту, виконання контрольних вимірювань і переміщення складальних одиниць.

Розрахункові норми оперативного часу наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Нормування трудомісткості ремонту КПП Iveco EuroCargo.

Номер операції	Найменування комплексу робіт	Оперативний час, люд·год
005	Попереднє діагностування та зовнішній огляд КПП	0,40
010–015	Підготовка автомобіля, від'єднання комунікацій і зняття КПП	2,40
020–025	Зовнішнє очищення, установа на стенд і зливання оливи	0,50

030–035	Розбирання картера та демонтаж валів і механізму перемикачів	1,80
040	Розбирання первинного, вторинного та проміжного валів	2,20
045	Миття й очищення деталей після розбирання	0,70
050–055	Дефектація картерів, валів, шестерень, підшипників і синхронізаторів	1,60
060–065	Комплектування, заміна та відновлення несправних деталей	1,20
070–080	Складання первинного, вторинного та проміжного валів	2,80
085–095	Складання приводу перемикачів та встановлення валів у картер	2,50
100–105	Герметизація, регулювання і контроль правильності складання	0,90
110–120	Заправлення оливою, обкатування та стендове випробування	1,00
125	Установлення відремонтованої КПП на автомобіль	2,50
130	Заключна перевірка та контрольний огляд	0,40
Загальний оперативний час		20,90

Сумарний оперативний час ремонту однієї коробки передач становить:

$$T_{\text{оп}} = \sum_{i=1}^n t_i = 20,90 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Для умов ремонтної дільниці витрати часу на обслуговування робочого місця становлять 5 % оперативного часу:

$$T_{\text{обс}} = 0,05 \times T_{\text{оп}};$$

$$T_{\text{обс}} = 0,05 \times 20,90 = 1,05 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Час на відпочинок та особисті потреби становить 4 % оперативного часу:

$$T_{\text{відп}} = 0,04 \times T_{\text{оп}};$$

$$T_{\text{відп}} = 0,04 \times 20,90 = 0,84 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Підготовчо-завершальний час на отримання технічної документації, підготовку стенда, інструменту й прибирання робочого місця становить 0,90 люд·год. Оскільки розрахунок виконують для ремонту однієї коробки передач, $n = 1$.

Загальна трудомісткість технологічного процесу дорівнює:

$$T_{\text{шт}} = 20,90 + 1,05 + 0,84 + 0,90 / 1 = 23,69 \text{ люд·год.}$$

Після округлення трудомісткість ремонту однієї КПП Iveco EuroCargo становить:

$$T_{\text{шт}} = 23,70 \text{ люд·год.}$$

Кількість робочих змін, необхідних для виконання ремонту одним працівником за тривалості зміни 8 год, визначають за залежністю:

$$N_{\text{зм}} = T_{\text{шт}} / 8;$$

$$N_{\text{зм}} = 23,70 / 8 = 2,96 \text{ зміни.}$$

Повний технологічний цикл ремонту коробки передач відповідає приблизно трьом робочим змінам одного виконавця. Окремі операції зняття, установлення, переміщення та складання важких вузлів виконують за участю двох працівників, що підвищує безпечність робіт, але не змінює загальної трудомісткості, вираженої в людино-годинах.

Найбільші витрати часу припадають на зняття й установлення КПП, розбирання та складання валів, дефектацію деталей і загальне складання агрегату. Застосування трансмісійної стійки, поворотного стенда, гідравлічного преса, індукційного нагрівача та спеціальних знімачів скорочує тривалість допоміжних операцій і зменшує ризик пошкодження деталей.

2.7 Контроль якості виконання ремонтних робіт

Контроль якості ремонту коробки передач виконують на всіх етапах технологічного процесу: після очищення і дефектації деталей, під час складання окремих вузлів, після регулювання механізмів та за результатами стендового випробування. Поетапна перевірка дає змогу своєчасно виявити відхилення та запобігти встановленню несправних деталей у складений агрегат.

Після миття контролюють стан картера коробки передач. Візуальним оглядом визначають наявність тріщин, відколів, пошкоджень різьбових отворів і деформацій стикових площин. Діаметри посадкових отворів під підшипники перевіряють нутроміром, а площинність поверхонь з'єднання картерів – лекальною лінійкою та набором щупів. Деталі з тріщинами або значним порушенням геометрії замінюють.

Первинний, вторинний і проміжний вали перевіряють на зношування шийок, пошкодження шліців, різьби та посадкових поверхонь. Діаметри шийок вимірюють мікрометром у кількох перерізах, що дає змогу визначити овальність і конусність [2, 5, 9]. Радіальне биття валів контролюють індикатором годинникового типу після встановлення вала на призмах.

Зубчасті колеса оглядають на наявність викришування, тріщин, задирів, корозії та нерівномірного зношування робочих поверхонь зубців. Шестерні з пошкодженими зубцями, значним зношуванням посадкових отворів або слідами перегрівання до подальшої експлуатації не допускають.

Під час перевірки синхронізаторів оцінюють стан блокувальних кілець, зубчастих вінців, маточин і ковзних муфт. Муфти повинні вільно переміщуватися по шліцах без перекосів і заклинювання. Пружини та блокувальні пальці не повинні мати деформацій або втрати пружності.

Підшипники перевіряють шляхом повільного обертання кілець. Обертання повинно бути плавним, без заїдань, підвищеного шуму й відчутного люфту. Наявність корозії, раковин, тріщин, пошкодження сепаратора або слідів перегрівання є підставою для заміни підшипника.

Під час складання контролюють правильність установа шестерень, маточин, синхронізаторів, стопорних кілець і дистанційних елементів. Напряму установа маточин визначають за положенням фасок внутрішніх зубців. Усі стопорні кільця повинні повністю входити у відповідні канавки.

Осьові зазори маточин синхронізаторів перевіряють набором плоских щупів або індикатором. Після встановлення пружинного кільця осьовий зазор маточини не повинен перевищувати 0,03 мм. Положення проміжного вала регулюють кільцем, товщину якого визначають за результатами вимірювання контрольних розмірів А і В.

Різьбові з'єднання затягують динамометричним ключем. Під час контролю перевіряють дотримання встановленого моменту затягування гайок первинного і вторинного валів, болтів кришок та елементів картера. Затягування без контролю моменту може спричинити послаблення з'єднань або пошкодження різьби.

Якість складання механізму перемикачів перевіряють почерговим увімкненням усіх передач. Переміщення вилок і муфт повинно відбуватися плавно, без надмірного зусилля. Блокувальний пристрій має унеможливити одночасне увімкнення двох передач, а фіксатори – надійно утримувати вибране положення.

Перед закриттям картера вручну прокручують вали в нейтральному положенні та на кожній увімкненій передачі. Заклинювання, нерівномірне обертання, удари й сторонні шуми не допускаються. За наявності підвищеного опору повторно перевіряють установлення підшипників, товщину регулювальних кілець і положення синхронізаторів.

Після нанесення герметика оглядають стикові поверхні картерів і кришок. Герметизувальний матеріал повинен бути нанесений рівномірно, без пропусків і надлишкового потрапляння всередину агрегату. Після складання контролюють герметичність ущільнень, пробок і з'єднань.

Заключний контроль виконують під час стендового випробування коробки передач. На всіх передачах перевіряють плавність роботи, рівень шуму, вібрацію, нагрівання підшипникових вузлів і відсутність самовільного вимкнення передач. Після випробування оглядають картер і ущільнення на наявність витікання трансмісійної оливи [2, 5].

Основні контрольовані параметри наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Контроль якості ремонту коробки передач.

Об'єкт контролю	Контрольований параметр	Засіб контролю
Картер КПП	Тріщини, деформації, стан посадкових отворів	Візуальний огляд, нутромір, лінійка, щупи
Вали	Зношування шийок, овальність, радіальне биття	Мікрометр, індикатор, призми

Зубчасті колеса	Стан зубців і посадкових поверхонь	Візуальний огляд, штангенциркуль
Синхронізатори	Зношування кілець, вільне переміщення муфт	Щупи, візуальний і ручний контроль
Підшипники	Люфт, шум, заїдання, пошкодження доріжок	Ручне прокручування, індикатор
Маточини	Осьовий зазор	Набір щупів, індикатор
Різьбові з'єднання	Момент затягування	Динамометричний ключ
Механізм перемикачів	Повнота ввімкнення і дія блокування	Ручна перевірка
Складена КПП	Шум, нагрівання, вібрація, герметичність	Випробувальний стенд, термометр

Коробку передач визнають придатною до експлуатації, якщо її деталі відповідають установленим вимогам, усі передачі вмикаються чітко, вали обертаються без заклинювання, підвищений шум і нагрівання відсутні, а картер та ущільнення залишаються герметичними.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз ремонтних операцій та обґрунтування конструкції станда

Під час ремонту коробки передач 2865-6 виконують значну кількість операцій, пов'язаних зі зміною просторового положення агрегату. Після демонтажу з автомобіля коробку передач встановлюють на опору, зливають трансмісійну оливу, знімають механізм вибору передач, задній картер, бічну кришку та інші елементи. Для демонтажу шестерні заднього ходу коробку повертають задньою частиною догори, а під час встановлення валів необхідно забезпечити вільний доступ до внутрішньої частини картера.

Розміщення КПП на звичайному верстаку не забезпечує належної стійкості агрегату та ускладнює доступ до кріпильних елементів. Поворот коробки вручну супроводжується значними фізичними навантаженнями, створює небезпеку її падіння та може призвести до пошкодження оброблених поверхонь картера.

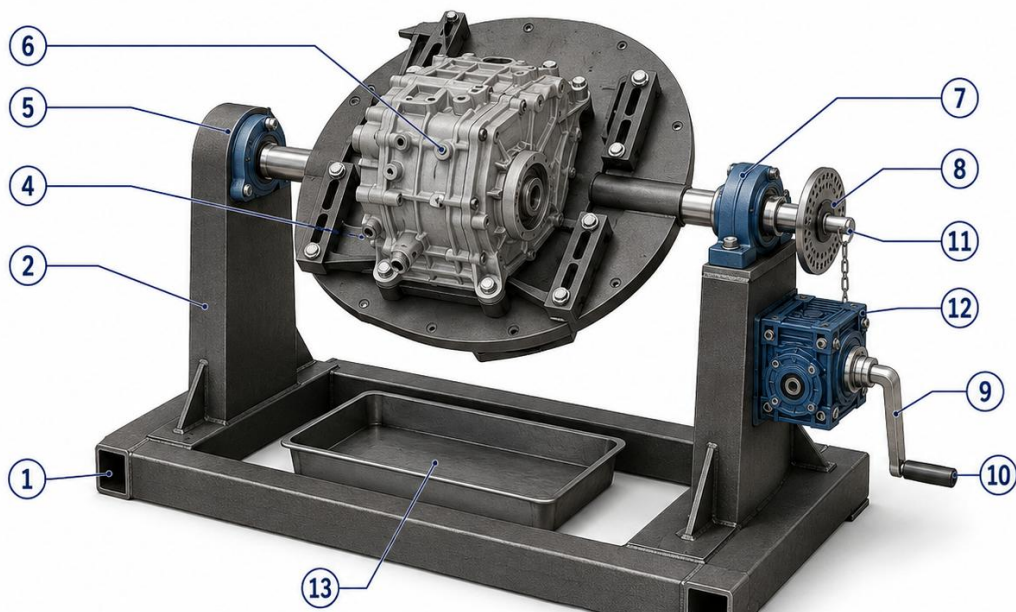


Рисунок 3.1 – Загальна конструкція поворотного станда для ремонту КПП 2865-6:

1 – зварна основа; 2 – ліва вертикальна стійка; 3 – права вертикальна стійка; 4 – поворотна плита; 5 – регульовані кронштейни; 6 – кріпильні болти КПП; 7 – поворотна вісь; 8 – підшипниковий вузол; 9 – черв'ячний редуктор; 10 – рукоятка обертання; 11 – фіксувальний диск; 12 – стопорний палець; 13 – піддон для збирання оливи.

Для усунення зазначених недоліків розроблено поворотний складально-розбиральний стенд, який забезпечує [12, 13]:

- надійне закріплення КПП 2865-6 за штатні отвори картера;
- повертання агрегату навколо горизонтальної осі;
- фіксацію коробки передач у необхідному положенні;
- доступ до передньої, задньої, верхньої та бічних поверхонь картера;
- установлення під коробкою ємності для збирання оливи;
- використання ручного таля під час демонтажу і монтажу валів;
- зниження фізичного навантаження на працівника;
- безпечне виконання розбиральних і складальних операцій.

Стенд має стаціонарну зварну раму, дві вертикальні опори, поворотну плиту з регульованими кронштейнами, механізм обертання та механічний фіксатор. Для полегшення повороту коробки передач застосовано черв'ячний редуктор із ручним приводом.

3.2 Технічні вимоги до розробленого стенда

Конструкція стенда повинна відповідати масі та габаритам коробки передач, забезпечувати необхідну жорсткість і зберігати стійкість у всіх робочих положеннях. Основні вимоги до пристосування наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні вимоги до поворотного стенда.

Параметр	Установлене значення
Максимальна маса агрегату	500 кг
Кут повороту КПП	360°
Крок механічної фіксації	15°
Висота осі повороту	1000 мм
Ширина основи	900 мм
Довжина основи	1200 мм
Розрахункова ширина між опорами	850 мм
Максимальне зміщення центра мас від осі	250 мм
Тип приводу повороту	ручний черв'ячний

Передатне число редуктора	40
Допустиме зусилля на рукоятці	до 200 Н
Діаметр поворотної осі	50 мм
Діаметр стопорного пальця	20 мм

Основу стенда виготовляють зі сталевий профільної труби 80×80×5 мм. Вертикальні стійки виконують із профілю 100×100×6 мм та підсилюють косинками. Для поворотних осей застосовують сталь 45, а поворотну плиту виготовляють із листової конструкційної сталі завтовшки 20 мм.

Отвори у кронштейнах виконують поздовжніми, що дає змогу змінювати їх положення та суміщати з отворами картера КПП. Агрегат закріплюють чотирма болтами М16. Контактні поверхні кронштейнів оснащують змінними сталевими втулками, які запобігають деформуванню отворів.

3.3 Будова та принцип роботи стенда

Основою стенда є просторова зварна рама прямокутної форми. До поздовжніх балок приварено дві вертикальні стійки, між якими розміщують коробку передач. Для підвищення жорсткості місця з'єднання стійок з основою підсилено трикутними косинками.

У верхній частині стійок встановлено корпуси підшипникових вузлів. У підшипниках обертаються дві співвісні цапфи, з'єднані з поворотною плитою. Плита має систему регульованих кронштейнів, за допомогою яких стенд налаштовують відповідно до положення штатних отворів картера.

На правій опорі встановлено черв'ячний редуктор. Вихідний вал редуктора з'єднаний із поворотною віссю шпонковим з'єднанням. Обертання передається від рукоятки через черв'ячну пару до поворотної плити. Велике передатне число зменшує необхідне зусилля працівника та забезпечує плавне переміщення агрегату.

Черв'ячна передача знижує можливість самовільного повороту КПП, однак для надійного утримання агрегату передбачено додатковий механічний фіксатор. На поворотній осі закріплено диск з отворами, розташованими через 15°. У вибраній позиції в отвір диска вводять сталевий стопорний палець.

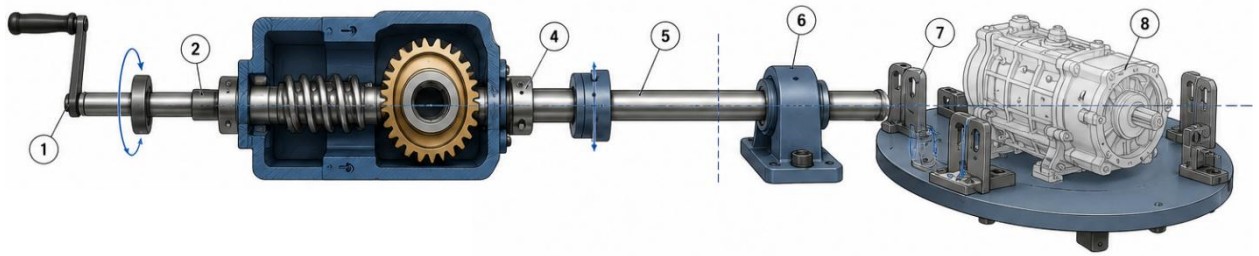


Рисунок 3.2 – Кінематична схема механізму повороту КПП:

1 – ручна рукоятка; 2 – вхідний вал редуктора; 3 – черв'як; 4 – черв'ячне колесо; 5 – вихідний вал; 6 – поворотна вісь; 7 – поворотна плита; 8 – картер коробки передач.

Перед установкою КПП стелд переводять у вихідне положення та фіксують стопорним пальцем. За допомогою трансмісійної стійки коробку підводять до поворотної плити, суміщають отвори кронштейнів з отворами картера та встановлюють кріпильні болти.

Після затягування болтів трансмісійну стійку опускають. Для повертання коробки передач стопорний палець виймають, обертають рукоятку редуктора та встановлюють агрегат у потрібне положення. Після завершення повороту диск повторно блокують пальцем.

Під час зливання оливи під коробкою розміщують знімний піддон. Під час демонтажу валів верхня частина рами не перекриває зону обслуговування, що дає змогу застосовувати ручний таль.

3.4 Визначення розрахункового навантаження

Розрахункову масу коробки передач встановлено [12]:

$$m = 500 \text{ кг.}$$

Силу тяжіння агрегату визначають за залежністю:

$$G = m \cdot g,$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

$$G = 500 \cdot 9,81 = 4905 \text{ Н.}$$

Під час повертання та виконання ремонтних операцій виникають додаткові динамічні навантаження. Їх ураховують коефіцієнтом динамічності:

$$k_d = 1,3.$$

Розрахункове навантаження на стенд [12]:

$$P = G \cdot k_d;$$

$$P = 4905 \cdot 1,3 = 6376,5 \text{ Н.}$$

Після округлення:

$$P = 6,38 \text{ кН.}$$

За симетричного розташування коробки передач вертикальне навантаження на кожен опору становить:

$$R = P / 2;$$

$$R = 6376,5 / 2 = 3188,25 \text{ Н.}$$

Отже, кожний підшипниковий вузол стенда розраховують на вертикальне навантаження не менше 3,19 кН [12].

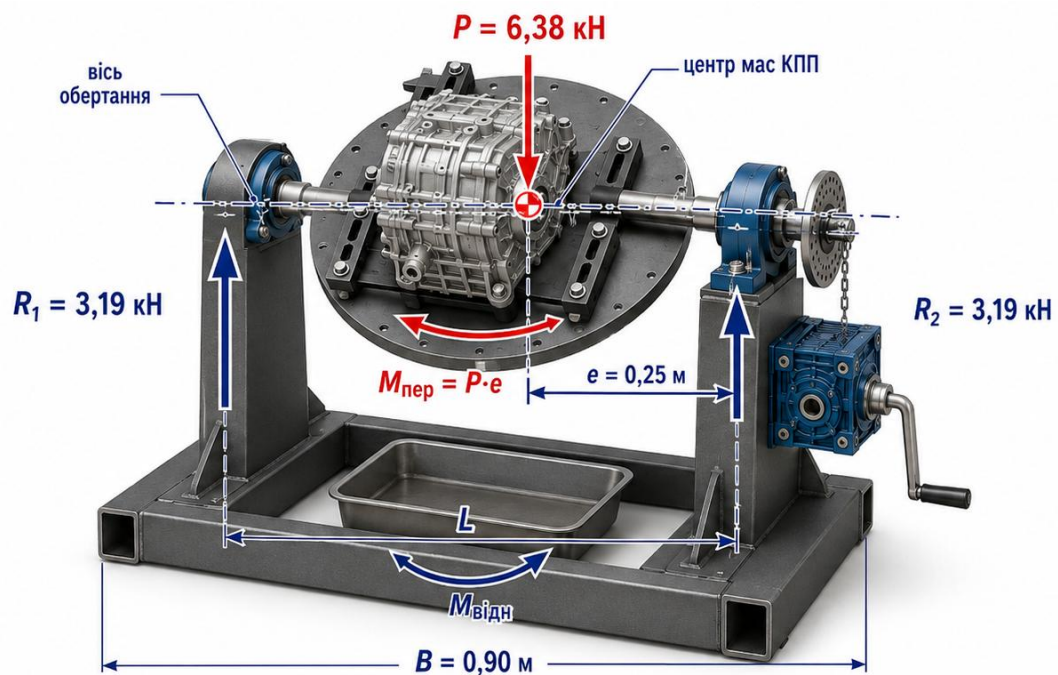


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема навантаження поворотного стенда.

На схемі показують силу P , реакції опор R_1 і R_2 , відстань між опорами та зміщення центра мас агрегату відносно осі обертання.

3.5 Розрахунок механізму повороту

Найбільший момент опору виникає за горизонтального зміщення центра мас коробки передач відносно осі повороту. Розрахункове зміщення центра мас становить [12]:

$$e = 0,25 \text{ м.}$$

Момент, необхідний для повертання агрегату:

$$M_{\pi} = P \cdot e;$$

$$M_{\pi} = 6376,5 \cdot 0,25 = 1594,1 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Для приводу застосовано черв'ячний редуктор із передатним числом:

$$i = 40.$$

Коефіцієнт корисної дії черв'ячної передачі:

$$\eta = 0,65.$$

Довжина рукоятки:

$$l_p = 0,35 \text{ м}.$$

Зусилля працівника на рукоятці визначають за залежністю:

$$F_p = M_{\pi} / (i \cdot \eta \cdot l_p).$$

Після підстановки значень:

$$F_p = 1594,1 / (40 \cdot 0,65 \cdot 0,35) = 175,2 \text{ Н}.$$

Отримане зусилля відповідає приблизно 17,9 кгс і не перевищує встановленого граничного значення 200 Н. Отже, редуктор із передатним числом 40 забезпечує повертання коробки передач одним працівником без значного фізичного навантаження.

Для зменшення моменту опору положення коробки передач на поворотній плиті регулюють так, щоб її центр мас був максимально наближений до осі обертання.

3.6 Розрахунок поворотної осі на міцність

Поворотну вісь розглядають як консольну ділянку круглого перерізу, на яку діє реакція однієї опори. Відстань від центра підшипникового вузла до площини прикладання навантаження становить:

$$l = 120 \text{ мм}.$$

Згинальний момент:

$$M_{зг} = R \cdot l;$$

$$M_{зг} = 3188,25 \cdot 120 = 382590 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Необхідний діаметр осі визначають за умовою міцності під час згинання:

$$d = \sqrt[3]{(32 \cdot M_{зг} / (\pi \cdot [\sigma]))},$$

де $[\sigma] = 100$ МПа – допустиме напруження згинання для осі зі сталі 45.

$$d = \sqrt[3]{(32 \cdot 382590 / (3,14 \cdot 100))};$$

$$d = 33,9 \text{ мм.}$$

З урахуванням шпонкового паза, можливих ударних навантажень і необхідності забезпечення жорсткості встановлюють діаметр поворотної осі:

$$d = 50 \text{ мм.}$$

Фактичне напруження згинання в осі:

$$\sigma = 32 \cdot M_{зг} / (\pi \cdot d^3);$$

$$\sigma = 32 \cdot 382590 / (3,14 \cdot 50^3);$$

$$\sigma = 31,2 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується:

$$\sigma = 31,2 \text{ МПа} < [\sigma] = 100 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n = [\sigma] / \sigma;$$

$$n = 100 / 31,2 = 3,21.$$

Отриманий запас забезпечує надійну роботу осі під час повертання та фіксації коробки передач.

3.7 Розрахунок стопорного пальця

Стопорний палець утримує поворотну плиту від обертання після встановлення агрегату в необхідне положення. Відстань від осі повороту до центра стопорного пальця становить:

$$r = 180 \text{ мм} = 0,18 \text{ м.}$$

Колова сила, що діє на палець:

$$F_c = M_{п} / r;$$

$$F_c = 1594,1 / 0,18 = 8856 \text{ Н.}$$

Стопорний палець працює на подвійний зріз. Для пальця діаметром 20 мм напруження зрізу становить:

$$\tau = 2 \cdot F_c / (\pi \cdot d_{п}^2),$$

де $d_{п} = 20$ мм.

$$\tau = 2 \cdot 8856 / (3,14 \cdot 20^2);$$

$$\tau = 14,1 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження зрізу для сталевого пальця:

$$[\tau] = 80 \text{ МПа.}$$

Умова міцності:

$$\tau = 14,1 \text{ МПа} < [\tau] = 80 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу:

$$n_{\tau} = [\tau] / \tau;$$

$$n_{\tau} = 80 / 14,1 = 5,67.$$

Стопорний палець діаметром 20 мм має достатню міцність для утримання коробки передач у нерухомому положенні.

3.8 Перевірка стійкості стенда

Стійкість перевіряють для положення, за якого центр мас коробки передач максимально зміщений від вертикальної площини, що проходить через вісь опори.

Маса стенда становить:

$$m_c = 160 \text{ кг.}$$

Загальна маса стенда з установленою коробкою передач:

$$m_3 = m + m_c;$$

$$m_3 = 500 + 160 = 660 \text{ кг.}$$

Ширина основи стенда:

$$B = 0,90 \text{ м.}$$

Плече відновлювального моменту:

$$b = B / 2;$$

$$b = 0,90 / 2 = 0,45 \text{ м.}$$

Відновлювальний момент:

$$M_{\text{відн}} = m_3 \cdot g \cdot b;$$

$$M_{\text{відн}} = 660 \cdot 9,81 \cdot 0,45 = 2913,6 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Перекидальний момент з урахуванням динамічного навантаження:

$$M_{\text{пер}} = P \cdot e;$$

$$M_{\text{пер}} = 6376,5 \cdot 0,25 = 1594,1 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Коефіцієнт стійкості:

$$k_{ст} = M_{відн} / M_{пер};$$

$$k_{ст} = 2913,6 / 1594,1 = 1,83.$$

Необхідне значення коефіцієнта стійкості становить 1,5. Отриманий результат:

$$k_{ст} = 1,83 > 1,5.$$

Таким чином, розміри основи забезпечують стійкість стенда під час повертання коробки передач.

Для додаткового підвищення безпеки в опорних пластинах передбачено отвори для анкерного кріплення стенда до підлоги ремонтної ділянки.

3.9 Розрахунок зварного з'єднання вертикальної стійки

Вертикальну стійку з'єднують з основою кутовими зварними швами та підсилюють двома косинками [12, 13]. Катет шва становить:

$$a = 6 \text{ мм.}$$

Загальна розрахункова довжина швів однієї стійки:

$$l_{ш} = 400 \text{ мм.}$$

Площа розрахункового перерізу шва:

$$A_{ш} = 0,7 \cdot a \cdot l_{ш};$$

$$A_{ш} = 0,7 \cdot 6 \cdot 400 = 1680 \text{ мм}^2.$$

Дотичне напруження у шві:

$$\tau_{ш} = R / A_{ш};$$

$$\tau_{ш} = 3188,25 / 1680 = 1,90 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження для зварного шва встановлено:

$$[\tau_{ш}] = 80 \text{ МПа.}$$

Умова міцності:

$$\tau_{ш} = 1,90 \text{ МПа} < [\tau_{ш}] = 80 \text{ МПа.}$$

Зварне з'єднання має значний запас міцності. Косинки додатково сприймають згинальний момент і зменшують деформацію вертикальної стійки.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час ремонту коробки передач

Технологічний процес ремонту коробки передач 2865-6 автомобіля Iveco EuroCargo охоплює діагностування, демонтаж агрегату з автомобіля, зовнішнє очищення, розбирання, миття й дефектацію деталей, складання валів, регулювання механізмів, обкатування та заключне випробування. Виконання зазначених операцій супроводжується дією механічних, фізичних, хімічних і психофізіологічних виробничих факторів.

Найбільшу небезпеку становлять операції з переміщення коробки передач. Агрегат має значну масу та незручну для ручного утримування форму, тому його падіння або неконтрольоване зміщення може спричинити травмування працівника, пошкодження обладнання та деформацію картера. Особливо небезпечними є моменти від'єднання останніх кріплень КПП від автомобіля, переміщення агрегату трансмісійною стійкою, установлення на поворотний стенд і демонтаж валів із картера [14, 16].

Під час розбирання виникає небезпека защемлення пальців між картерними деталями, шестернями, кронштейнами та опорними елементами. Використання ключів, знімачів, монтажних оправок і важелів супроводжується ризиком зриву інструменту, раптового звільнення деталей, пошкодження рук гострими кромками та відлітання частинок металу.

Окрему групу небезпечних факторів утворюють роботи на гідравлічному пресі. Неправильне встановлення вала, перекошування опорних призм або передавання зусилля через невідповідну оправку може призвести до руйнування деталі чи її викидання з робочої зони. Небезпечним є також перебування рук між рухомим штоком преса та оброблюваною деталлю.

Під час монтажу підшипників, маточин і дистанційних елементів застосовують індукційне нагрівання до температури не вище 130 °С. Нагріті деталі здатні спричинити термічні опіки. Додаткову небезпеку створює можливе падіння нагрітої деталі під час її перенесення або встановлення на вал [14, 16].

Миття картерів, зубчастих коліс, валів і підшипників супроводжується контактом із залишками трансмісійної оливи, мийними розчинами та продуктами зношування. Тривалий контакт шкіри з такими речовинами може викликати подразнення, а розбризкування рідини створює небезпеку потрапляння її в очі. Наявність оливи на підлозі підвищує ризик падіння працівника.

Під час очищення деталей стисненим повітрям можливе розлітання крапель оливи, абразивних частинок і металевого пилу. Спрямування струменя повітря на працівника або використання надмірного тиску не допускається. Очищення внутрішніх каналів необхідно виконувати так, щоб напрямок виходу забруднень був відведений від обличчя та інших працівників.

Під час обкатування і стендового випробування коробки передач виникають шум, вібрація та небезпека контакту з обертовими валами, муфтами й фланцями. Пошкодження з'єднувальної муфти або недостатнє кріплення агрегату може спричинити відокремлення деталей. Підвищення температури картера та підшипникових вузлів створює небезпеку опіку під час ручного контролю.

Незадовільне освітлення ускладнює виявлення тріщин, пошкоджень зубців, правильності встановлення стопорних кілець і положення дрібних елементів синхронізаторів. Тривала робота у нахиленому положенні, прикладання значних зусиль до ручного інструменту та переміщення деталей збільшують фізичне навантаження і сприяють передчасній втомі працівника.

Основні виробничі фактори та заходи захисту наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Небезпечні фактори під час ремонту КПП та заходи захисту.

Технологічна операція	Можливий небезпечний фактор	Основний захід захисту
Зняття та встановлення КПП	Падіння або зміщення агрегату	Трансмісійна стійка, страхувальне кріплення, участь двох працівників
Переміщення коробки передач	Перекидання стійки, защемлення кінцівок	Рівна підлога, повільне переміщення, очищений маршрут

Закріплення на стенді	Падіння КПП, самовільний поворот	Кріплення чотирма болтами, стопорний палець, перевірка фіксації
Розбирання агрегату	Зрив інструменту, гострі кромки	Справний інструмент, рукавички, стійке положення деталей
Робота на пресі	Викидання або руйнування деталі	Захисний екран, правильні опра-вки, центрування навантаження
Індукційне нагрівання	Термічні опіки	Термостійкі рукавички, захвати, контроль температури
Миття деталей	Контакт із мийним розчином та оливою	Закрита мийна установка, окуляри, рукавички, вентиляція
Очищення повітрям	Розлітання частинок	Захисні окуляри, безпечний напрямок струменя
Стендове випробування	Обертові деталі, шум, вібрація	Огородження, дистанційне керування, надійне кріплення КПП
Прибирання робочого місця	Ковзання на розлитій оліві	Негайне видалення розливів, застосування сорбенту

4.2 Вимоги безпеки під час виконання технологічних операцій та використання ремонтного обладнання

До ремонту коробки передач допускають працівників, які пройшли навчання, інструктаж із питань охорони праці та ознайомлені з будовою обладнання. Перед початком роботи перевіряють справність інструменту, трансмісійної стійки, поворотного стенда, гідравлічного преса, індукційного нагрівача, ручного талю, стропів і захисних пристроїв [14, 16].

До демонтажу КПП автомобіль установлюють на рівному майданчику над оглядовою канавою або на підйомачі. Автомобіль фіксують стоянковим гальмом і противідкотними упорами. Перед від'єднанням електричних роз'ємів відключають акумуляторну батарею. Відпрацьовану оливу зливають у закриту промарковану ємність, не допускаючи її потрапляння на підлогу.

Перед відкручуванням опор коробку передач надійно встановлюють на платформу гідравлічної трансмісійної стійки Vahco BH5DP1000QA. Положення платформи регулюють так, щоб центр ваги агрегату знаходився в межах опорного контуру. Коробку додатково фіксують ланцюгом або ременем. Остаточне від'єднання КПП виконують лише після перевірки відсутності не від'єднаних трубопроводів, електричних проводів і тяг.

Переміщувати трансмісійну стійку дозволяється лише з опущеною платформою. Працівник повинен перебувати збоку від агрегату, а не перед напрямком можливого падіння. Швидке переміщення стійки, переїзд через пороги, кабелі та нерівності підлоги не допускаються.

Перед установленням КПП на поворотний стенд перевіряють стан зварної рами, підшипникових вузлів, регульованих кронштейнів, кріпильних болтів, черв'ячного редуктора та стопорного пальця. Поворотну плиту фіксують у вихідному положенні. Коробку передач підводять трансмісійною стійкою та закріплюють чотирма болтами M16 за штатні отвори картера. Опору прибирають тільки після завершення затягування всіх кріплень [14, 16].

Повертання КПП виконують плавно за допомогою рукоятки черв'ячного редуктора. Перед початком обертання працівник повинен переконатися, що інструмент і сторонні предмети прибрані, а в небезпечній зоні немає інших осіб. Після встановлення агрегату в необхідне положення фіксувальний диск обов'язково блокують стопорним пальцем. Виконання ремонтних операцій за відсутності механічної фіксації поворотної плити забороняється.

Під час роботи ручним інструментом використовують ключі, розмір яких відповідає головкам болтів і гайок. Заборонено подовжувати ключі випадковими трубами, працювати інструментом із тріщинами, деформованими губками або пошкодженими рукоятками. Для нанесення легких ударів застосовують мідні або полімерні молотки.

Під час демонтажу пружинних стопорних кілець використовують спеціальні пасатижі. Обличчя працівника не повинно знаходитися в напрямку можливого вильоту кільця. Пружини, пальці, кульки фіксаторів та інші дрібні деталі складають у промарковані лотки.

Перед роботою на гідравлічному пресі Enerpac XLP перевіряють герметичність гідравлічної системи, справність манометра, стан робочого столу та опорних елементів. Вал або шестерню встановлюють співвісно зі штоком. Зусилля передають через оправку, яка контактує лише з кільцем або поверхнею демонтованої деталі. Утримувати деталь руками під час руху штока забороняється.

Якщо під час пресування зусилля різко збільшується, з'являється перекіс або сторонній звук, операцію негайно припиняють. Тиск скидають, після чого перевіряють положення деталі й оправки. Роботу виконують із закритим захисним екраном.

Перед нагріванням на Schaeffler HEATER100-SMART деталі очищають від залишків оливи та перевіряють на відсутність сторонніх металевих предметів. Температуру задають відповідно до технологічного процесу, але не вище 130 °С. Нагріті маточини, підшипникові кільця та втулки переносять спеціальними захватами в термостійких рукавичках. Установлення виконують без зволікання, не допускаючи ударів по нагрітій деталі [14, 16].

Мийну установку PERZI VIPER 1200 експлуатують із закритою кришкою. Перед відкриванням робочої камери циркуляцію мийного розчину припиняють. Працівник користується захисними окулярами, маслостійкими рукавичками та спецодягом. Пролиту оливу або мийний розчин негайно засипають сорбентом і прибирають у спеціальну тару.

Під час обкатування КПП відкриті обертові частини випробувального стенда огорожують. Коробку передач надійно закріплюють, а з'єднувальні муфти перевіряють перед запуском. Перший пуск виконують без навантаження. Контроль температури здійснюють безконтактним термометром. Торкатися оберткових валів, підтягувати кріплення та усувати витікання під час роботи стенда забороняється.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розв'язано комплексне завдання з розроблення технологічного процесу ремонту коробки передач 2865-6 автомобіля Iveco EuroCargo. Запропоновані технологічні та конструктивні рішення спрямовані на відновлення працездатності агрегату, забезпечення точності складальних операцій, зменшення трудомісткості ремонту та підвищення безпеки виконання робіт.

Проаналізовано призначення, конструктивну будову та принцип роботи механічної коробки передач 2865-6, яка має шість передач переднього ходу та передачу заднього ходу. Встановлено функціональний взаємозв'язок первинного, проміжного і вторинного валів, зубчастих коліс постійного зачеплення, синхронізаторів, підшипникових вузлів і механізму перемикання передач.

Визначено, що технічний стан коробки передач найбільше залежить від інтенсивності експлуатації автомобіля, величини передаваного крутного моменту, частоти перемикання передач, якості трансмісійної оливи, правильності регулювання валів і своєчасності технічного обслуговування. До характерних несправностей віднесено підвищений шум, вібрацію, перегрівання, утруднене або неповне ввімкнення передач, самовільне їх вимкнення та втрату герметичності картера.

Сформовано послідовність діагностування КПП, яка охоплює зовнішній огляд, перевірку рівня і стану трансмісійної оливи, контроль приводу перемикання, випробування агрегату під час руху автомобіля, демонтаж, очищення, розбирання та дефектацію деталей. Такий підхід дає змогу обґрунтовано визначити обсяг ремонтних робіт і запобігти необґрунтованій заміні придатних складових.

Розроблено технологічний процес ремонту коробки передач, до якого входять операції зняття агрегату з автомобіля, зовнішнього очищення, зливання оливи, розбирання картера, демонтажу валів, дефектації, комплектування, складання, регулювання, герметизації, обкатування, випробування та повторного встановлення КПП. Маршрутною картою передбачено послідовне

виконання операцій 005–130 із зазначенням необхідного обладнання, технологічного оснащення та інструменту.

Детально розроблено порядок розбирання і складання первинного, вторинного та проміжного валів. Для демонтажу напресованих підшипників, шестерень, маточин і втулок передбачено застосування гідравлічного преса та спеціальних знімачів. Монтаж деталей із натягом виконують із контрольованим нагріванням до температури не вище 130 °С, що знижує ймовірність пошкодження посадкових поверхонь і деформування деталей.

Обґрунтовано методику регулювання коробки передач після складання. Товщину регулювального кільця визначають за різницею контрольних розмірів А і В, а осьовий зазор маточин синхронізаторів обмежують значенням 0,03 мм. Після завершення регулювання передбачено перевірку вільного обертання валів, плавності переміщення ковзних муфт і вилок, повноти ввімкнення передач та справності блокувального механізму.

Для реалізації технологічного процесу підібрано комплекс обладнання, до якого входять гідравлічна трансмісійна стійка Bahco BH5DP1000QA, мийна установка PERZI VIPER 1200, гідравлічний прес Enerpac XLP, знімачі GEDORE, індукційний нагрівач Schaeffler HEATER100-SMART, індикаторний і мікрометричний інструмент, динамометричні ключі, ручний таль та монтажні оправки. Застосування цього обладнання забезпечує механізацію найбільш трудомістких операцій і підвищує точність ремонту.

За результатами нормування встановлено, що оперативний час ремонту однієї коробки передач становить 20,90 люд·год. З урахуванням часу на обслуговування робочого місця, регламентованих перерв і підготовчо-завершальних операцій повна трудомісткість технологічного процесу дорівнює 23,70 люд·год, що відповідає приблизно 2,96 восьмигодинної робочої зміни одного виконавця.

Розроблено порядок поопераційного та заключного контролю якості. Передбачено перевірку картерних деталей, валів, зубчастих коліс, підшипників, синхронізаторів, маточин і механізму перемикачів. Контроль геометричних параметрів виконують мікрометрами, нутромірами, щупами та індикатором

годинникового типу, а затягування відповідальних різьбових з'єднань – динамометричним ключем.

Після складання коробки передач передбачено обкатування без навантаження з почерговим увімкненням усіх передач, а потім випробування під навантаженням. Під час перевірки контролюють рівномірність обертання валів, стійкість передавання крутного моменту, шум, вібрацію, нагрівання підшипникових вузлів, чіткість перемикання та герметичність з'єднань. Придатною до експлуатації визнають КПП, у якої відсутні заїдання, самовільне вимкнення передач, сторонні шуми, надмірне нагрівання та витікання оливи.

У конструкторському розділі розроблено поворотний складально-розбиральний стенд для ремонту КПП 2865-6. Стенд розрахований на агрегат масою до 500 кг, забезпечує повертання коробки передач на 360° та її механічну фіксацію через кожні 15° . Регульовані кронштейни дають змогу надійно закріплювати картер за штатні отвори та встановлювати агрегат у зручне для виконання ремонту положення.

Для приводу поворотної плити застосовано ручний черв'ячний редуктор із передатним числом 40. За розрахункового моменту опору $1594,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$ зусилля на рукоятці становить $175,2 \text{ Н}$, що не перевищує допустимого значення 200 Н і дає змогу повертати коробку передач одному працівникові.

Розрахунком на міцність встановлено, що поворотна вісь діаметром 50 мм має коефіцієнт запасу $3,21$. Для стопорного пальця діаметром 20 мм коефіцієнт запасу за напруженнями зрізу становить $5,67$. Коефіцієнт стійкості стенда дорівнює $1,83$ та перевищує мінімально необхідне значення $1,5$. Напруження у зварному з'єднанні вертикальної стійки становить $1,90 \text{ МПа}$ за допустимого значення 80 МПа , що підтверджує достатню міцність розробленої конструкції.

Для підвищення безпечності стенд оснащено механічним стопорним пристроєм, знімним піддоном для збирання трансмісійної оливи та отворами для анкерного кріплення до підлоги. Таке конструктивне виконання знижує ризик самовільного повертання або падіння агрегату, полегшує доступ до його складових і зменшує фізичне навантаження на працівника.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ляшук О. Л., Пиндус Ю. І., Левкович М. Г., Гупка А. Б., Хорошун Р. В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль : Видавництво ТНТУ, 2022. 61 с.
2. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навчальний посібник / І. Б. Гевко, Р. М. Рогатинський, О. Л. Ляшук, М. Г. Левкович, В. З. Гудь, М. Я. Сташків, М. Д. Сіправська. Тернопіль : Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 550 с.
3. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів : підручник. 8-ме вид. Київ : Либідь, 2018. 400 с.
4. Строков О. П., Макаренко М. Г., Фролов В. Ф. Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів : підручник : у 2 кн. Київ : Грамота, 2005.
5. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигиринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1. Теоретичні основи. Технологія : підручник. Київ : Вища школа, 1994. 342 с.
6. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигиринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2. Організація, планування і управління : підручник. Київ : Вища школа, 1994. 383 с.
7. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів : навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. 324 с.
8. Кукурудзяк Ю. Ю., Біліченко В. В. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів технічного обслуговування і поточного ремонту : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 198 с.
9. Левкович М. Г., Гупка А. Б., Сіправська М. Д. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 136 с.

10. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.
11. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. Київ : Міністерство транспорту України, 1998. 16 с.
12. Кіркач Н. Ф. Розрахунок і проектування деталей машин. Харків, 1991. 274 с.
13. Коробочка О. М., Скорняков Е. С., Сасов О. О. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту : навчальний посібник. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2007. 252 с.
14. Войналович О. В., Марчиниша Є. І., Кофто Д. Г. Охорона праці в галузі: автомобільний транспорт : навчальний посібник. Харків : ХНАДУ, 2020. 695 с.
15. Закон України «Про охорону праці».
16. Практикум з охорони праці : навчальний посібник / за ред. В. Ц. Жидецького. Львів : Афіша, 2000. 352 с.