

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного
обслуговування та ремонту щеплення та коробки переміни передач G4, GV4,
G3/55-6, G3/60-5 автомобілів Mercedes-Benz серії LK

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МА-42
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Денис КАПЕЛУСЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник

Михайло ЛЕВКОВИЧ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент

Микола СТАШКІВ
(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 автотранспорту та логістики
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«21» січня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Капелусю Денису Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту щеплення та коробки переміни передач G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5 автомобілів Mercedes-Benz серії LK

Керівник роботи Левкович Михайло Геннадійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» січня 2026 року 4/9-44

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Технічна характеристика автомобіля Mercedes-Benz серії LK, ТП обслуговування та ремонту щеплення та КПП G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5

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)

Схема технологічного процесу ПР на АТП (А1). Порядок технологічного процесу Функції елементів трансмісії та будова КПП (А1). Функції елементів трансмісії та конструктивні особливості КПП G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5 автомобілів

Mercedes-Benz серії LK та типові несправності (А1). Структура ТО та трудомісткість робіт (А1). Порівняння стендів для перевірки КПП, умови праці та фактори (А1). Стенд для дослідження коробок передач, модель НР-7302/3 (2А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання 21.01.2026 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	01.02.2026	
2	Технологічний розділ	15.02.2026	
3	Конструкторський розділ	05.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	10.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	14.06.2026	
6	Захист дипломної роботи		

Студент

(підпис)

Денис КАПЕЛУСЬ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Михайло ЛЕВКОВИЧ

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

до кваліфікаційної роботи на тему: «Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту зчеплення та коробок переміни передач G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5 автомобілів Mercedes-Benz серії LK», виконаної студентом групи МА-42 ТНТУ імені Івана Пулюя Капелусь Д.О. Керівник роботи – к.т.н., доц. Левкович М.Г.

Пояснювальна записка містить 58 аркушів формату А4, додатки та графічну частину.

Ключові слова: зчеплення, коробка переміни передач, КПП, синхронізатор, діагностика, технічне обслуговування, ремонт, трансмісія, технологічний процес, стенд перевірки.

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес діагностики, ТО та ремонту зчеплення і КПП Mercedes-Benz серії LK. Актуальність теми зумовлена необхідністю забезпечення надійної та безвідмовної роботи трансмісії вантажних автомобілів в умовах інтенсивної експлуатації.

У загально-технічному розділі проаналізовано конструкцію трансмісії автомобілів Mercedes-Benz серії LK, принцип передавання крутного моменту, а також особливості будови коробок передач G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5. Узагальнено типові несправності зчеплення та КПП і визначено причини їх виникнення.

У технологічному розділі розроблено алгоритм діагностики та ТО, виконано розрахунок трудомісткості робіт, тривалості діагностичного циклу, кількості постів і площі дільниці. Обґрунтовано вибір технологічного обладнання та сформовано технологічний процес ремонту вузлів трансмісії.

У конструкторському розділі проведено аналіз існуючих стендів перевірки коробок передач та запропоновано конструкцію універсального стенда для діагностики КПП. Виконано інженерні розрахунки приводу, валів і муфти, що підтверджують працездатність і надійність конструкції.

У розділі з безпеки життєдіяльності визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час виконання робіт із трансмісією, а також розроблено заходи з охорони праці, пожежної та електробезпеки.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Призначення, конструктивні особливості та умови експлуатації Mercedes-Benz серії LK	8
1.2 Загальна будова трансмісії та принцип передавання крутного моменту	9
1.3 Конструктивні особливості КПП G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5 автомобілів Mercedes-Benz серії LK	10
1.4 Типові несправності зчеплення та коробки переміни передач і причини їх виникнення	13
1.5 Обґрунтування необхідності діагностики та технічного обслуговування зчеплення і коробки переміни передач	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Розрахунок трудомісткості діагностичних робіт зчеплення та коробки переміни передач	18
2.2 Розрахунок тривалості діагностичного циклу зчеплення та коробки переміни передач	20
2.3 Розрахунок кількості діагностичних постів зчеплення та КПП	21
2.4 Розрахунок потреби в діагностичному обладнанні для зчеплення та коробки переміни передач	23
2.5 Періодичність ТО зчеплення та КПП	25
2.6 Трудомісткість ТО зчеплення та КПП	27
2.7 Розрахунок площі поста для діагностики та обслуговування зчеплення і КПП	28
2.8 Розрахунок та підбір т обладнання дільниці	29
2.9 ТП діагностики, ТО та ремонту щеплення та коробки переміни передач G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5	31
2.9.1 Щеплення	31
2.9.2 КПП G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5	34
2.9.2.1 Порівняння КПП G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5	34
2.9.2.2 КПП G 3/55-6 і G 3-60-5	35
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Аналіз існуючих стендів перевірки коробок переміни передач	43
3.2 Призначення та опис конструкції запропонованого стенда	44

3.3 Розрахунок приводу стенда	46
3.3.1 Визначення необхідної частоти обертання	46
3.3.2 Визначення необхідного крутного моменту	47
3.3.3 Визначення необхідної потужності приводу	47
3.3.4 Визначення передавального числа приводу	48
3.3.5 Вибір діаметрів шківів	48
3.4 Розрахунок валів та муфти	48
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	
4.1 Джерела небезпеки, уражаючі, небезпечні та шкідливі фактори	51
4.2 Аналіз виробничого середовища та умов праці на посту діагностики і ремонту КПП	53
Загальні висновки	56
Бібліографія	57
Додатки	59

ВСТУП

У процесі експлуатації автом вантажного класу, зокрема автомобілів Mercedes-Benz серії LK, елементи трансмісії працюють в умовах змінних навантажень, значних динамічних впливів і підвищеного зношування. Часті режими рушання з місця, рух із вантажем, робота у міському циклі та на міжміських перевезеннях призводять до поступового погіршення технічного стану зчеплення і коробки переміни передач. Несвоєчасне виявлення несправностей спричиняє зниження ефективності роботи автомобіля, підвищення витрат пального, збільшення простоїв і витрат на ремонт.

Сучасні вимоги до технічного обслуговування автотранспортних засобів передбачають перехід від реактивного ремонту до планово-попереджувальної системи обслуговування із застосуванням діагностичних методів контролю технічного стану. Це обумовлює необхідність розроблення раціональних технологічних процесів діагностики, технічного обслуговування та ремонту агрегатів трансмісії з використанням спеціалізованого обладнання, зокрема стендів перевірки коробок передач.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає у підвищенні ефективності експлуатації автомобілів Mercedes-Benz серії LK шляхом удосконалення технології обслуговування і ремонту зчеплення та коробок переміни передач типів G4, GV4, G3/55-6 та G3/60-5. Раціонально організований технологічний процес дозволяє зменшити трудомісткість робіт, скоротити час простою транспортних засобів, підвищити якість ремонту та забезпечити безпечні умови праці персоналу.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Призначення, конструктивні особливості та умови експлуатації Mercedes-Benz серії LK

Авто Mercedes-Benz серії LK належать до класу середньотоннажних вантажних транспортних засобів, призначених для виконання перевезень у міських, приміських та міжміських умовах експлуатації. Конструкція даної серії орієнтована на забезпечення високої надійності, ремонтпридатності та пристосованості до інтенсивної щоденної роботи в різних умовах.

Основною сферою застосування автомобілів є перевезення штучних і сипучих вантажів, робота у складі комунальної техніки, будівельних машин, а також експлуатація в логістичних та сервісних підприємствах. Характерною особливістю експлуатації є часті цикли розгону та гальмування, рух із змінним навантаженням і значна кількість перемикачів передач, що створює підвищене навантаження на агрегати трансмісії.

Силова передача автомобілів серії LK побудована за класичною схемою з розташуванням двигуна спереду та передаванням крутного моменту на ведучий міст через механічну коробку переміни передач. У такій компоновці щеплення виконує функцію короткочасного роз'єднання двигуна і трансмісії, забезпечуючи плавний початок руху та безударне перемикачів передач.

Конструкція передбачає використання механічних коробок передач декількох типів, зокрема G4, GV4, G3/55-6 та G3/60-5, які відрізняються передаточними числами, кількістю ступенів та конструктивним виконанням механізмів перемикачів. Застосування різних модифікацій КПП дозволяє адаптувати транспортний засіб до конкретних умов експлуатації – міського режиму, магістральних перевезень або роботи з підвищеним навантаженням.

Найбільших навантажень зазнають вузли щеплення та коробки передач, оскільки вони працюють у режимах змінного крутного моменту, ударних навантажень під час перемикачів передач та теплових впливів, що виникають унаслідок тертя. Часті пуски з місця, рух у заторах і перевантаження транспортного засобу спричиняють прискорене зношування фрикційних накладок, синхронізаторів і підшипникових вузлів.

1.2 Загальна будова трансмісії та принцип передавання крутного моменту

Трансмісія Mercedes-Benz серії LK призначена для передавання крутного моменту від ДВЗ до ведучих коліс, зміни величини тягового зусилля, забезпечення руху автомобіля з різними швидкостями, а також короткочасного роз'єднання силового агрегату з ходовою частиною під час перемикання передач і зупинки транспортного засобу.

Конструктивно трансмісія виконана за класичною механічною схемою, що характеризується поздовжнім розташуванням двигуна та передаванням крутного моменту на задній ведучий міст. Така компоновка забезпечує високу надійність, простоту технічного обслуговування і можливість роботи автомобіля в умовах значних експлуатаційних навантажень.

До складу трансмісії входять такі основні елементи:

- щеплення;
- механічна коробка переміни передач;
- карданна передача;
- головна передача ведучого моста;
- диференціал;
- півосі ведучих коліс.

Щеплення виконує функцію плавного з'єднання ДВЗ з трансмісією та захищає її елементи від перевантажень під час рушення автомобіля з місця. Коробка передач забезпечує зміну передаточного числа, що дозволяє ефективно використовувати потужність двигуна залежно від дорожніх умов і маси вантажу. Карданна передача передає обертання до ведучого моста, компенсуючи взаємні переміщення агрегатів під час руху автомобіля.

Принцип роботи трансмісії полягає у послідовному передаванні енергії від колінчастого вала двигуна до коліс. Крутний момент через маховик передається на ведений диск щеплення, далі — на первинний вал коробки передач. Після вибору необхідної передачі обертання через зубчасті передачі передається на вторинний вал, карданний вал і головну передачу, де відбувається остаточне збільшення крутного моменту перед його подачею на ведучі колеса.

Застосування коробок передач типів G4, GV4, G3/55-6 та G3/60-5 дозволяє забезпечити широкий діапазон передаточних чисел, що підвищує економічність роботи двигуна та покращує тягово-динамічні характеристики автомобіля. Наявність синхронізаторів у коробках передач забезпечує плавне перемикання ступенів і зменшує ударні навантаження на елементи трансмісії.

У процесі експлуатації всі елементи трансмісії працюють як єдина кінематична система, тому технічний стан щеплення безпосередньо впливає на довговічність коробки передач і навпаки. Порушення регулювань або зношування одного з вузлів призводить до збільшення динамічних навантажень, що прискорює знос суміжних деталей.

Таблиця 1.1 – Функції основних елементів трансмісії

Елемент трансмісії	Основне призначення	Особливості роботи
Щеплення	Короткочасне роз'єднання двигуна і КПП	Забезпечує плавний початок руху
Коробка передач	Зміна передаточного числа	Адаптація до режимів руху
Карданна передача	Передавання обертання між агрегатами	Компенсація кутових зміщень
Головна передача	Збільшення крутного моменту	Зменшення частоти обертання
Диференціал	Розподіл моменту між колесами	Забезпечує рух у повороті

1.3 Конструктивні особливості КПП G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5 автомобілів Mercedes-Benz серії LK

МКПП типів G4, GV4, G3/55-6 та G3/60-5, що застосовуються на автомобілях Mercedes-Benz серії LK, призначені для зміни передаточного числа трансмісії, забезпечення руху авто заднім ходом та тривалого роз'єднання ДВЗ з ведучими колесами під час роботи на холостому ході.

Конструктивно коробки передач виконані за тривальною схемою з постійним зачепленням зубчастих коліс. Передавання моменту проводиться

через первинний, проміжний та вторинний вали, що розміщені у жорсткому картері та встановлені на підшипникових опорах. Така компоновка забезпечує високу міцність конструкції та стабільність роботи при значних навантаженнях, характерних для вантажних автомобілів.

Поздовжній розріз коробки передач наведено на рисунках 1.2 та 1.3. Конструкція передбачає розташування зубчастих передач у постійному зачепленні, що зменшує зношування зубців і забезпечує плавність перемикавання ступенів.

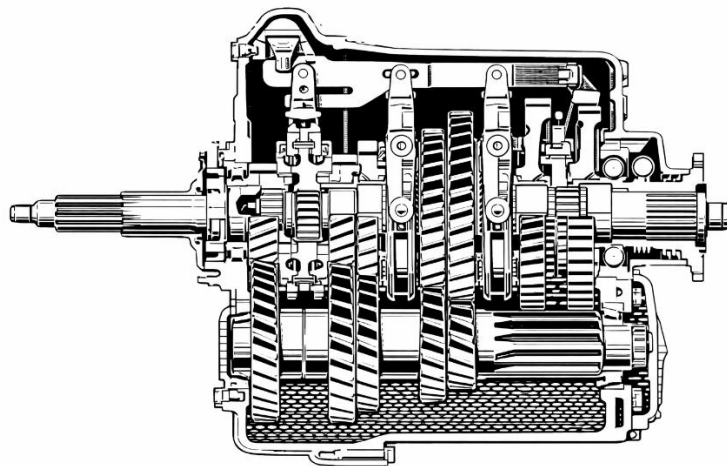


Рисунок 1.2 – Поздовжній розріз коробки передач G4/GV4

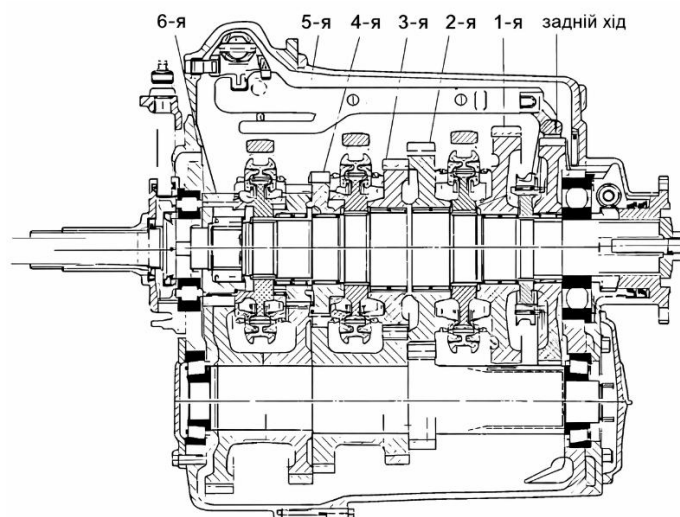


Рисунок 1.3 – Загальний вигляд внутрішньої будови коробки передач

Перемикавання передач здійснюється за допомогою синхронізаторів, які вирівнюють кутові швидкості валів перед входженням зубчастих муфт у зачеплення. Це дозволяє зменшити ударні навантаження та підвищити довговічність елементів трансмісії.

Особливості роботи синхронізуючого механізму показано на рисунку 1.4, де представлено поперечний розріз коробки передач у зоні вмикання вищих передач.

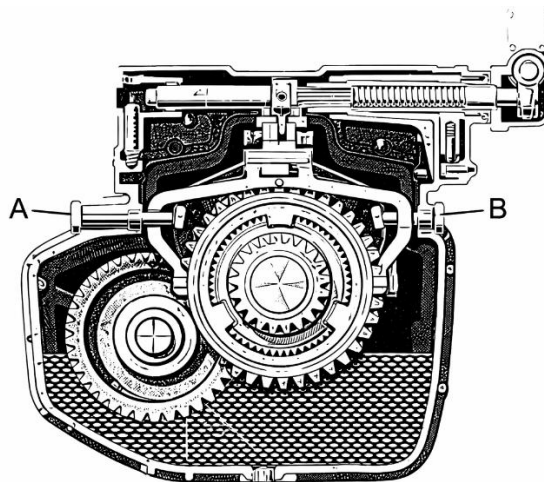


Рисунок 1.4 – Поперечний розріз КПП G4/65 на рівні синхронізаторів

Синхронізатори складаються з маточини, ковзної муфти та блокувальних кілець, які створюють тертя перед з'єднанням шестерень. Завдяки цьому забезпечується безшумне перемикання передач навіть за значної різниці швидкостей обертання.

Коробки передач зазначених типів відрізняються кількістю ступенів, передаточними числами та допустимим передаваним крутним моментом, що дозволяє адаптувати трансмісію до різних експлуатаційних умов автомобіля. При цьому конструктивна схема залишається уніфікованою, що спрощує технічне обслуговування та ремонт.

Таблиця 1.2 – Порівняння КПП G4, GV4, G3/55-6 та G3/60-5 серії LK

Параметр	G4	GV4	G3/55-6	G3/60-5
Тип КПП	механічна	механічна	механічна	механічна
Кількість передач уперед	4	4	6	5
Передача заднього ходу	є	є	є	є
Тип перемикання	механічне	механічне	механічне	механічне
Наявність синхронізаторів	на основних передачах	удосконалені	повна синхронізація	повна синхронізація

Конструктивна схема	тривальна	тривальна	тривальна	тривальна
Передавання моменту	постійне зачеплення	постійне зачеплення	постійне зачеплення	постійне зачеплення
Допустимий крутний момент, Н · м	середній	підвищений	високий	високий
Призначення	міські перев.	універсальна експлуатація	важкі умови роботи	змішані режими
Складність обслуговування	невисока	невисока	середня	середня
Ремонтопридатність	висока	висока	висока	висока

Порівняльний аналіз показує, що КПП G3 мають розширений діапазон передаточних чисел, що дозволяє ефективніше використовувати тягові можливості двигуна під час руху з великим навантаженням. Збільшення кількості передач сприяє зменшенню втрат потужності та покращенню паливної економічності автомобіля.

КПП типів G4 і GV4 характеризуються простішою конструкцією та меншою масою, що робить їх доцільними для експлуатації в міських умовах із частими зупинками. У свою чергу, модифікації G3/55-6 та G3/60-5 орієнтовані на роботу при підвищених навантаженнях і забезпечують більш плавний вибір режимів руху.

Уніфікація основних конструктивних елементів дозволяє застосовувати подібні ТО діагностики, ТО та ремонту, що є важливим фактором під час розроблення технологічного процесу обслуговування трансмісії серії LK.

1.4 Типові несправності зчеплення та коробки переміни передач і причини їх виникнення

Надійність роботи зчеплення та коробки переміни передач значною мірою залежить від експлуатації авто, своєчасності ТО та правильності керування транспортним засобом. У процесі роботи елементи трансмісії піддаються механічним, тепловим і динамічним навантаженням, що з часом призводить до їх зношування та появи несправностей.

Несправності зчеплення переважно пов'язані зі зношуванням фрикційних поверхонь, порушенням регулювань приводу та пошкодженням пружних елементів. Однією з найпоширеніших проблем є пробуксовування зчеплення, яке виникає внаслідок зношення накладок веденого диска, ослаблення притискної пружини або попадання мастила на фрикційні поверхні. Такий дефект призводить до втрати передаваного крутного моменту та перегрівання деталей.

Іншою характерною несправністю є неповне вимикання зчеплення, що ускладнює перемикання передач і супроводжується сторонніми шумами. Причиною може бути неправильне регулювання люфту педалі, деформація деталей приводу або несправність вижимного підшипника. Тривала експлуатація з такими відхиленнями спричиняє підвищене зношування синхронізаторів коробки передач.

Коробка перемикачів передач характеризується більш складними механічними процесами, тому її несправності можуть проявлятися у вигляді шуму, утрудненого перемикачів передач, самовимикання передач або витоків мастила. Основними причинами є зношування зубчастих коліс, підшипників, синхронізаторів, а також порушення рівня або якості трансмісійного мастила.

Особливо інтенсивне зношування деталей КПП виникає при роботі автомобіля з перевантаженням або під час різких змін режимів руху. Ударні навантаження, що виникають при неправильному перемикачів передач, спричиняють появу мікропошкоджень зубців шестерень і прискорене руйнування поверхонь тертя.

Для узагальнення найбільш поширених несправностей доцільно представити їх у табличній формі.

Таблиця 1.3 – Типові несправності зчеплення та КПП

Вузол	Ознака несправності	Ймовірна причина	Наслідки експлуатації
Зчеплення	Пробуксовування	Зношення фрикційних накладок	Втрата тяги, перегрів
Зчеплення	Ривки під час рушання	Деформація диска	Підвищені динамічні навантаження

Зчеплення	Шум при натисканні педалі	Зношення вижимного підшипника	Руйнування підшипника
КПП	Утруднене перемикання	Зношення синхронізаторів	Прискорений знос передач
КПП	Сторонній шум	Зношення підшипників	Пошкодження валів
КПП	Самовимикання передач	Зношення муфт або вилок	Втрата керованості трансмісією
КПП	Витік мастила	Пошкодження ущільнень	Недостатнє змащування

Аналіз типових несправностей показує, що більшість відмов виникає поступово і може бути виявлена на ранніх стадіях за допомогою діагностики. Своєчасне регулювання приводу зчеплення, контроль стану мастила та перевірка механізмів перемикання передач дозволяють значно збільшити ресурс трансмісії та знизити витрати на ремонт.

Отримані результати аналізу є основою для подальшого обґрунтування технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту зчеплення і коробки перемики передач, що розглядається у наступних розділах роботи.

1.5 Обґрунтування необхідності діагностики та технічного обслуговування зчеплення і коробки перемики передач

Зчеплення та коробка перемики передач автомобілів Mercedes-Benz серії LK належать до основних вузлів трансмісії, які забезпечують передавання крутного моменту від ДВЗ до ведучих коліс, зміну тягових характеристик і адаптацію автомобіля до різних дорожніх умов. Справний технічний стан цих агрегатів безпосередньо впливає на економічність роботи транспортного засобу, плавність руху та безпеку експлуатації.

У процесі роботи зчеплення функціонує в режимі періодичного тертя, під час чого виділяється значна міра тепла. Під час рушання автомобіля або перемикання передач виникають короточасні перевантаження, які викликають поступове зношування фрикційних накладок, пружних елементів і деталей

приводу. Без своєчасного контролю це призводить до пробуксовування, ривків під час руху та збільшення навантажень на коробку передач.

Коробка переміни передач працює в умовах складної взаємодії зубчастих передач, синхронізаторів і підшипників, що обертаються з різними швидкостями. Навіть незначне погіршення умов змащування або збільшення зазорів між деталями викликає підвищений шум, утруднення перемикання передач і зростання втрат енергії. Тривала експлуатація без діагностики може спричинити аварійні пошкодження зубчастих коліс і валів.

Необхідність систематичної діагностики пояснюється тим, що більшість дефектів трансмісії розвиваються поступово і мають характерні початкові ознаки. До таких ознак належать:

- збільшення зусилля на педалі зчеплення;
- поява сторонніх шумів під час перемикання передач;
- затримка ввімкнення передач;
- вібрації трансмісії під навантаженням;
- підтікання трансмісійного мастила.

Своєчасне виявлення зазначених відхилень дозволяє виконати регулювання або профілактичне обслуговування без проведення складного ремонту. Таким чином зменшуються експлуатаційні витрати та підвищується ресурс агрегатів.

Для узагальнення ролі технічного обслуговування доцільно представити вплив діагностики на стан вузлів трансмісії у вигляді схеми.

Регламентне технічне обслуговування зчеплення передбачає контроль люфту педалі, перевірку роботи приводу вимикання, оцінювання стану вижимного підшипника та перевірку відсутності пробуксовування. Для коробки передач основними операціями є перевірка рівня і стану мастила, контроль герметичності, оцінювання роботи механізму перемикання та прослуховування агрегату під навантаженням.

Практика експлуатації вантажних автомобілів показує, що регулярна діагностика дозволяє зменшити ймовірність відмов трансмісії на 25–40 %, а також суттєво збільшити міжремонтний ресурс агрегатів. Особливо це важливо

для автомобілів серії LK, які часто працюють у міських та міжміських перевезеннях із частими зупинками і зміною режимів руху.

Отже, впровадження технологічно обґрунтованого процесу діагностики та технічного обслуговування є необхідною умовою забезпечення надійної роботи зчеплення і коробки переміни передач. Саме це визначає актуальність подальшого розроблення технологічного процесу обслуговування і ремонту, що розглядається у наступних розділах кваліфікаційної роботи.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок трудомісткості діагностичних робіт зчеплення та коробки переміни передач

Діагностика зчеплення та коробки переміни передач автомобілів Mercedes-Benz серії LK проводиться з метою своєчасного виявлення відхилень у роботі механізмів трансмісії та запобігання серйозним пошкодженням агрегатів. Визначення трудомісткості діагностичних робіт є необхідним для подальшого розрахунку кількості постів, обладнання та персоналу.

Під трудомісткістю розуміють сумарні витрати робочого часу на виконання всіх операцій перевірки технічного стану агрегатів. До основних діагностичних операцій належать: перевірка роботи приводу зчеплення, контроль люфту педалі, перевірка плавності вимикання, оцінювання роботи вижимного підшипника, перевірка перемикачів передач, прослуховування роботи КПП та контроль рівня трансмісійного мастила.

Сумарна трудомісткість діагностичних робіт визначається за формулою:

$$T_d = N \cdot t_d \quad (2.1)$$

Трудомісткість перевірки одного автомобіля визначається як сума часу на виконання окремих операцій:

$$t_d = \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.2)$$

Для визначення трудомісткості складемо перелік основних операцій діагностики зчеплення та коробки переміни передач.

Таблиця 2.1 – Основні операції діагностики зчеплення і КПП

№	Операція	Час виконання, хв
1	Зовнішній огляд вузлів трансмісії	5
2	Перевірка люфту педалі зчеплення	4
3	Контроль роботи приводу вимикання зчеплення	6
4	Перевірка роботи вижимного підшипника	5
5	Контроль плавності рушання автомобіля	6

6	Перевірка перемикачів передач	7
7	Прослуховування роботи КПП під навантаженням	6
8	Перевірка рівня та стану трансмісійного мастила	4

Сумарна тривалість операцій становить:

$$t_d = 5 + 4 + 6 + 5 + 6 + 7 + 6 + 4 = 43 \text{ хв.}$$

Переведемо час у людино-години:

$$t_d = \frac{43}{60} = 0,72 \text{ люд. год.}$$

Таким чином, трудомісткість діагностики одного авто:

$$t_d = 0,72 \text{ люд. год.}$$

Припустимо, що протягом року на підприємстві обслуговується

$$N = 200 \text{ автомобілів}$$

Загальна трудомісткість діагн. робіт дорівнює (при умові $N = 200$):

$$T_d = 200 \cdot 0,72 = 144 \text{ люд. год.}$$

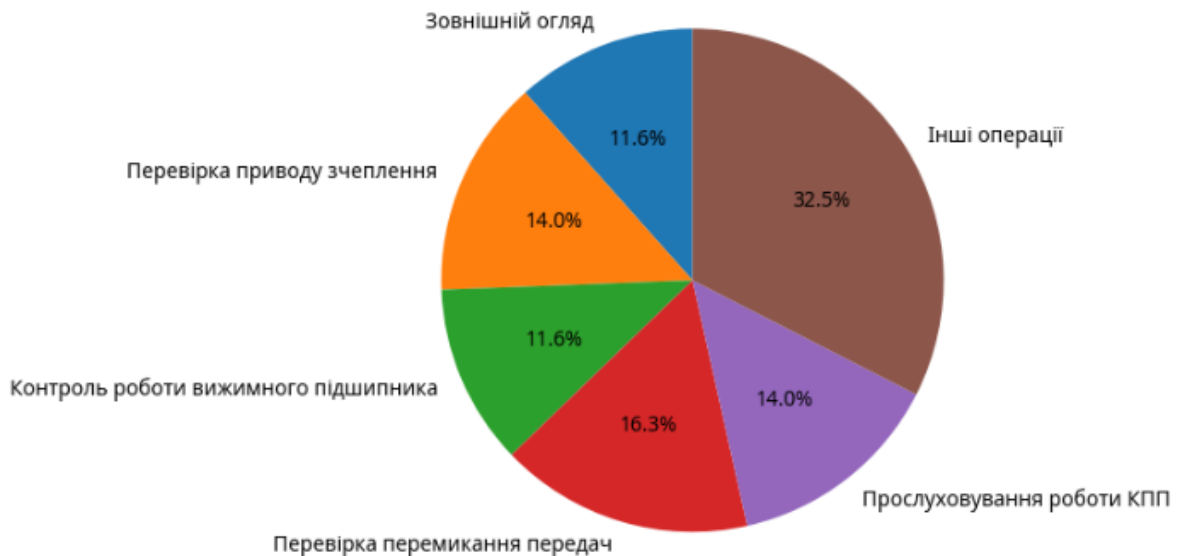


Рисунок 2.1 – Розподіл трудомісткості діагностичних операцій

Проведений розрахунок показує, що найбільші витрати часу припадають на перевірку механізму перемикачів передач та контроль роботи коробки передач під навантаженням. Це пояснюється складністю механічної взаємодії елементів КПП і необхідністю перевірки роботи агрегату в різних режимах.

2.2 Розрахунок тривалості діагностичного циклу зчеплення та коробки переміни передач

Ефективність роботи діагностичного поста значною мірою залежить від тривалості виконання повного комплексу перевірок технічного стану автомобіля. Під діагностичним циклом розуміють сукупність послідовних операцій, які виконуються для оцінювання технічного стану зчеплення та коробки переміни передач.

До складу діагностичного циклу входять підготовчі, основні та завершальні операції. Підготовчі операції включають установлення автомобіля на пост, фіксацію транспортного засобу та підготовку вимірювального інструменту. Основні операції пов'язані безпосередньо з перевіркою технічного стану вузлів трансмісії, а завершальні операції передбачають оформлення результатів діагностики та підготовку поста до приймання наступного автомобіля.

Загальна тривалість діагностичного циклу визначається як сума часу виконання окремих операцій:

$$t_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.3)$$

До тривалості циклу також необхідно враховувати допоміжний час, пов'язаний з підготовкою робочого місця та переміщенням автомобіля. У такому випадку розрахунок може бути представлений у вигляді:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{доп}} \quad (2.4)$$

На основі переліку діагностичних операцій визначимо їх тривалість.

Таблиця 2.2 – Структура діагностичного циклу

№	Операція	Тривалість, хв
1	Установлення автомобіля на пост	3
2	Зовнішній огляд агрегатів трансмісії	5
3	Перевірка люфту педалі зчеплення	4
4	Контроль роботи приводу зчеплення	6

5	Перевірка роботи вижимного підшипника	5
6	Перевірка перемикачів передач	7
7	Прослуховування роботи КПП	6
8	Контроль рівня мастила	4
9	Оформлення результатів діагностики	3

Основний час виконання діагностики становить:

$$t_{\text{осн}} = 5 + 4 + 6 + 5 + 7 + 6 + 4 = 37 \text{ хв.}$$

Допоміжний час становить: $t_{\text{доп}} = 3 + 3 = 6 \text{ хв.}$

Тоді повна тривалість діагностичного циклу: $t_{\text{ц}} = 37 + 6 = 43 \text{ хв.}$

$$t_{\text{ц}} = 0,72 \text{ год.}$$

Отже, для виконання повного комплексу діагностичних операцій зчеплення та КПП необхідно приблизно 0,72 год роботи поста.

Для оцінювання пропускну здатності поста діагностики визначимо кількість автомобілів протягом однієї робочої зміни:

$$N_{\text{зм}} = \frac{t_{\text{зм}}}{t_{\text{ц}}} \quad (2.5)$$

$$N_{\text{зм}} = \frac{8}{0,72}, \quad N_{\text{зм}} \approx 11.$$

Таким чином, один діагностичний пост може обслуговувати приблизно 11 автомобілів за одну робочу зміну.

Для більш наочного уявлення послідовність виконання операцій діагностики можна представити у вигляді технологічної схеми.

2.3 Розрахунок кількості діагностичних постів зчеплення та КПП

Кількість діагностичних постів визначається на основі річного обсягу робіт і ефективного фонду часу роботи одного поста. Правильний розрахунок дозволяє забезпечити рівномірне завантаження обладнання, уникнути простоїв автомобілів та раціонально організувати виробничий процес.

Річна трудомісткість діагностики визначається за формулою:

$$T_p = N \cdot t_d. \quad (2.6)$$

Приймаємо: $N = 200$ автомобілів, тоді $t_d = 0,72$ люд. год.

$$T_p = 200 \cdot 0,72 = 144 \text{ люд. год.}$$

Ефективний фонду часу роботи поста.

Номинальний фонд часу поста:

$$F_H = D_p \cdot t_{зм}. \quad (2.7)$$

$$F_H = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

З урахуванням коефіцієнта використання часу поста:

$$F_{еф} = F_H \cdot \eta. \quad (2.8)$$

$$F_{еф} = 2000 \cdot 0,9 = 1800 \text{ год.}$$

Кількість постів визначається:

$$P = \frac{T_p}{F_{еф}} \quad (2.9)$$

$$P = \frac{144}{1800} = 0,08.$$

Отримане значення округлюється: $P = 1$.

Коефіцієнт завантаження поста визначається:

$$K_3 = \frac{T_p}{F_{еф} \cdot P} \quad (2.10)$$

$$K_3 = \frac{144}{1800 \cdot 1} = 0,08.$$

Пост використовується на 8 % робочого часу, що є характерним для діагностичних операцій трансмісії, які виконуються разом з іншими ТО.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку кількості постів

Показник	Позначення	Значення
Кількість автомобілів	N	200
Трудомісткість діагностики	t _д	0,72 люд · год
Річна трудомісткість	T _р	144 люд · год
Ефективний фонд часу	F _{еф}	1800 год
Кількість постів	P	1
Коефіцієнт завантаження	K _з	0,08

Проведений розрахунок показує, що діагностика зчеплення та коробки передач може виконуватися на універсальному посту технічного обслуговування без створення окремої спеціалізованої лінії. Це забезпечує раціональне використання виробничих площ і обладнання підприємства.

2.4 Розрахунок потреби в діагностичному обладнанні для зчеплення та коробки переміни передач

Раціональний підбір діагностичного обладнання є важливою умовою забезпечення якісного контролю технічного стану зчеплення та КПП Mercedes-Benz серії LK. Кількість обладнання визначається на основі річної трудомісткості робіт, тривалості діагностичного циклу та ефективного фонду часу його використання.

Основною метою розрахунку є визначення мінімально необхідної кількості технічних засобів, які забезпечують виконання виробничої програми без перевантаження поста.

Річний фонд роботи одиниці обладнання визначається:

$$F_{об} = D_p \cdot t_{зм} \cdot \eta_{об} \quad (2.11)$$

Згідно: $D_p = 250$ днів, $t_{зм} = 8$ год., $\eta_{об} = 0,85$ отримаємо:

$$F_{об} = 250 \cdot 8 \cdot 0,85 = 1700 \text{ год.}$$

Необхідна кількість обладнання.

Кількість одиниць обладнання:

$$n_{об} = \frac{T_p}{F_{об}} \quad (2.12)$$
$$n_{об} = \frac{144}{1700} = 0,085.$$

Приймаємо:

$$n_{об} = 1.$$

Отже, для виконання діагностичних робіт достатньо однієї одиниці основного обладнання кожного типу.

Склад необхідного обладнання.

Вибір обладнання здійснюється відповідно до технологічних операцій діагностики трансмісії.

Таблиця 2.4 – Перелік діагностичного обладнання

№	Найменування обладнання	Призначення	Кількість
1	Двостійковий підйомник	Доступ до агрегатів трансмісії	1
2	Стенд перевірки зчеплення	Контроль роботи приводу	1
3	Набір вимірювального інструменту	Перевірка зазорів і люфтів	1 комплект
4	Індикатор годинникового типу	Контроль осьових переміщень	1
5	Динамометричний ключ	Контроль моментів затягування	1
6	Прилад акустичної діагностики	Виявлення шумів КПП	1
7	Ємність для контролю мастила	Перевірка стану оливи	1

Коефіцієнт завантаження обладнання.

$$K_{об} = \frac{T_p}{F_{об}} \quad (2.13)$$

$$K_{об} = \frac{144}{1700} = 0,085.$$

Обладнання використовується на 8,5 % робочого часу, що підтверджує можливість його використання також для виконання інших робіт ТО.

Пропускна здатність обладнання.

Кількість автомобілів, які може обслужити обладнання за зміну:

$$N_{зм} = \frac{t_{зм}}{t_{ц}}. \quad (2.14)$$

$$N_{зм} = \frac{8}{0,72} \approx 11.$$

Проведений розрахунок підтверджує, що для виконання діагностики зчеплення та КПП Mercedes-Benz LK достатньо одного універсального комплексу діагностичного обладнання, який забезпечує необхідну продуктивність і раціональне використання виробничих ресурсів.

2.5 Періодичність ТО зчеплення та КПП

Періодичність ТО є важливим параметром організації експлуатації автомобілів. Вона визначає інтервал пробігу або часу, через який необхідно виконувати контроль, регулювання та профілактичні роботи для підтримання справного технічного стану агрегатів трансмісії.

Для зчеплення та коробки переміни передач автомобілів Mercedes-Benz серії LK технічне обслуговування проводиться у складі загального технічного обслуговування автомобіля. Періодичність виконання робіт залежить від умов експлуатації, інтенсивності використання автомобіля та конструктивних особливостей агрегатів.

Розрахунок скоригованої періодичності ТО:

$$L_{\text{ТО}} = L_{\text{н}} \cdot K_{\text{у}} \quad (2.15)$$

Для вантажних автомобілів середньої вантажопідйомності приймаємо періодичність:

$$L_{\text{н}} = 15000 \text{ км.}$$

Перевезення характеризуються частими зупинками, змінами швидкості та підвищеним навантаженням на трансмісію. У зв'язку з цим застосовується коригувальний коефіцієнт:

$$K_{\text{у}} = 0,85.$$

Тоді скоригована періодичність ТО становить:

$$L_{\text{ТО}} = 15000 \cdot 0,85 = 12750 \text{ км.}$$

Кількість ТО для одного авто:

$$n_{\text{ТО}} = \frac{L_{\text{р}}}{L_{\text{ТО}}} \quad (2.16)$$

Для вантажних автомобілів приймаємо

$$L_{\text{р}} = 60000 \text{ км}$$

Тоді:

$$n_{\text{ТО}} = \frac{60000}{12750} \approx 4,7.$$

Отримане значення округлюється до 5 ТО на рік.

Для автопарку кількість ТО визначається:

$$N_{\text{ТО}} = N_a \cdot n_{\text{ТО}}. \quad (2.17)$$

Приймаємо:

$$N_a = 200.$$

$$N_{\text{ТО}} = 200 \cdot 5 = 1000.$$

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку періодичності ТО

Показник	Позначення	Значення
Нормативна періодичність ТО	L_n	15000 км
Коефіцієнт умов експлуатації	K_y	0,85
Скоригована періодичність	$L_{\text{ТО}}$	12750 км
Річний пробіг автомобіля	L_p	60000 км
Кількість ТО на автомобіль	$n_{\text{ТО}}$	5
Кількість автомобілів	N_a	200
Річна кількість ТО	$N_{\text{ТО}}$	1000

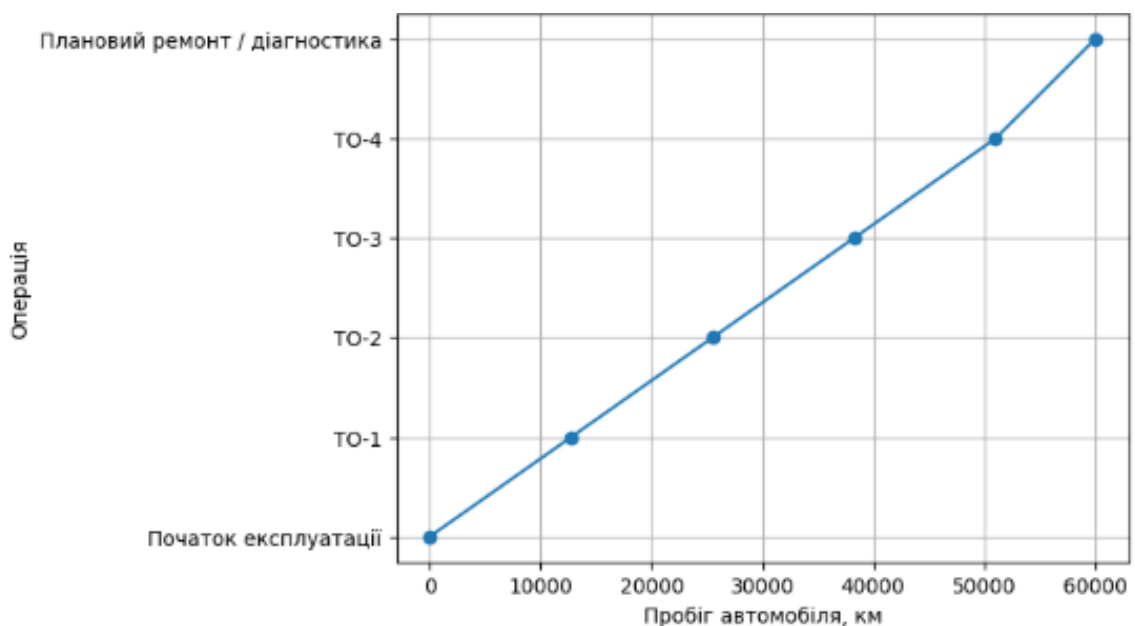


Рисунок 2.2 – Періодичність технічного обслуговування

Проведений розрахунок показує, що регулярний контроль стану зчеплення та коробки передач необхідно виконувати приблизно через кожні 12–13 тис. км пробігу. Дотримання цієї періодичності дозволяє своєчасно виявляти несправності трансмісії та запобігати їх подальшому розвитку.

2.6 Трудомісткість ТО зчеплення та КПП

Трудомісткість ТО визначає витрати робочого часу персоналу на виконання комплексу операцій контролю, регулювання та профілактичного обслуговування агрегатів трансмісії.

Технічне обслуговування зчеплення і коробки переміни передач включає:

- зовнішній огляд агрегатів;
- перевірку герметичності;
- контроль рівня та стану мастила;
- перевірку роботи механізму вимикання зчеплення;
- регулювання люфту педалі;
- перевірку шумів і плавності перемикання передач;
- діагностику під навантаженням.

Сумарна трудомісткість визначається як сума трудомісткостей окремих операцій:

$$t_{\text{ТО}} = \sum t_i. \quad (2.18)$$

Таблиця 2.6 – Трудомісткість операцій ТО

№	Найменування операції	Трудомісткість, люд · год
1	Зовнішній огляд зчеплення та КПП	0,15
2	Перевірка герметичності агрегатів	0,20
3	Контроль рівня мастила в КПП	0,15
4	Перевірка роботи механізму зчеплення	0,25
5	Регулювання люфту педалі	0,30
6	Перевірка перемикання передач	0,25
7	Функціональна діагностика під навантаженням	0,35

Отже,

$$t_{\text{ТО}} = 1,65 \text{ люд. год.}$$

Річна трудомісткість для одного авто визначається:

$$T_{\text{р1}} = t_{\text{ТО}} \cdot n_{\text{ТО}}. \quad (2.19)$$

$$T_{\text{р1}} = 1,65 \cdot 5 = 8,25 \text{ люд. год.}$$

Річна трудомісткість для автопарку:

$$T_p = T_{p1} \cdot N_a \quad (2.20)$$

$$T_p = 8,25 \cdot 200 = 1650 \text{ люд. год.}$$

При коефіцієнті $K_d = 1,1$, отримаємо: $T_p' = T_p \cdot K_d$, $T_p' = 1650 \cdot 1,1$,
 $T_p' = 1815 \text{ люд. год.}$



Рисунок 2.3 – Структура трудомісткості робіт

2.7 Розрахунок площі поста для діагностики та обслуговування зчеплення і КПП

Площа виробничого поста визначається з урахуванням габаритів авто, необхідних технологічних проходів, зон обслуговування та розміщення діагностичного обладнання. Пост забезпечує безпечні умови праці, зручність виконання операцій та скорочення непродуктивних переміщень персоналу.

Для розрахунку приймаємо характеристики автомобілів серії LK:

Параметр	Позначення	Значення
Довжина автомобіля	La	7,2 м
Ширина автомобіля	Ba	2,5 м
Технологічний прохід спереду і ззаду	a	1,5 м
Бокові проходи	b	1,0 м
Зона обладнання	Sоб	8 м ²

Розміри поста:

- довжина поста: $L_{\text{п}} = L_{\text{а}} + 2a = 7,2 + 2 \cdot 1,5 = 10,2 \text{ м}$.
- ширина поста: $B_{\text{п}} = B_{\text{а}} + 2b = 2,5 + 2 \cdot 1,0 = 4,5 \text{ м}$.

Основна площа поста:

$$S_{\text{осн}} = L_{\text{п}} \cdot B_{\text{п}} = 10,2 \cdot 4,5 = 45,9 \text{ м}^2.$$

З урахуванням площі обладнання, площа поста:

$$S_{\text{п}} = S_{\text{осн}} + S_{\text{об}} = 45,9 + 8 = 53,9 \text{ м}^2.$$

Приймаємо: $S_{\text{п}} \approx 54 \text{ м}^2$.

Таблиця 2.6 – Підсумкові параметри виробничого поста

Показник	Значення	Показник	Значення
Довжина поста	10,2 м	Площа обладнання	8 м ²
Ширина поста	4,5 м	Загальна площа	54 м ²
Основна площа	45,9 м ²		

Коефіцієнт використання площі:

$$K_{\text{пл}} = \frac{S_{\text{осн}}}{S_{\text{п}}} \quad (2.21)$$

$$K_{\text{пл}} = \frac{45,9}{54} = 0,85.$$

2.8 Розрахунок та підбір т обладнання дільниці

Раціональний підбір технологічного обладнання є необхідною умовою ефективної організації процесу діагностики, ТП та ремонту зчеплення і коробок переміни передач автомобілів. Оснащення дільниці повинно забезпечувати можливість виконання всіх ТП, передбачених виробником.

До основних операцій належать:

- зняття та встановлення коробки передач;
- перевірка стану елементів зчеплення;
- контроль герметичності та стану мастила;
- діагностика роботи коробки передач;

- перевірка роботи КПП після ремонту.

Для виконання зазначених операцій необхідно використовувати як спеціалізоване, так і допоміжне обладнання.

Кількість основного обладнання визначається залежно від річної трудомісткості робіт та ефективного фонду часу роботи поста.

Розрахунок виконується за формулою:

$$n = \frac{T_p}{F_{об} \cdot K_b} \quad (2.22)$$

Підставляючи отримані раніше значення: $T_p = 1815$ люд. год;
 $F_{об} = 1672$ год; $K_b = 0,85$ одержимо:

$$n = \frac{1815}{1672 \cdot 0,85} = 1,28.$$

Отримане значення округлюється до більшого цілого числа. Таким чином для організації робіт достатньо одного виробничого поста, оснащеного комплектом технологічного обладнання.

Основним спеціалізованим обладнанням дільниці є стенд для перевірки коробок переміни передач, який забезпечує можливість проведення діагностики КПП під навантаженням. Використання такого стенда дозволяє перевіряти роботу передач, синхронізаторів та підшипників після ремонту, а також визначати наявність сторонніх шумів і вібрацій.

Перелік обладнання формується відповідно до технологічних операцій обслуговування трансмісії.

Таблиця 2.7 – Необхідне технологічне обладнання

№	Найменування обладнання	Призначення	Кількість
1	Двостійковий підйомник	Доступ до агрегатів трансмісії	1
2	Трансмісійна стійка	Зняття та встановлення КПП	1
3	Стенд перевірки коробок передач	Діагностика та випробування КПП	1

4	Комплект центрування диска зчеплення	Монтаж зчеплення	1
5	Динамометричний ключ	Контроль моментів затягування різьбових з'єднань	2
6	Пересувний інструментальний візок	Розміщення слюсарного інструменту	2
7	Ємність для зливу мастила	Обслуговування КПП	1
8	Освітлювальна переносна лампа	Оглядові та монтажні роботи	2

Для оцінки ефективності використання обладнання визначається коефіцієнт його завантаження:

$$nK_3 = \frac{T_p}{n \cdot F_{об}} \quad (2.23)$$

$$K_3 = \frac{1815}{1 \cdot 1672} = 1,08.$$

Отримане значення свідчить про достатньо інтенсивне використання обладнання, що підтверджує правильність вибору кількості виробничих постів.

2.9 ТП діагностики, ТО та ремонту щеплення та коробки переміни передач G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5

2.9.1 Щеплення

Демонтаж та встановлення механізму щеплення

Для отримання доступу до вузлів щеплення необхідно попередньо відокремити коробку переміни передач від двигуна автомобіля. Спочатку демонтують коробку передач і відвертають кріпильні болти, якими картер коробки з'єднаний із картером щеплення. Картер коробки передач знімається разом із напрямною обмежувача. Перед подальшим розбиранням доцільно нанести мітки взаємного положення натискного механізму та маховика двигуна, що забезпечить правильне встановлення під час складання. Через нижній технологічний отвір картера щеплення послідовно послаблюють болти

кріплення натискного механізму. Відгвинчування виконують хрест-навхрест, поступово зменшуючи зусилля притискання пружин. Після цього через той самий отвір знімають натискний механізм разом із веденим диском. Під час складання необхідно перевірити вільне переміщення маточини веденого диска по шліцах первинного вала КПП. Шліцьове з'єднання слід змастити тонким шаром мастила типу Molykote, уникаючи надлишкового нанесення.

Слід врахувати, що з шасі № 137785, серії комплектуються диском щеплення з демпфувальним кільцем. Для автомобілів ранніх випусків, у яких під час руху на малих швидкостях виникає металевий шум, рекомендовано встановлювати модернізований диск із демпфером разом із заміною натискного механізму в зборі. Це дозволяє зменшити шум, спричинений нерівномірністю роботи двигуна.

Ведений диск встановлюють на маховик таким чином, щоб подовжена частина маточини була спрямована у бік коробки передач. Далі монтують натискний механізм, суміщаючи його з раніше нанесеними мітками. Для фіксації положення диска застосовують центрувальну оправку або спеціальну затискну муфту. Кріпильні болти затягують поступово, у хрестоподібній послідовності, забезпечуючи рівномірне притискання механізму. Після остаточного затягування центрувальний пристрій знімають, відновлюють обмежувач і під'єднують механізм вимикання щеплення.

Регулювання вільного ходу педалі щеплення

Регулювання зазору між передавальним (головним) циліндром приводу щеплення та штоком штовхача виконують з метою забезпечення правильного спрацювання механізму вимикання щеплення і запобігання передчасному зносу його елементів.

Для виконання регулювання необхідно послабити гайку кріплення ексцентрика, що забезпечує зміну положення приводу. Після цього під обмежувач педалі встановлюють регулювальний клин товщиною **0,4 мм**, який задає необхідне початкове положення педалі.

Повертаючи ексцентрик, досягають такого положення, при якому зазор між штоком штовхача та поршнем головного циліндра повністю відсутній,

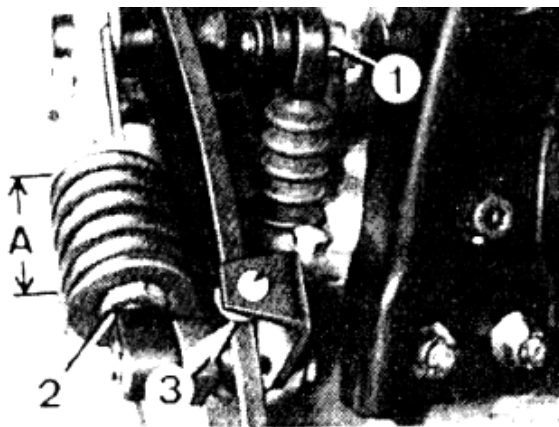
тобто забезпечується нульовий люфт без попереднього натискання на поршень. Після досягнення потрібного положення ексцентрика його фіксують затягуванням контргайки.

На завершальному етапі видаляють клин товщиною 0,4 мм і перевіряють роботу педалі щеплення. Педаль повинна переміщуватися плавно, без заїдань, а вільний хід має відповідати встановленим технічним вимогам.

Регулювання пружини педалі щеплення

Mercedes-Benz серії LK обладнані спеціальною пружиною педалі щеплення, призначеною для проходження так званої «мертвої точки». Наявність цієї пружини забезпечує стабільне повернення педалі у вихідне положення та зменшує зусилля, необхідне для керування приводом щеплення.

Для механізму щеплення типу GMF 350 регульовальний розмір «А» повинен становити 41 мм. Даний параметр відповідає довжині пружини, виміряній між опорними чашками. Необхідне значення встановлюють шляхом обертання регульовальної гайки кріплення пружини.



Точки регулювання люфту та довжини пружини: А – довжина пружини 38 або 41 мм (залежно від моделі); 1 – ексцентрик; 2 – гайка регулювання довжини пружини; 3 – місце встановлення клина товщиною 0,4 мм для регулювання люфту.

Під час регулювання слід контролювати положення педалі та плавність її переміщення. Якщо після відпускання педаль щеплення не повертається у вихідне положення або залишається частково втягнутою, довжину пружини рекомендується збільшити приблизно на 4 мм. Таке коригування забезпечує достатнє зворотне зусилля та нормальну роботу приводу.

Після завершення регулювання необхідно виконати контрольну перевірку: педаль повинна переміщуватися без ривків, чітко проходити положення мертвої точки та повністю повертатися у верхнє положення.

2.9.2 КПП G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5

2.9.2.1 Порівняння КПП G4, GV4, G3/55-6, G3/60-5

Типи G3/55-6 та G3/60-5 є три-валовими МКПП з різною кількістю передач (6- та 5-ступеневі відповідно), які широко застосовуються на середньотоннажних вантажівках. КПП G4 та GV4 є більш потужними та призначені для роботи з більшими навантаженнями, а також можуть мати розширений діапазон передавальних чисел.

Основною відмінністю між ними є їх навантажувальна здатність та конструктивна складність. Моделі G3 орієнтовані на середній клас вантажівок, тоді як G4 і GV4 застосовуються у важчих умовах експлуатації.

G4 і GV4 мають більший запас міцності та використовуються з ДВЗ більшої потужності. GV4 є модернізованим варіантом G4 з покращеними характеристиками міцності та ефективності.

Таблиця 2.8 – Порівняльна таблиця КПП

Параметр	G4	GV4	G3/55-6	G3/60-5
Тип КПП	Механічна	Механічна	Механічна	Механічна
Кількість передач	4 – 6 (залежно від модифікації)	4 – 6	6	5
Конструкція	Тривальна	Тривальна	Тривальна	Тривальна
Клас авто	Середній / важкий	Середній / важкий	Середній	Середній
Допустимий момент	Високий	Вищий за G4	Середній	Середній
Складність конструкції	Середня	Вища	Середня	Проста
Плавність перемикання	Середня	Висока	Висока	Середня
Надійність	Висока	Висока	Висока	Дуже висока
Область застосування	Важкі умови	Підвищені навантаження	Універсальна	Базова експлуатація

2.9.2.2 КПП G 3/55-6 і G 3-60-5

Демонтаж КПП

Для забезпечення доступу до механізму перемикання передач необхідно виконати послідовне зняття елементів керування та верхньої кришки коробки передач.

Спочатку від'єднують тягу привода механізму перемикання передач. Після цього відкручують болти кріплення кришки та знімають шайби. Далі кришку обережно піднімають разом із вилками перемикання передач і демонтують прокладку, що забезпечує герметичність з'єднання.

Розбирання кришки (механізму перемикання передач)

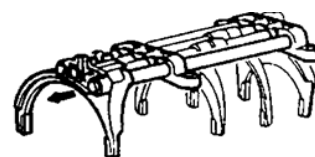
Після зняття кришки виконують її подальше розбирання. Для цього відкручують чотири болти кріплення опор вилки і знімають шайби. Потім опори разом із вилками та тягами механізму вибору передач обережно піднімають і знімають.

Далі витягують опори у відповідному напрямку (згідно з конструктивною схемою), після чого демонтують вилку перемикання 5–6 передач разом із тягою. Наступним етапом вибивають шплінт вилки 5–6 передач і відокремлюють тягу від вилки.

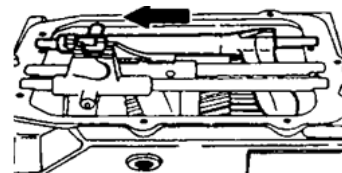
Після цього знімають різьбові шплінти, що фіксують інші елементи механізму.

Розбирання вилки (КПП G3/60-5)

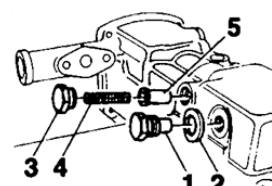
Розбирання механізму перемикання передач коробки передач типу G3/60-5 виконується після демонтажу кришки та забезпечує доступ до основних елементів керування передачами для подальшої дефектації. На початковому етапі вмикають першу передачу, що забезпечує фіксацію тяг механізму перемикання в картері коробки передач. Після цього послаблюють болти з шестигранною головкою та знімають підтримуючу скобу.



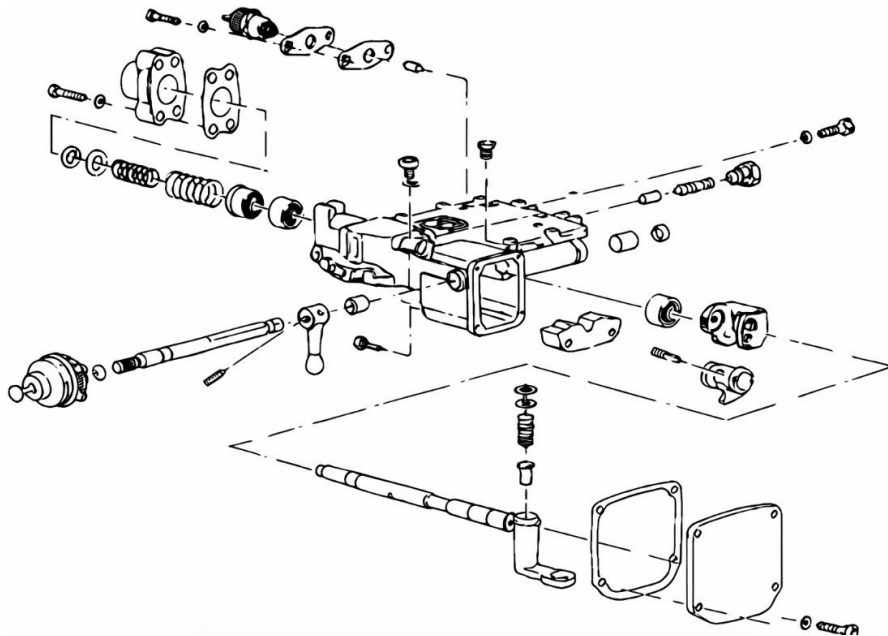
Видалення опори, врівноважуючи напрямком стрілки



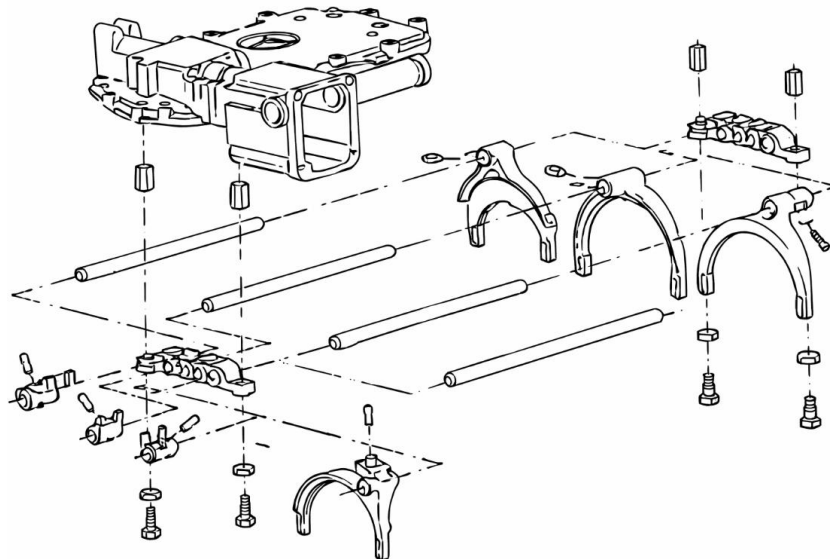
Вмикання 1 передачі згідно стрілки



Деталі кришки:
1-Направлючий болт; 2-Шайба; 3-Пробка;
4-Пружина; 5-Вісь

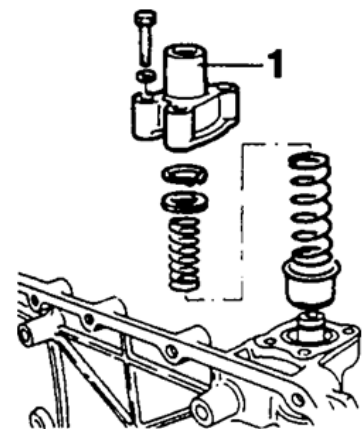


Привід перемикання передач



Вилки перемикання передач

Далі тягу привода передачі заднього ходу та першої передачі протягують зі сторони трансмісії поверх вилок перемикання 2–3 та 4–5 передач. Після цього три тяги механізму перемикання передач витягують у зборі, попередньо піднявши їх над картером коробки передач. Перша передача повинна бути увімкнена, оскільки це забезпечує фіксацію тяг у картері та запобігає їх зміщенню під час демонтажу. Наступним етапом відкручують вимикач блокування стартера та витягують натискну тягу. Потім



Зняття заглушки

демонтують фланець разом із прокладкою, а також знімають заглушку сапуна і кільцеве ущільнення.

Якщо коробка передач обладнана блокіратором механізму відбору потужності, необхідно відкрутити відповідний вимикач, демонтувати блокіратор разом із прокладкою та витягнути натискну тягу.

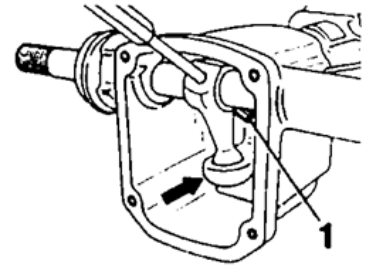
Після цього відкручують вимикач сигналів заднього ходу. Демонтують напрямний болт разом із шайбою, знімають пробку, після чого витягують пружину з віссю.

Далі знімають заглушку, прокладку, стопорне кільце, шайбу, пружини та опорні чашки пружин. Після цього демонтують ще одну заглушку з прокладкою, вдавлюють важіль вибору передач усередину та вибивають шплінт за допомогою оправки відповідного діаметра.

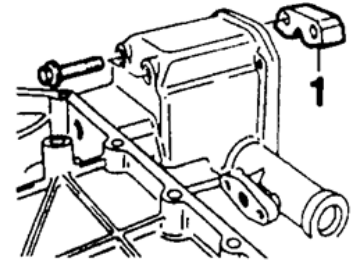
Після видалення шплінта витягують вал разом із важелем привода механізму вибору передач із кришки коробки передач. Наконечник важеля знімають після розблокування стопорних кілець.

Далі кришку перевертають і відкручують болти кріплення сегмента. Через отвір напрямного болта вибивають шплінт нижнього кінця важеля перемикачів і витягують тягу привода механізму перемикачів передач із кришки.

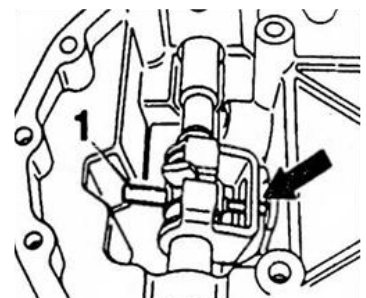
Після цього демонтують фіксатор (защіпку), нижній кінець важеля, стопорне кільце тяги, шайбу, пружину та вісь тяги. Завершальним етапом є зняття голчастих підшипників із кришки, а також випресування втулок і пробок за допомогою відповідних оправок.



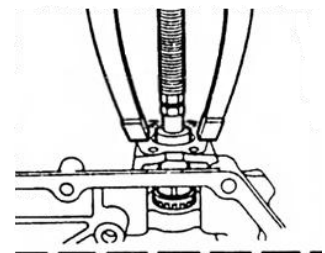
Зняття шплінта



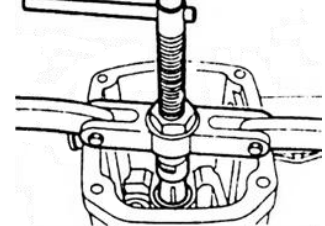
Зняття сегмента, підтримуваного болтами



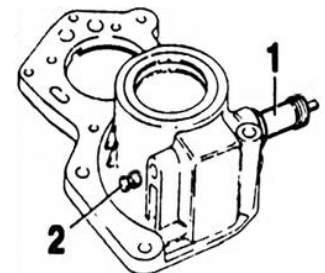
Зняття шплінта важеля перемикачів



Зняття голчастих підшипників з кришки



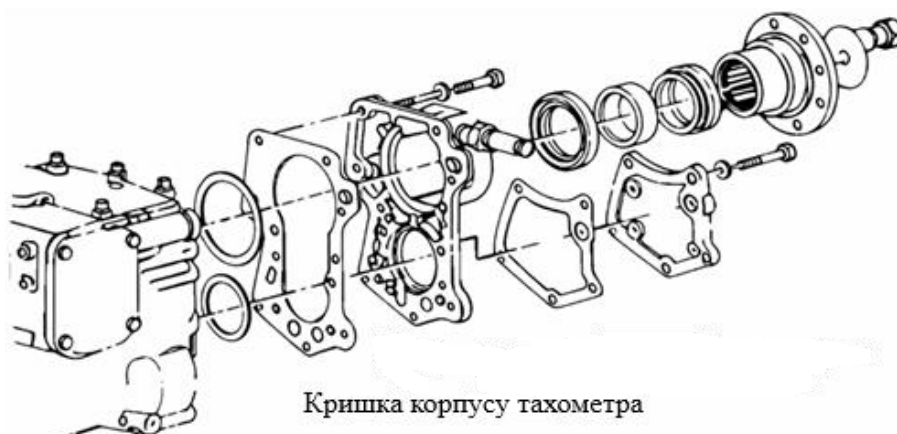
Зняття голчастих підшипників з кришки



Кришка корпусу тахометра:
1-Штуцер; 2- Пробка

Демонтаж привода тахометра

Демонтаж привода тахометра виконують для перевірки його технічного стану, очищення та доступу до елементів приводу первинного вала коробки передач. Роботи виконуються послідовно з урахуванням конструктивних особливостей вузла. Спочатку відкручують болт із шестигранною головкою, розташований на кінці вала привода тахометра, використовуючи відповідний інструмент. Після цього знімають шайбу та демонтують вихідний фланець. Далі від'єднують нижню кришку разом із прокладкою. У випадку, коли коробка передач оснащена механізмом відбору потужності, замість кришки необхідно зняти сам механізм. Наступним етапом витягують кришку корпусу тахометра разом із ущільнювальними та регулювальними прокладками. Для полегшення відокремлення кришки від корпусу допускається обережне постукування молотком із м'яким (пластмасовим) бойком, що дозволяє уникнути пошкодження контактних поверхонь.

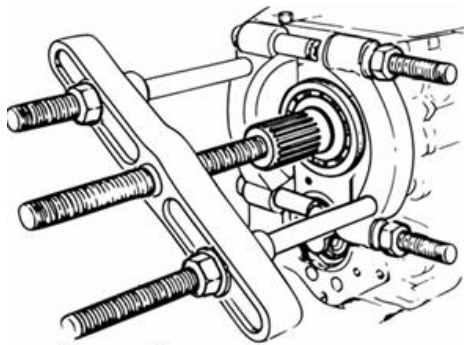


Після зняття кришки від'єднують дистанційну втулку та косозубу шестерню привода тахометра, яка взаємодіє з первинним валом коробки передач. Далі витягують Т-подібну ущільнювальну прокладку, що забезпечує герметичність з'єднання. Потім відкручують штуцер, розміщений на кришці корпусу тахометра, і демонтують пробку. Ущільнювальну прокладку штуцера витягують за допомогою спеціально підібраної оправки, що дозволяє уникнути її пошкодження. На завершальному етапі вал привода тахометра відокремлюють від кришки корпусу із застосуванням допоміжного пристосування, після чого витягують шестерню привода з корпусу.

У результаті виконаних операцій забезпечується повне розбирання приводу тахометра, що дає можливість визначити ступінь їх зношування та прийняти рішення щодо подальшого використання або заміни.

Зняття первинного та вторинного валів

Демонтаж первинного та вторинного валів коробки передач виконується для проведення дефектації, перевірки технічного стану підшипників, шестерень і посадкових поверхонь, а також для подальшого ремонту агрегату. Спочатку виконують зняття первинного вала. Для цього демонтують передню кришку коробки передач, попередньо послабивши її посадку легкими ударами молотка з м'яким бойком, що дозволяє уникнути пошкодження деталей. Після цього знімають регульовальну прокладку та витягують Т-подібне ущільнення з кришки. Далі розблоковують планетарний вал. У разі утрудненого демонтажу



Зняття підшипників вторинного валу

допускається застосування легких ударів молотком із пластмасовим бойком. Після розблокування вал обережно витягують із корпуса коробки передач. Завершальним етапом є зняття обойми роликового підшипника. Після демонтажу первинного вала переходять до зняття вторинного вала. Для цього попередньо знімають первинний вал і кришку коробки передач. Вторинний вал заглиблюють приблизно на 5 мм за допомогою легких ударів молотка з м'яким бойком, після чого витягують кінцевий ролик-підшипник і дистанційну втулку. Далі вал обережно виймають із картера, починаючи з боку приводу.

Для коробки передач типу G3/60-5 передбачено додаткові операції. Спочатку вдавлюють вісь блокування натискного кільця, одночасно повертаючи його таким чином, щоб проточки вторинного вала співпали з виступами кільця. Після цього легкими ударами по передній частині вала здійснюють випресування заднього підшипника з картера. Далі вторинний вал витягують із шестеренного механізму, після чого видаляють вісь блокування та натискну пружину. За необхідності додатково знімають втулки та голчастий підшипник передачі заднього ходу.

На завершальному етапі демонтують блоки шестерень: спочатку знімають блок шестерень 4–5 та 2–3 передач, після чого піднімають блок шестерень першої передачі та передачі заднього ходу, повертають його приблизно на 90° і витягують із картера разом із шестернею заднього ходу.

Ремонт валів

Первинний вал закріплюють у лещатах із дотриманням обережності, щоб не пошкодити робочі поверхні. Після фіксації знімають стопорне кільце та роз'єднують втулку, яка складається з двох частин. Далі витягують упорне кільце та циліндричний роликовий підшипник.

Після цього вал перевертають і нагрівають обойму підшипника приблизно до температури 100 °С у зоні посадки. Нагрівання дозволяє послабити натяг, після чого обойму знімають за допомогою відповідної оправки без пошкодження вала. Під час складання обойму підшипника попередньо нагрівають до температури близько 80 °С і встановлюють на вал. Після охолодження забезпечується щільна посадка, яку при необхідності коригують за допомогою оправки або трубки відповідного діаметра.

Далі встановлюють роликовий підшипник і упорне кільце, при цьому орієнтують фаску по зовнішньому діаметру у правильному напрямку, що забезпечує коректну роботу вузла. Після цього монтують роздільну втулку та встановлюють стопорне кільце. Для запобігання самовільному зміщенню кільце додатково фіксують кернуванням у декількох точках.

Вторинний вал також закріплюють у лещатах, розташовуючи його передньою частиною вгору. Розбирання починають зі зняття стопорного кільця, після чого послідовно демонтують елементи синхронізаторів і зубчастих передач.

Спочатку розбирають механізм синхронізації вищих передач. Знімають стопорні та конусні кільця синхронізаторів, після чого демонтують ковзні муфти та відповідні синхронізуючі кільця. Далі послідовно знімають шестерні передач разом із голчастими підшипниками.

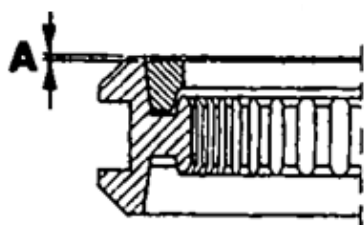
Для демонтажу втулок, кілець і шестерень застосовують спеціальні знімачі, що дозволяє уникнути пошкодження деталей і забезпечити точність

розбирання. Після цього переходять до розбирання синхронізаторів середніх передач, знімаючи відповідні кільця, муфти та шестерні.

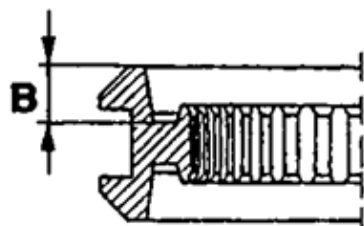
Після перевертання вала виконують демонтаж вузлів нижчих передач і передачі заднього ходу. Знімають ковзні муфти, синхронізуючі кільця, шестерні та підшипники. На завершальному етапі розбирають вузли першої та другої передач із демонтажем усіх стопорних кілець, конусних кілець синхронізаторів і підшипників.

Перевірка синхронізаторів КПП

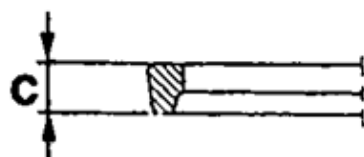
Перевірка синхронізаторів є важливим етапом ремонту коробки передач, оскільки саме ці елементи забезпечують плавне та безударне перемикання передач. Перед початком вимірювань усі деталі необхідно ретельно очистити



від забруднень і залишків мастила. Особливу увагу приділяють стану конусних кілець: на їх поверхні не повинно бути слідів інтенсивного зносу, перегріву (синюватих плям) або нерівностей.



Для оцінки технічного стану синхронізатора конусне кільце встановлюють у відповідну ковзну муфту та забезпечують їх рівномірне взаємне обертання. Після цього вимірюють у кількох точках зазор між кільцем і муфтою (розмір «А»). Далі кільце виймають і визначають відстань між крайкою муфти та її робочою поверхнею (розмір «В»), а також товщину конусного кільця (розмір «С»).



Перевірка степені зношення синхронізаторів

Оцінювання зносу проводиться шляхом розрахунку різниці між розміром «В» та сумою «А» і «С». Наприклад, при значеннях $A = 0,4$ мм та $C = 9,7$ мм їх сума становить 10,1 мм. Якщо $B = 11,2$ мм, то різниця дорівнює 1,1 мм. Отримане значення не повинно бути менше 0,3 мм, оскільки це є гранично допустимий знос. У разі перевищення цього показника деталі синхронізатора підлягають заміні з повторним контролем параметрів.

Після виконання вимірювань складання вузла здійснюють у зворотній послідовності. При цьому необхідно забезпечити правильне встановлення

стопорних елементів: загнута частина фіксатора повинна входити у відповідний паз кільця синхронізатора. Стопорні кільця встановлюють без зазору; у разі його наявності підбирають інший розмір із ремонтного комплекту.

Обов'язково перевіряють осьові зазори шестерень, які повинні відповідати нормативним значенням. У разі необхідності окремі елементи, такі як дистанційні кільця або втулки, перед монтажем нагрівають до температури приблизно 80 ... 85 °С для забезпечення щільної посадки.

Особливості перевірки для КПП G3/60-5

Для коробки передач G3/60-5 правильність підбору деталей, що впливають на зазори та положення синхронізаторів, визначається шляхом попереднього складання вторинного вала поза картером. Після встановлення кожної передачі вимірюють зазори між елементами, які повинні знаходитись у межах:

- для першої передачі та заднього ходу – 0,20 – 0,45 мм;
- для другої, третьої та четвертої передач – приблизно 0,20 – 0,30 мм.

Також контролюють бокові зазори шестерень і правильність роботи синхронізаторів, переміщуючи муфти у різні положення. Особливу увагу приділяють взаємному розташуванню муфт відносно упорних елементів, що дозволяє уникнути постійного тертя та забезпечити вільний хід механізму перемикання передач.

У разі відхилення від нормативних значень виконують підбір дистанційних втулок або кілець відповідного розміру, після чого повторюють контрольне складання. Після остаточної перевірки вузол знову розбирають, зберігаючи підібрані деталі для подальшого остаточного складання коробки передач.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз існуючих стендів перевірки коробок переміни передач

Контроль технічного стану КПП після ремонту є важливим етапом технологічного процесу обслуговування трансмісії. У сучасній практиці застосовуються різні типи стендів, які відрізняються конструкцією, рівнем автоматизації та функціональними можливостями.

Існуючі стенди перевірки КПП можна умовно поділити на три основні групи:

- універсальні промислові випробувальні стенди;
- спеціалізовані стенди для окремих типів трансмісій;
- спрощені ремонтні стенди дільничного рівня.

Таблиця 3.1 – Порівняння стендів перевірки КПП.

Параметр	Універсальний	Спеціалізований	Запропонований
Вартість	Висока	Середня	Низька
Універсальність	Висока	Низька	Середня
Складність обслуговування	Висока	Середня	Низька
Потреба у спеціальному персоналі	Так	Частково	Ні
Можливість діагностики шумів	Так	Так	Так
Придатність для СТО	Обмежена	Часткова	Висока
Габарити	Великі	Середні	Компактні

Аналіз показує, що для умов ремонтної дільниці АТП найбільш раціональним є використання стенда середнього рівня складності, який забезпечує необхідний обсяг перевірок при мінімальних витратах.

Конструкція стенда повинна мати такі переваги: проста та надійна кінематична схема; використання стандартного електроприводу; можливість перевірки кількох типів КПП; зменшення часу післяремонтної перевірки; невисока собівартість виготовлення.

3.2 Призначення та опис конструкції запропонованого стенда

Розроблений стенд призначений для перевірки технічного стану КПП автомобілів Mercedes-Benz серії LK після виконання ремонтних або регулювальних робіт. Конструкція стенда забезпечує можливість випробування коробок передач типів G4, GV4, G3/55-6 та G3/60-5 у стаціонарних умовах ремонтної дільниці без встановлення агрегату на автомобіль.

Основною метою застосування стенда є відтворення робочих режимів трансмісії шляхом примусового обертання первинного вала коробки передач із можливістю контролю роботи механізмів перемикання передач.

Стенд дозволяє виконувати такі операції:

- перевірку правильності складання коробки передач після ремонту;
- контроль роботи синхронізаторів та механізму перемикання передач;
- перевірку плавності включення передач;
- виявлення сторонніх шумів, вібрацій та ударних навантажень;
- контроль роботи підшипникових вузлів;
- перевірку герметичності корпусу КПП;
- обкатку агрегату перед встановленням на автомобіль.

Запропонований стенд призначений для перевірки технічного стану КПП після ремонту або під час діагностики. Конструкція стенда забезпечує імітацію реальних умов роботи трансмісії шляхом примусового обертання вхідного вала коробки передач та контролю режимів її функціонування.

Основою стенда є жорстка зварна рама прямокутної конструкції, виготовлена зі сталевих профільних елементів. Рама виконує несучу функцію та надає необхідну жорсткість та стійкість при роботі. На рамі встановлені всі основні вузли стенда: електропривод, передавальний механізм, вузол кріплення коробки передач, опори валів та допоміжні елементи керування.

Привід стенда складається з електродвигуна, який передає крутний момент через муфту та ремінну передачу на ведучий вал. Застосування ремінної передачі дозволяє зменшити ударні навантаження, компенсувати незначні перекося валів та забезпечити плавний пуск агрегату. Передача обертання

здійснюється на вхідний вал КПП через з'єднувальну муфту, що забезпечує співвісність та швидке встановлення випробуваного агрегату.

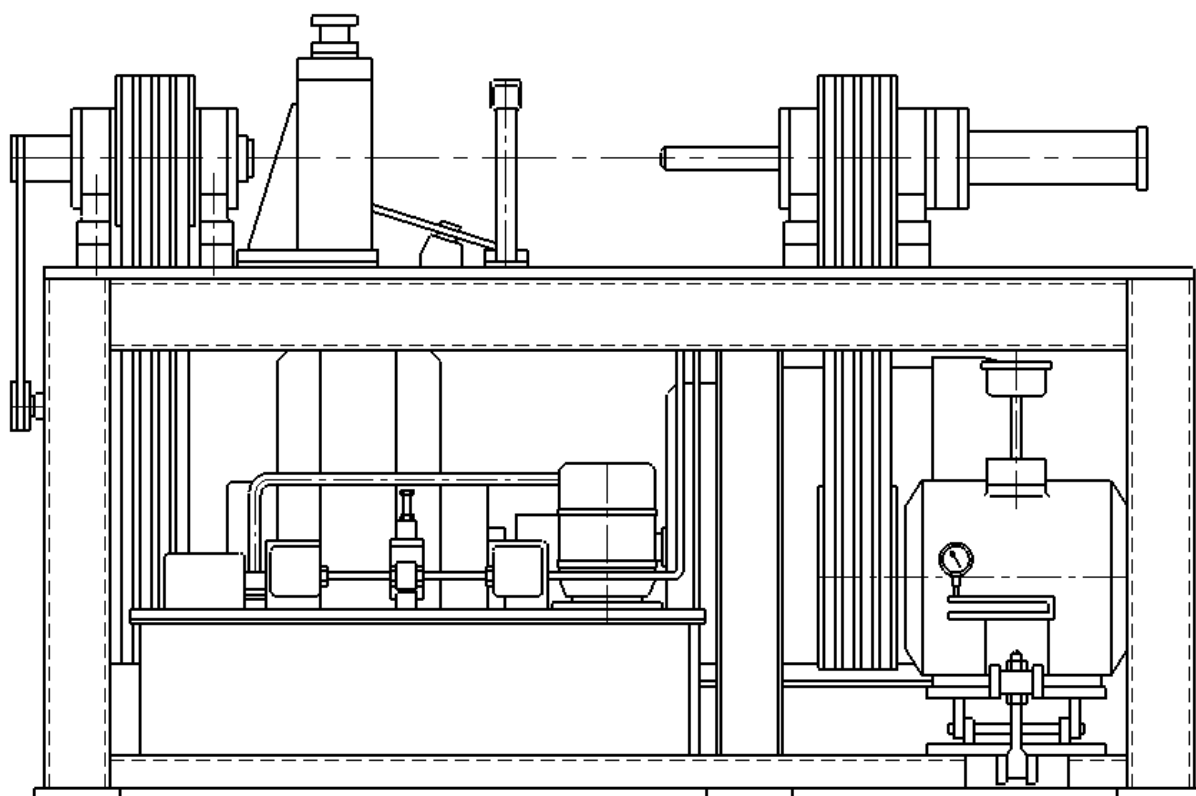


Рисунок 3.1 – Стенд для перевірки КПП

Для монтажу коробки передач передбачено спеціальний установчий вузол із регульованими кронштейнами. Конструкція кріплення дозволяє встановлювати коробки передач різних типорозмірів без значних переналаштувань стенда. Фіксація агрегату здійснюється болтовими з'єднаннями, що забезпечує надійність під час роботи.

У конструкції стенда передбачено опорні підшипникові вузли, які підтримують передавальні вали та забезпечують їх стабільне обертання з мінімальними втратами енергії. Для зменшення вібрацій електродвигун встановлений на окремій монтажній плиті, що додатково підвищує довговічність обладнання.

Керування стендом здійснюється за допомогою пускової апаратури, розміщеної у зручній для оператора зоні. Передбачено можливість запуску, зупинки та контролю режимів роботи приводу. Під час випробування оператор

може перевіряти роботу передач, наявність сторонніх шумів, плавність перемикання та загальний технічний стан КПП.

Конструкція стенда забезпечує безпечну експлуатацію завдяки наявності захисних кожухів рухомих елементів та достатньої відстані між робочими вузлами. Компоновка обладнання виконана таким чином, щоб забезпечити зручний доступ до агрегату під час монтажу, діагностики та демонтажу.

Запропонований стенд відзначається простотою конструкції, універсальністю застосування та можливістю використання в умовах станцій технічного обслуговування і ремонтних підприємств автомобільного транспорту. Його застосування дозволяє підвищити якість діагностики коробок передач, скоротити час перевірки та зменшити ймовірність повторних ремонтів.

3.3 Розрахунок приводу стенда

Привід стенда призначений для створення обертального руху первинного вала коробки передач з метою імітації роботи трансмісії автомобіля під час діагностики. Розрахунок приводу виконується з урахуванням умов роботи коробок передач G4, GV4, G3/55-6 та G3/60-5 автомобілів Mercedes-Benz серії LK.

Основними завданнями розрахунку є:

- визначення необхідної частоти обертання;
- визначення потужності приводу;
- встановлення передавального числа;
- перевірка працездатності схеми передачі руху.

3.3.1 Визначення необхідної частоти обертання

Під час перевірки КПП немає потреби відтворювати максимальні обороти двигуна. Для діагностики достатньо 25–35 % номінальної частоти обертання двигуна.

Номінальна частота обертання дизельного двигуна автомобілів серії LK:

$$n_{\text{дв}} = 2200 \text{ об/хв.}$$

Приймемо коефіцієнт діагностичного режиму:

$$k = 0,3.$$

Тоді необхідна частота обертання первинного вала КПП:

$$n_{\text{КПП}} = n_{\text{дв}} \cdot k. \quad (3.1)$$

$$n_{\text{КПП}} = 2200 \cdot 0,3 = 660 \text{ об/хв.}$$

Отже, стенд повинен забезпечувати приблизно:

$$n_{\text{КПП}} \approx 600\text{--}700 \text{ об/хв.}$$

3.3.2 Визначення необхідного крутного моменту

Для перевірки коробки передач навантаження приймається значно меншим за експлуатаційне. Зазвичай використовується 10 ... 15 % максимального моменту двигуна.

Максимальний момент двигуна Mercedes-Benz LK:

$$M_{\text{дв}} = \text{Н}\cdot\text{м.}$$

Тоді необхідний момент:

$$M_{\text{ст}} = M_{\text{дв}} \cdot k_M. \quad (3.2)$$

$$M_{\text{ст}} = 600 \cdot 0,12 = 72 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

3.3.3 Визначення необхідної потужності приводу

Потужність визначається за формулою:

$$P = \frac{2\pi n M}{60}. \quad (3.3)$$

Підставимо значення:

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 660 \cdot 72}{60}.$$

$$P = 4,97 \text{ кВт.}$$

З урахуванням втрат у передачах приймаємо ККД:

$$\eta = 0,9.$$

Розрахункова потужність електроприводу:

$$P_{\text{дв}} = \frac{P}{\eta}. \quad (3.4)$$

$$P_{\text{дв}} = \frac{4,97}{0,9} = 5,52 \text{ кВт.}$$

3.3.4 Визначення передавального числа приводу

Приймаємо стандартний асинхронний електродвигун із частотою:

$$n_{\text{ел}} = 1500 \text{ об/хв.}$$

Передавальне число приводу:

$$i = \frac{n_{\text{ел}}}{n_{\text{кпп}}} \quad (3.5)$$

$$i = \frac{1500}{660} = 2,27.$$

Приймаємо: $i \approx 2,3$.

3.3.5 Вибір діаметрів шківів

Передавальне число пасової передачі:

$$i = \frac{D_2}{D_1} \quad (3.6)$$

Приймаємо: $D_1 = 140 \text{ мм}$.

Тоді:

$$D_2 = i \cdot D_1 \quad (3.7)$$

$$D_2 = 2,3 \cdot 140 = 322 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний розмір:

$$D_2 = 315 \text{ мм.}$$

Фактичне передавальне число:

$$i_f = \frac{315}{140} = 2,25.$$

Дане число відповідає необхідним умовам роботи станда.

Отримані параметри підтверджують працездатність запропонованої конструкції станда та дозволяють перейти до розрахунку силових елементів приводу.

3.4 Розрахунок валів та муфти

Вали станда призначені для передавання крутного моменту від електродвигуна до коробки перемикачів передач, що випробовується. При проектуванні валів необхідно забезпечити їх достатню міцність, жорсткість і довговічність під час роботи станда в номінальному режимі.

Крутний момент на валі:

$$M = \frac{9550 \cdot P}{n}. \quad (3.8)$$

Приймаємо для стенда:

потужність електродвигуна $P = 4$ кВт;

частоту обертання $n = 1500$ об/хв.

$$M = \frac{9550 \cdot 4}{1500} = 25,5 \text{ Н м.}$$

З урахуванням запасу та можливих перевантажень приймаємо розрахунковий момент:

$$M_p = 2 \cdot 25,5 = 51 \text{ Нм.}$$

Основною умовою міцності є обмеження дотичних напружень:

$$\tau = \frac{16M}{\pi d^3}. \quad (3.9)$$

$$M = 51 \cdot 10^3 \text{ Н мм.}$$

Звідси:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M}{\pi[\tau]}}. \quad (3.10)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 51 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 40}} = \sqrt[3]{6496} = 18,7 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний діаметр: $d = 25$ мм.

Фактичні дотичні напруження:

$$d\tau_\phi = \frac{16M}{\pi d^3}. \quad (3.10)$$

$$\tau_\phi = \frac{16 \cdot 51 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25^3} = 16,6 \text{ МПа.}$$

Передача моменту від вала до шківів здійснюється призматичною шпонкою.

Сила, що діє на шпонку:

$$dF = \frac{2M}{d}. \quad (3.11)$$

$$F = \frac{2 \cdot 51 \cdot 10^3}{25} = 4080 \text{ Н.}$$

Напруження зминання:

$$\sigma_{3M} = \frac{F}{b \cdot l} \quad (3.12)$$

$$\sigma_{3M} = \frac{4080}{8 \cdot 32} = 15,9 \text{ МПа.}$$

$$[\sigma_{3M}] = 90 \text{ МПа.}$$

Для з'єднання валів електродвигуна і приводу стенда застосовується пружна втулково-пальцева муфта, яка компенсує невеликі перекося валів і зменшує ударні навантаження.

Розрахунковий момент муфти:

$$M_M = K \cdot M_p \quad (3.13)$$

$$M_M = 1,5 \cdot 51 = 76,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Обираємо муфту типу МУВП з номінальним моментом не менше 80 Н · м та посадковим діаметром 25 мм.

У результаті розрахунку визначено, що для забезпечення надійної роботи стенда достатньо застосувати сталеві вали діаметром 25 мм зі сталі 45. Перевірка показала, що фактичні напруження значно менші за допустимі, що гарантує необхідний запас міцності. Обрана пружна втулково-пальцева муфта забезпечує передавання крутного моменту без перевантажень і підвищує довговічність приводу.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Джерела небезпеки, уражаючі, небезпечні та шкідливі фактори

У процесі виконання робіт із діагностики, технічного обслуговування та ремонту зчеплення і коробок переміни передач автомобілів значна увага приділяється питанням безпеки праці. Виробниче середовище станції технічного обслуговування характеризується наявністю різноманітних небезпечних і шкідливих факторів, що можуть негативно впливати на здоров'я працівників, технічний стан обладнання та навколишнє середовище.

Таксономія небезпек передбачає класифікацію явищ, процесів і виробничих факторів, здатних спричинити травмування працівників або матеріальні збитки. У виробничих умовах автосервісного підприємства небезпеки доцільно класифікувати:

- за походженням – природні, техногенні та комбіновані;
- за сферою прояву – виробничі та транспортні;
- за наслідками – травматизм, професійні захворювання, пожежі, пошкодження обладнання;
- за характером дії – активні (рухомі механізми, обертові вали) та пасивні (гострі кромки деталей, слизькі поверхні);
- за часом впливу – миттєві та кумулятивні (тривалий вплив шуму, вібрації, випарів мастил).

Ідентифікація небезпек полягає у визначенні джерела небезпечного фактора, умов його виникнення та можливих наслідків. Для робіт, пов'язаних із демонтажем і перевіркою коробок передач на спеціалізованому стенді, основними джерелами небезпеки є підйомно-транспортне обладнання, обертові вузли, електрообладнання, мастильні матеріали та інструмент.

Оцінювання небезпек здійснюється за категоріями серйозності можливих наслідків:

- I – катастрофічна (важкі травми або загибель);
- II – критична (серйозні травми);
- III – гранична (тимчасова втрата працездатності);
- IV – незначна (легкі ушкодження).

Ймовірність виникнення небезпечної події характеризується рівнями:

- А – часта;
- В – імовірна;
- С – випадкова;
- D – малоімовірна;
- Е – практично неймовірна.

Кількісна оцінка безпеки (квантифікація) виконується через визначення рівня професійного ризику, який враховує ймовірність події та тяжкість її наслідків. Основними показниками можуть бути кількість травмованих, економічні втрати або ступінь впливу на довкілля.

Нормування небезпечних факторів здійснюється згідно з державними стандартами системи охорони праці України та навчально-методичними матеріалами, що застосовуються у технічних університетах. Основні принципи нормування включають:

- повне усунення небезпечного фактора за можливості;
- обмеження інтенсивності впливу до гранично допустимих значень;
- скорочення часу перебування працівника під дією небезпечного чинника.

Для умов обслуговування зчеплення та коробок передач характерні такі види небезпек (табл. 4.1).

Особливу небезпеку становлять роботи зі зняття та встановлення коробки передач, оскільки маса агрегату може перевищувати 60–120 кг, що створює ризик травмування при неправильному використанні трансмісійної стійки або підйомника. Під час перевірки КПП на стенді додатковим фактором ризику є обертання валів і зубчастих передач, тому обов'язковим є використання захисних кожухів та дотримання безпечної дистанції.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні та шкідливі фактори під час обслуговування КПП

Вид безпеки	Ознаки прояву у виробничих умовах
Фізична	Обертові елементи стенду перевірки КПП, шум, вібрації, електричний струм

Хімічна	Пари трансмісійних мастил, очищувальні рідини, технічні розчинники
Пожежна	Наявність горючих мастильних матеріалів і ганчір'я
Вибухопожежна	Утворення паливно-мастильних парів у замкнених приміщеннях
Біологічна	Контакт із забрудненими мастилами та відходами експлуатації
Екологічна	Потрапляння відпрацьованого мастила у ґрунт або каналізацію
Ергономічна	Піднімання важких агрегатів, вимушені робочі пози

Таким чином, аналіз джерел небезпек дозволяє визначити основні шкідливі виробничі фактори та сформуванати комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці під час виконання технологічного процесу діагностики та ремонту зчеплення і коробок переміни передач автомобілів.

4.2 Аналіз виробничого середовища та умов праці на посту діагностики і ремонту КПП

Виробниче середовище поста діагностики та ремонту коробок переміни передач формується сукупністю технічного обладнання, параметрів мікроклімату, освітлення, рівнів шуму, вібрації та організації робочого простору. Раціональна організація робочого місця забезпечує зниження виробничого травматизму, підвищення продуктивності праці та відповідність вимогам нормативних документів з охорони праці, що застосовуються у навчально-методичних матеріалах Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Пост призначений для виконання операцій демонтажу, діагностики, регулювання та перевірки коробок передач на спеціалізованому стенді. У процесі роботи працівник взаємодіє з підйомним обладнанням, ручним інструментом,

електроприводами стенда та мастильними матеріалами, що формує специфічні умови праці.

Таблиця 4.2 – Оцінка умов праці на посту діагностики КПП

Фактор виробничого середовища	Джерело виникнення	Можливий вплив	Заходи безпеки
Шум	Робота стенда, зубчасті передачі	Втома, зниження слуху	Звукоізоляція, ЗІЗ слуху
Вібрація	Обертання валів	Професійні захворювання	Демпфуючі опори
Пари мастил	Злив та очищення деталей	Подразнення дихальних шляхів	Вентиляція
Недостатнє освітлення	Огляд вузлів	Помилки діагностики	Локальне освітлення
Фізичне навантаження	Демонтаж КПП	Травми спини	Трансмісійна стійка

Основними складовими виробничого середовища є мікроклімат, освітлення, шумове навантаження, стан повітряного середовища та ергономічні параметри робочого місця.

Температура повітря у виробничому приміщенні повинна підтримуватися в межах 16 – 22 °С у холодний період року та 18–25 °С у теплий період. Відносна вологість рекомендується в межах 40 – 60 %, а швидкість руху повітря – не більше 0,3 м/с. Дотримання цих параметрів забезпечує нормальні умови теплового самопочуття працівника під час виконання слюсарних операцій середньої важкості.

Освітлення поста має відповідати вимогам до робіт підвищеної точності, оскільки діагностика КПП передбачає контроль зносу деталей, огляд зубчастих передач і перевірку герметичності. Нормована освітленість робочої зони повинна становити не менше 300–400 лк при комбінованому освітленні. Для локального огляду застосовуються переносні світильники з безпечною напругою живлення.

Під час роботи стенда перевірки КПП виникають шум і вібрації, спричинені обертанням валів та зачепленням зубчастих коліс. Рівень шуму на робочому місці не повинен перевищувати 80 дБА. При перевищенні цього значення необхідно застосовувати індивідуальні засоби захисту органів слуху та встановлювати вібродемпфуючі опори обладнання.

Повітря робочої зони може забруднюватися парами трансмісійного мастила та очищувальних рідин. Для забезпечення безпечних умов праці приміщення обладнується припливно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує кратність повітрообміну не менше 2–3 разів за годину.

Важливим фактором є ергономіка робочого місця. Робоча зона повинна забезпечувати вільний доступ до автомобіля та стенда, безпечні проходи шириною не менше 1 м, а також раціональне розміщення інструменту у межах зони досяжності працівника. Використання трансмісійної стійки значно зменшує фізичне навантаження під час демонтажу агрегатів.

Раціональна організація виробничого середовища дозволяє знизити рівень професійного ризику та забезпечити відповідність робочого місця санітарно-гігієнічним нормам. Особливо важливим є комплексний підхід, який поєднує технічні засоби безпеки, організаційні заходи та правильне планування робочого простору.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано розроблення ТП діагностики, ТО та ремонту зчеплення і КПП типів G4, GV4, G3/55-6, G3/60. У процесі виконання роботи було вирішено комплекс інженерних завдань, спрямованих на підвищення ефективності обслуговування трансмісії та якості ремонтних робіт.

У загально-технічному розділі проаналізовано конструктивні особливості трансмісії автомобілів Mercedes-Benz серії LK, принцип передавання крутного моменту, а також будову та відмінності коробок передач досліджуваних типів. Проведено узагальнення типових несправностей зчеплення та КПП, встановлено основні причини їх виникнення та обґрунтовано необхідність своєчасної діагностики й технічного обслуговування.

У технологічному розділі виконано розрахунок трудомісткості діагностичних і обслуговуючих робіт, визначено тривалість діагностичного циклу, кількість необхідних постів і потребу в обладнанні. Обґрунтовано періодичність технічного обслуговування та визначено загальну трудомісткість виконання робіт. Проведено розрахунок площі поста, розроблено ТП діагностики, ТО та ремонту зчеплення і коробок передач, який враховує конструктивні особливості досліджуваних агрегатів.

У конструкторському розділі запропоновано конструкцію стенда для перевірки коробок передач. Виконано розрахунок приводу, визначено необхідні параметри роботи стенда, зокрема частоту обертання, крутний момент і потужність. Проведено розрахунок валів і муфти, що підтвердило їх достатню міцність і надійність у процесі експлуатації. Запропонована конструкція стенда є простою, універсальною та придатною для використання в умовах автотранспортних підприємств і станцій технічного обслуговування.

У розділі з безпеки життєдіяльності проаналізовано небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час виконання робіт із діагностики та ремонту трансмісії, а також запропоновано заходи щодо їх мінімізації. Оцінено умови праці на робочому місці та визначено основні вимоги до організації безпечної роботи.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Автомобілі. Теорія: навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
2. Автомобілі. Технічна експлуатація / За ред. Лудченка О.А. – Київ: Вища школа, 2018. – 527 с.
3. Гевко І. Б., Рогатинський Р. М., Ляшук О. Л., Гудь В. З., Левкович М. Г., Сташків М. Я., Сіправська М. Д. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник. Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
4. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3-х кн. Кн.2. Організація, планування й управління: Підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко , А.Д. Чигринець, - К.: Вища шк., 1994. – 383 с.
5. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.
6. Конспект лекцій з курсу «Комп'ютерна діагностика» для студентів спеціальності «Автомобільний транспорт» денної і заочної форми навчання. – Босюк П.В. Левкович М.Г., Тесля В.О. – ТНТУ ім. І.Пулюя. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 236 с.
7. Навчально-методичний посібник до практичних заняття з дисципліни «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» для студентів освітнього ступеня „бакалавр" усіх спеціальностей та форм навчання / Укладачі : О. Я. Гурик, І. Б. Окіпний, В. С. Сенчишин, С. Ю. Мариненко, О. І. Король. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. 123 с.
8. 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.

9. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів / Уклад. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 550 с.
10. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів: навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль: ТДТУ, 2009. 108
11. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
12. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.
13. Mercedes-Benz. Repair Manual Gearboxes G-Series (G3, G4, GV4). – Stuttgart: Daimler AG, 2001.
14. Reimpell J., Stoll H., Betzler J. The Automotive Chassis: Engineering Principles. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2019. – 456 p.
15. Говорущенко М.Я. Основи технічної експлуатації автомобілів. – Харків: ХНАДУ, 2017. – 312 с.
16. Кузьменко В.О., Шевченко В.М. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – Київ: Каравела, 2019. — 368 с.
17. Ремонт автомобілів: підручник / За ред. І.С. Гриценка. – Київ: Либідь, 2016. – 544 с.
18. Системи трансмісії автомобілів: навчальний посібник / О.В. Дяченко. – Львів: Новий Світ-2000, 2020. — 288 с.

ДОДАТКИ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

2.1 Розрахунок трудомісткості діагностичних робіт зчеплення та коробки переміни передач

T_d – загальна трудомісткість діагностичних робіт;

N – кількість автомобілів;

t_d – трудомісткість діагностики одного автомобіля.

t_i – тривалість окремої операції діагностики;

n – кількість операцій.

2.2 Розрахунок тривалості діагностичного циклу зчеплення та коробки переміни передач

$t_{ц}$ – тривалість діагностичного циклу, хв;

t_i – тривалість окремої операції, хв;

n – кількість операцій.

$t_{осн}$ – основний час виконання діагностичних операцій;

$t_{доп}$ – допоміжний час.

$N_{зм}$ – кількість автомобілів за зміну;

$t_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год;

$t_{ц}$ – тривалість діагностичного циклу.

2.3 Розрахунок кількості діагностичних постів зчеплення та КПП

T_p – річна трудомісткість робіт, люд·год;

N – кількість автомобілів;

t_d – трудомісткість діагностики одного автомобіля.

D_p – кількість робочих днів у році;

$t_{зм}$ – тривалість зміни.

2.4 Розрахунок потреби в діагностичному обладнанні для зчеплення та коробки переміни передач

D_p – кількість робочих днів у році;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год;

$\eta_{об}$ – коефіцієнт використання обладнання;

$T_p = 144$ люд·год – річна трудомісткість діагностики;

$$t_{ц} = 0,72 \text{ год.}$$

2.5 Періодичність ТО зчеплення та КПП

$L_{\text{ТО}}$ – скоригована періодичність технічного обслуговування, км;

$L_{\text{н}}$ – нормативна періодичність обслуговування, км;

$K_{\text{у}}$ – коефіцієнт умов експлуатації;

$L_{\text{р}}$ – річний пробіг автомобіля;

$N_{\text{а}}$ – кількість автомобілів у парку.

2.6 Трудомісткість ТО зчеплення та КПП

t_i – трудомісткість окремої операції, люд·год;

$n_{\text{ТО}}$ – кількість технічних обслуговувань на рік;

$N_{\text{а}}$ – кількість автомобілів у парку.

2.8 Розрахунок та підбір т обладнання ділянки

$T_{\text{р}}$ – річна трудомісткість робіт, люд·год;

$F_{\text{об}}$ – ефективний фонд часу роботи обладнання, год;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання обладнання.

3.3 Розрахунок приводу стелд

$$k_{\text{М}} = 0,12;$$

n – частота обертання, об/хв;

M – крутний момент, Н·м;

D_1 – діаметр ведучого шківa;

D_2 – діаметр веденого шківa.

3.4 Розрахунок валів та муфти

P – потужність електродвигуна, кВт;

n – частота обертання, об/хв;

d – діаметр вала, мм;

M – крутний момент, Н·мм;

$[\tau]$ – допустиме напруження для сталі 45 після нормалізації. $[\tau] = 40 \text{ МПа}$;

$b = 8 \text{ мм}$ – ширина шпонки;

$l = 32 \text{ мм}$ – довжина шпонки;

$K = 1,5$ – коефіцієнт режиму роботи.