БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.АТ-87.00.00.000 ПЗ

Група АТз-22-1

Микола ЮРЧУК

2026

Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу Міністерства освіти і науки України
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра автомобільного транспорту

Юрчук Микола Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 629.331-58
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Тема: Удосконалення конструкції трансмісії автомобіля BMW.
(назва роботи)

Автомобільний транспорт
(назва освітньої програми)

274-Автомобільний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

М.М. Юрчук
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Гнип Марія Михайлівна, д.ф., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

В.о. завідувача кафедри

Криштопа С.І.
(підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківськ – 2026

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра автомобільного транспорту
Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр
Спеціальність: „Автомобільний транспорт”

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри АТ

_____ С.І. Криштопа

„____” _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ

Бакалавр Юрчук Микола Миколайович
(прізвище, ім’я, по-батькові)

Тема: Удосконалення конструкції трансмісії автомобіля BMW.
затверджена наказом по університету від _____ №_____
2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 15.06.2026 р.
3. Вихідні дані до проекту:
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
4.1 Вступ 4.2 Аналіз наукової літератури 4.2.1 Аналіз механічних коробок передач 4.2.3 Аналіз автоматичних коробок передач 4.2.4 Причини несправностей модифікованої трансмісії та способи їх усунення 4.2.5 Технологічні процеси та етапи виконання робіт з модифікації трансмісії 4.3 Методологічна частина 4.3.1 Характеристика об’єкта 4.3.2 Хід виконання експерименту 4.4 Результати експериментальних досліджень 4.4.1 Діагностика 4.4.2 Демонтаж трансмісії з автомобіля 4.4.3 Діагностика та адаптація замінюваної трансмісії 4.4.4 Встановлення трансмісії в автомобіль 4.4.5 Порівняння результатів 4.6 Висновки 4.7 Перелік посилань на джерела А., 4.8 Додаток А - Комплект презентаційних матеріалів
5. Перелік графічного матеріалу
5.1 презентаційні плакати в PowerPoint.

Керівник _____ М.М. Гнип
(Особистий підпис) (Розшифровка підпису)

Завдання прийняв до виконання _____ М.М. Юрчук
(Особистий підпис) (Розшифровка підпису)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер і назва етапів проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту	Примітка
4.1 Вступ 4.2 Аналіз наукової літератури 4.2.1 Аналіз механічних коробок передач	18.05.2026 р.	
4.2.3 Аналіз автоматичних коробок передач 4.2.4 Причини несправностей модифікованої трансмісії та способи їх усунення	22.05.2026 р.	
4.2.5 Технологічні процеси та етапи виконання робіт з модифікації трансмісії 4.3 Методологічна частина 4.3.1 Характеристика об'єкта	26.05.2026 р.	
4.3.2 Хід виконання експерименту 4.4 Результати експериментальних досліджень 4.4.1 Діагностика 4.4.2 Демонтаж трансмісії з автомобіля	005.06.2026 р.	
4.4.3 Діагностика та адаптація замінюваної трансмісії 4.4.4 Встановлення трансмісії в автомобіль	10.06.2026 р.	
4.4.5 Порівняння результатів 4.6 Висновки 4.7 Перелік посилань на джерела А., 4.8 Додаток А - Комплект презентаційних матеріалів	12.06.2026 р.	
Готовність проекту до попереднього захисту	15.06.2026 р.	

Бакалавр _____ Микола ЮРЧУК

Особистий підпис Розшифровка підпису

Керівник роботи _____ Марія ГНИП

Особистий підпис Розшифровка підпису

РЕФЕРАТ

Після аналізу особливостей конструкції трансмісій та найпоширеніших несправностей встановлено, що трансмісії поділяються на гідростатичні, електричні, гідромеханічні та електромеханічні. За способом керування вони можуть бути механічними, автоматичними або комбінованими. Найпоширенішими несправностями автоматичних трансмісій є удари під час перемикання передач, затримка перемикання, вібрації та ривки. Для механічних трансмісій характерними є пробуксовування зчеплення, ускладнене перемикання передач та сторонні шуми.

Етапами модифікації для реалізації технологічних рішень є: виявлення проблем, планування робіт, демонтаж вузлів і агрегатів, ремонт або заміна компонентів, складання, перевірка та випробування, завершення робіт і передача автомобіля в експлуатацію.

Результати проведеного експерименту показали, що після модифікації трансмісії зі зміною її типу автомобіль споживає на 1,6 л/100 км менше пального в міських умовах та на 1,1 л/100 км менше під час руху за містом. Середня змішана витрата пального зменшилася на 1,3 л/100 км. Завдяки зниженню витрат пального автомобіль після модифікації трансмісії став більш екологічним.

Ключові слова: трансмісія, модифікація, BMW, коробка передач, екологічність, паливна економічність.

ABSTRACT

After analyzing the design features of transmissions and the most common malfunctions, it was found that transmissions are divided into hydrostatic, electric, hydromechanical and electromechanical. By the method of control, they can be mechanical, automatic or combined. The most common malfunctions of automatic transmissions are shocks during gear shifting, shift delay, vibrations and jerks. For mechanical transmissions, clutch slippage, difficult gear shifting and extraneous noise are characteristic.

The stages of modification for the implementation of technological solutions are: identifying problems, planning work, dismantling components and assemblies, repairing or replacing components, assembling, checking and testing, completing work and putting the car into operation.

The results of the experiment showed that after modifying the transmission with a change in its type, the car consumes 1.6 l/100 km less fuel in urban conditions and 1.1 l/100 km less when driving outside the city. The average combined fuel consumption decreased by 1.3 l/100 km. Due to the reduction in fuel consumption, the car became more environmentally friendly after the transmission modification.

Keywords: transmission, modification, BMW, gearbox, environmental friendliness, fuel economy..

ЗМІСТ

ВСТУП **6**

1. АНАЛІЗ НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ 9

1.2. Аналіз механічних коробок передач 17

1.3. Аналіз автоматичних коробок передач 19

1.4. Причини несправностей модифікованої трансмісії та способи їх усунення……..21

1.5. Технологічні процеси та етапи виконання робіт з модифікації трансмісії……23

2. МЕТОДОЛОГІЧНА ЧАСТИНА **27**

2.1. Характеристика об’єкта 27

2.2. Хід виконання експерименту 30

3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 35

3.1. Діагностика 35

1.2. Демонтаж трансмісії з автомобіля 36

3.3. Діагностика та адаптація замінюваної трансмісії 38

Диференціал з передавальним числом 2,47:1 44

Диференціал з передавальним числом 2,81:1 45

3.4. Встановлення трансмісії в автомобіль 47

3.5. Порівняння результатів 52

ВИСНОВКИ **55**

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА **56**

ДОДАТОК А……57

Змін.		№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		М. Юрчук			Удосконалення конструкції трансмісії автомобіля bmw	Літ.	Арк. 5 / Акрушів
Перевір.		М. Гнип					
Реценз.						ІФНТУНГ, АТз-22-1	
Н. контр.		Криштопа С.І..					
Затверд.		Криштопа С.І.					

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасну технологічну епоху автомобіль є невід'ємною частиною життя активної людини. Він значно полегшує повсякденність та побут. Завдяки транспорту економиться багато дорогоцінного часу, спрощується сполучення з містами й районами. Подорожі стають комфортнішими та незалежними від громадського транспорту.

За даними www.ukrstat.gov.ua, більшість транспортних засобів, що експлуатуються в Україні, мають вік 12–18 років. За такого старого автомобільного парку особливого значення набуває якісне та своєчасне технічне обслуговування агрегатів і вузлів автомобіля, а також поточний ремонт.

Водії обирають автомобілі з найменшими витратами на експлуатацію та обслуговування. Це ті транспортні засоби, які рідко виходять з ладу, а їхні експлуатаційні характеристики — динамічність, економічність, безпека під час використання тощо — перебувають у встановлених межах. Проте в техніці немає нічого вічного: механізми та вузли, що працювали певний час, поступово зношуються, починають виходити з ладу й потребують ремонту.

Автомобільна екологія та економія пального є не менш важливими аспектами, пов'язаними з експлуатацією транспортних засобів. Виробники приділяють дедалі більше уваги зниженню рівня шкідливих викидів та економії пального, адже автомобілі залишаються одним із головних джерел утворення парникових газів. Економічні автомобілі здатні проїхати більшу відстань, витрачаючи менше пального, що зменшує витрати власників і кількість шкідливих викидів в атмосферу.

Сучасні технології сприяють підвищенню паливної економічності, зокрема:

- система «Start-stop», яка вимикає двигун під час зупинки та автоматично запускає його при рушанні;

- система рекуперації енергії, що перетворює енергію, яка виникає під час гальмування, на електричну, зменшуючи витрати пального.

Трансмісія автомобіля має прямий вплив на екологічність та економічність. В Україні поширені такі типи трансмісій: механічні, гідромеханічні, електромеханічні, електричні та комбіновані. Найчастіше використовується механічна коробка передач, проте в нових автомобілях швидко набувають популярності автоматичні трансмісії.

Основним елементом трансмісії є коробка передач, яка змінює передавальні числа шляхом з'єднання певних пар зубчастих коліс. У процесі експлуатації всі вузли трансмісії потребують регулярного технічного обслуговування та ремонту.

Несправна трансмісія призводить до втрат потужності під час передачі на колеса, підвищеного рівня тертя та перевитрат пального. Неправильні оберти двигуна (надто високі або низькі) збільшують навантаження та знижують ефективність роботи. Автомобіль із несправною трансмісією повільно розганяється, затримується процес перемикання передач, що безпосередньо впливає на рівень шкідливих викидів та економію пального.

Регулярне обслуговування — заміна мастила, діагностика та своєчасний ремонт — є критично важливими для підтримання ефективності трансмісії та оптимального рівня витрат пального.

У цьому дослідженні розглядається модифікація трансмісії автомобіля BMW 330 CD E46 шляхом зміни її типу з метою покращення екологічних показників, економічності та динамічності руху.

Мета роботи - модифікувати трансмісію автомобіля BMW 330 CD E46, змінюючи її тип.

Об'єкт дослідження - автомобіль BMW 330 CD E46.

Предмет дослідження - процес модифікації трансмісії автомобіля BMW 330 CD E46 з метою підвищення його екологічних показників, економічності та динамічності руху.

Завдання:

- Проаналізувати конструктивні особливості трансмісій та основні несправності трансмісії.
- Скласти етапи модифікації для реалізації технологічних рішень.
- Подати результати та сформулювати висновки.

Методи дослідження - У роботі використано аналітичні та експериментальні методи: аналіз науково-технічної літератури та нормативних документів; порівняльний аналіз конструкцій трансмісій та їхніх експлуатаційних характеристик; діагностика технічного стану вузлів та агрегатів; моделювання технологічних рішень щодо модифікації; узагальнення результатів та формування висновків.

Наукова новизна - Наукова новизна роботи полягає у розробці та обґрунтуванні технологічних рішень щодо зміни типу трансмісії автомобіля BMW 330 CD E46, що дозволяє одночасно підвищити паливну економічність.

Практичне значення отриманих результатів. Практичне значення дослідження полягає у можливості застосування запропонованих рішень у процесі технічного обслуговування та модернізації автомобілів. Реалізація модифікації трансмісії забезпечує зменшення витрат пального, підвищення ефективності роботи двигуна та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Отримані результати можуть бути використані на підприємствах автомобільного транспорту та станціях технічного обслуговування для оптимізації експлуатаційних характеристик транспортних засобів.

1. АНАЛІЗ НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Огляд компонентів трансмісії

Згідно з дослідженнями [4] та [5], трансмісія автомобіля виконує функцію передачі крутного моменту, який розвиває двигун, до ведучих коліс. При цьому змінюється величина та напрям моменту, а також забезпечується можливість тимчасового або тривалого від'єднання двигуна від ведучих коліс.

Від способу з'єднання двигуна з ведучими колесами розрізняють такі типи трансмісій:

- механічна;
- гідромеханічна;
- електромеханічна;
- електрична.

Найбільш поширеною є механічна трансмісія, яка складається із зчеплення, коробки передач, карданної передачі, диференціала та ведучого моста. У деяких автомобілях додатково застосовуються роздавальні коробки.

Автоматична ступінчаста коробка передач включає гідродинамічний трансформатор та планетарну коробку передач. Основним елементом будь-якої трансмісії є коробка передач, яка змінює передавальне число шляхом з'єднання певних пар зубчастих коліс.

Механічна трансмісія вважається найпростішою, надійною та економічною. Найчастіше використовується ступінчаста механічна трансмісія із заднім ведучим мостом, що відповідає класичній схемі [1].

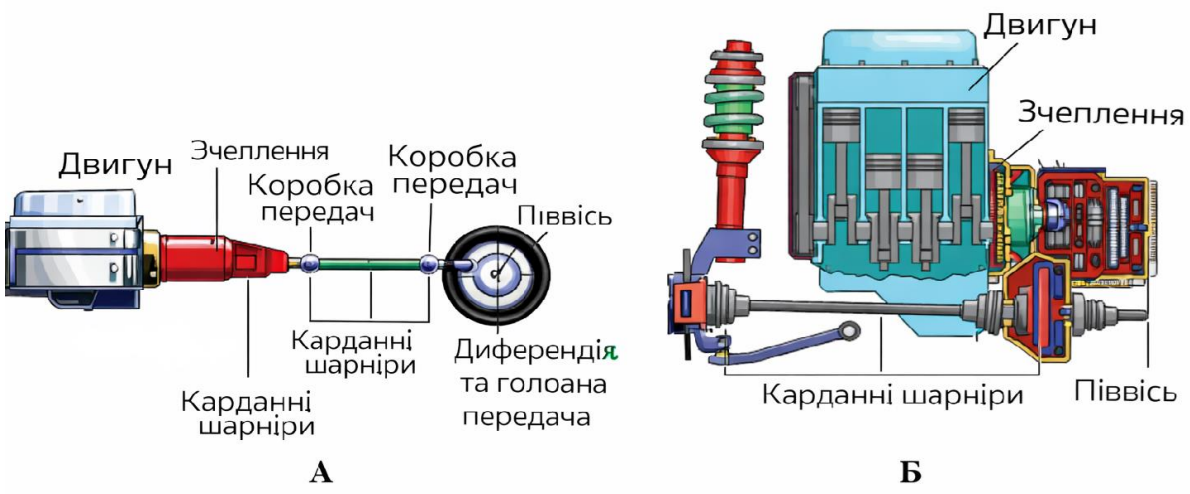


Рисунок 1.1 - Трансмісія автомобіля: а – класична схема; б – передній ведучий міст автомобіля.

Згідно з класифікацією [1] та [6], типи трансмісій поділяються на чотири основні групи.

Гідростатичні трансмісії передають потужність двигуна до ведучих коліс за допомогою гідравлічного контуру. У таких системах зазвичай встановлюється насос зі змінним робочим об’ємом, який приводиться в дію двигуном внутрішнього згоряння, а також один або два гідравлічні двигуни з постійним робочим об’ємом.

Основні переваги гідростатичних трансмісій — безступінчасте регулювання тягового зусилля та передавальних чисел, свобода компонування, можливість руху на дуже малих швидкостях, простота керування та можливість автоматизації. Недоліками є висока вартість системи та обмежений діапазон регулювання передавальних чисел.

Електричні трансмісії мають аналогічну структуру, як і гідростатичні. Двигун внутрішнього згоряння приводить у дію генератор, який живить один або два електродвигуни. Їхні переваги подібні до переваг гідростатичних трансмісій, однак маса електричних трансмісій є більшою порівняно з механічними та гідростатичними.

Гідромеханічні трансмісії складаються з гідродинамічної та механічної передач. Гідродинамічна передача забезпечує можливість у невеликому діапазоні безступінчасто регулювати крутний момент і швидкість між двигуном та механічною коробкою передач. Це дозволяє зменшити кількість передач у механічній коробці, знизити динамічні навантаження на двигун, підвищити комфорт автомобіля та спростити керування. Недоліком є складність конструкції та висока вартість.

Електромеханічні трансмісії складаються з електричних та механічних передач. Двигун внутрішнього згоряння приводить у дію генератор, який живить електродвигуни. Останні через механічні передачі передають крутний момент на ведучі колеса. Така трансмісія також забезпечує безступінчасте регулювання передач і спрощує компонування автомобіля, проте її маса є значною.

Схеми компонування автомобілів можуть бути різноманітними й залежать від виробника та усталених традицій.

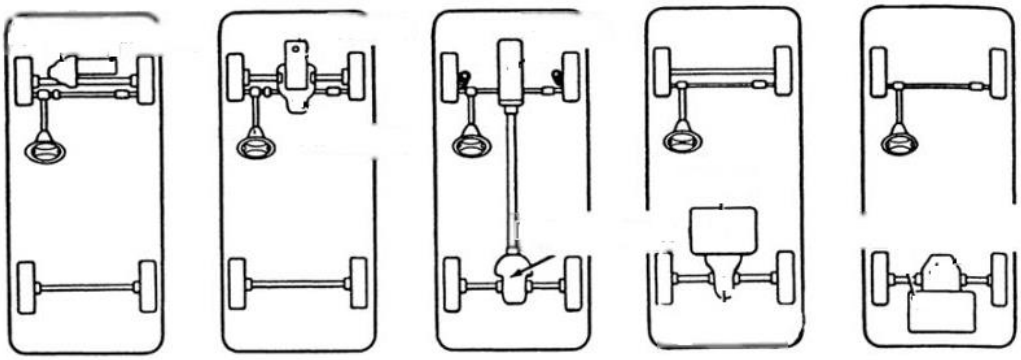


Рисунок 1.2 - Компонувальні системи автомобільних трансмісій

У літературі зчеплення найчастіше описуються як механізми, у яких крутний момент передається або змінюється його величина завдяки механічному тертю між поверхнями деталей, динаміці рідин, внутрішньому тертю або взаємодії електромагнітних полів.

Зчеплення — це фрикційна муфта, що передає крутний момент силами тертя. Воно призначене для короткочасного від’єднання трансмісії від працюючого двигуна, а потім — для плавного їхнього з’єднання. Завдяки зчепленню пра-

цюючий двигун плавно з’єднується з трансмісією, що дозволяє автомобілю повільно рушати з місця.

Зчеплення також гасить крутильні коливання, які виникають через нерівномірне обертання колінчастого вала двигуна, і захищає трансмісію від поломок (наприклад, під час буксирування важкого вантажу з причепом), коли передається дуже великий крутний момент.

В автомобілях між двигуном і трансмісією встановлюються вимикальні зчеплення, які складаються з диска зчеплення з фрикційними накладками, натискного диска, притискної пружини (циліндричної або діафрагмової), кожуха зчеплення — зібраного в одну нерозбірну деталь, а також вимикального підшипника [6].

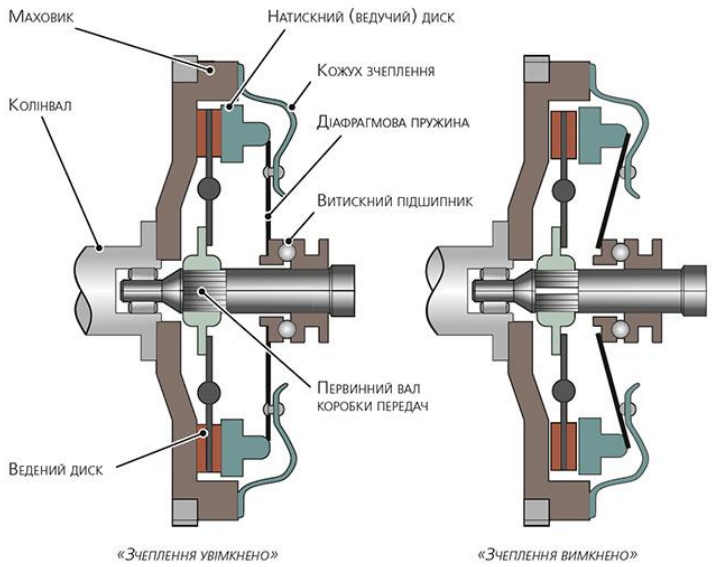


Рисунок 1.3 - Спрощена схема конструкції зчеплення.

Класифікація зчеплень показана на рисунку 1.4. Залежно від характеру зв’язку між ведучими та веденими елементами зчеплення поділяються на фрикційні, гідравлічні та електромагнітні.

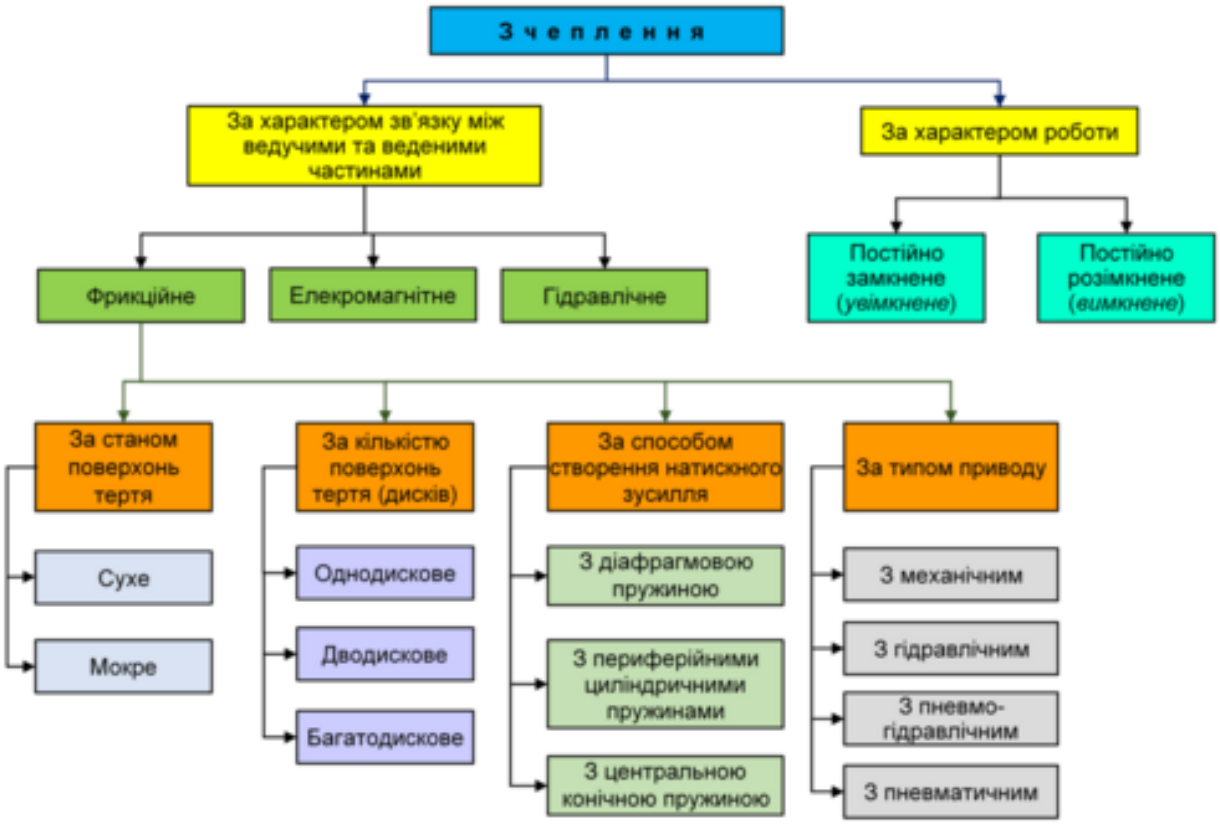


Рисунок 1.4 - Класифікація зчеплень

Ведений вал — це компонент трансмісії транспортного засобу, призначений для передавання крутного моменту від коробки передач до диференціала, який далі передає цей момент колесам, забезпечуючи рух автомобіля.

Ведений вал головним чином використовується для передавання крутного моменту між компонентами, розташованими на певній відстані один від одного, оскільки різні вузли автомобіля знаходяться в різних його частинах. Автомобіль із переднім двигуном і заднім приводом має довгий ведучий вал, що з'єднує задній міст із трансмісією, адже ці частини розташовані на протилежних кінцях автомобіля.

Ведені вали застосовуються по-різному в транспортних засобах із різними конфігураціями — переднім приводом, повним приводом або переднім двигуном із заднім приводом. Інші транспортні засоби також використовують привідні вали, наприклад, мотоцикли, локомотиви та морські судна.

На рисунку 5 показано конфігурацію привідного вала, призначену для звичайних транспортних засобів із переднім двигуном і заднім приводом (у деяких автомобілях трансмісія розташована ззаду) [7].

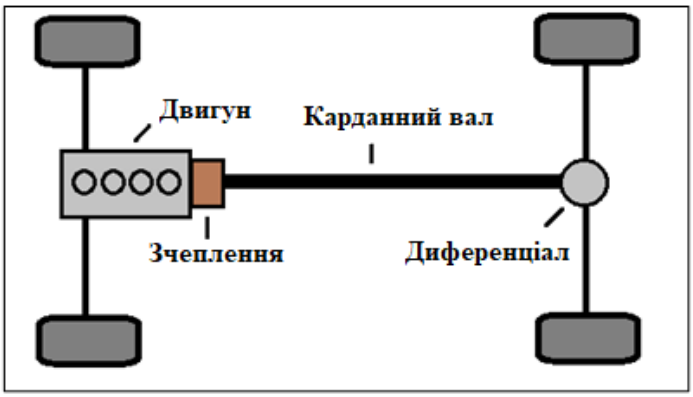


Рисунок 1.5 - Схема трансмісії автомобіля з приводом на задні колеса

Диференціал — це набір зубчастих коліс, який передає потужність двигуна колесам, одночасно дозволяючи їм обертатися з різною швидкістю під час поворотів. При повороті зовнішнє колесо проходить більшу відстань, ніж внутрішнє.

У автомобілях із переднім приводом диференціал розташований поруч із корпусом трансмісії в одному агрегаті. У автомобілях із заднім приводом диференціал знаходиться між задніми колесами та з'єднаний із трансмісією карданним валом.

Найпростіший і найпоширеніший агрегат — це відкритий диференціал, так званий тому, що колеса завжди можуть обертатися незалежно одне від одного. Основний його недолік полягає в тому, що якщо одне колесо не має зчеплення (наприклад, потрапляє на лід), воно все одно отримує більшу частину потужності, але просто прокручується на місці.

Щоб підвищити зчеплення під час руху, у всіх сучасних транспортних засобах встановлюють системи контролю зчеплення та електронної стабілізації. Виробники використовують датчики антиблокувальної системи гальм, щоб ви-

значити, чи одне колесо обертається швидше. Тоді система зменшує потужність двигуна або пригальмовує колесо, що буксує, або робить обидві дії одночасно.

Іноді водію навпаки потрібно, щоб колесо пробуксовувало (наприклад, намагаючись виїхати з глибокого снігу), тому контроль зчеплення можна тимчасово вимкнути кнопкою на панелі приладів.

Рисунок 1.6 - Будова відкритого диференціала

Деякі транспортні засоби використовують диференціал із обмеженим прослизанням. Блокування диференціала покращує прохідність автомобіля у складних умовах руху, коли одне ведуче колесо втрачає зчеплення з поверхнею та буксує. При блокуванні диференціала крутний момент передається іншому колесу.

Диференціал блокується тоді, коли його корпус з'єднується з одним із півосей або обидві півосі з'єднуються між собою. За способом керування блокування буває:

- увімкнене;
- автоматичне;
- самодіюче.

Піввісь із корпусом диференціала може з'єднуватися муфтами або багатодисковими зчепленнями [4] .

Піввісь — це стрижень або вал, який обертає колеса та підтримує вагу транспортного засобу. Осі є основними складовими будь-якого автомобіля й бува-

ють передніми або задніми. Кількість осей у транспортному засобі залежить від його типу. У більшості випадків автомобілі мають дві осі для приводу коліс. Великі транспортні засоби, що перевозять більше пасажирів і мають більше коліс, можуть мати більше осей.

Осі поділяються на три стандартні типи:

1. Задня вісь: ця вісь відповідає за передачу потужності ведучим колесам. Вона складається з двох частин, які називаються півосями, з'єднаними диференціалом. У більшості випадків задні осі є навантаженими, тобто вони обертаються разом із колесами транспортного засобу.

2. Передня вісь: розташована в передній частині автомобіля, ця вісь відповідає за керування та сприйняття ударів від нерівностей дорожнього покриття. Має чотири основні частини: балку, поворотний штифт, тягло та саму вісь. Передні осі повинні бути максимально міцними, тому їх зазвичай виготовляють із вуглецевої або нікелевої сталі.

3. Опора осі: вісь кріпиться до передніх коліс транспортного засобу за допомогою штифтів, що з'єднують ці колеса з передньою віссю.

Типи задніх осей:

Півплаваюча вісm: ця задня вісь з'єднує колесо з фланцем, що знаходиться на зовнішньому кінці осьового вала, і міцно його утримує. Один підшипник підтримує осьовий вал, а інший розташований у корпусі осі. Оскільки вона має два підшипники, півплаваюча вісь повинна бути більшою за інші варіанти, щоб створювати такий самий крутний момент. Півплаваючі осі використовуються у легкових автомобілях, позашляховиках та вантажівках середнього розміру, наприклад, у півтонних і легких пікапах.

Рисунок 1.7 - Задня піввісь

Повністю плаваюча вісь: відповідно до своєї назви цей тип осі ефективно «плаває» та утримує своє положення завдяки двом підшипникам. Вона призначена лише для передавання крутного моменту під час руху. Повністю плаваючі осі найчастіше використовуються у великих транспортних засобах, наприклад, важких вантажівках. Для деяких вантажівок середнього розміру з більшою тяговою потужністю або для тих, що широко застосовують повний привід, також можуть бути корисними повністю плаваючі осі.

Три чверті плаваюча вісь: вона є складнішою за півплаваючу вісь і водночас більш надійною. Допомагає зберігати розвал-сходження коліс, контролює бічне зусилля та крутний момент руху.

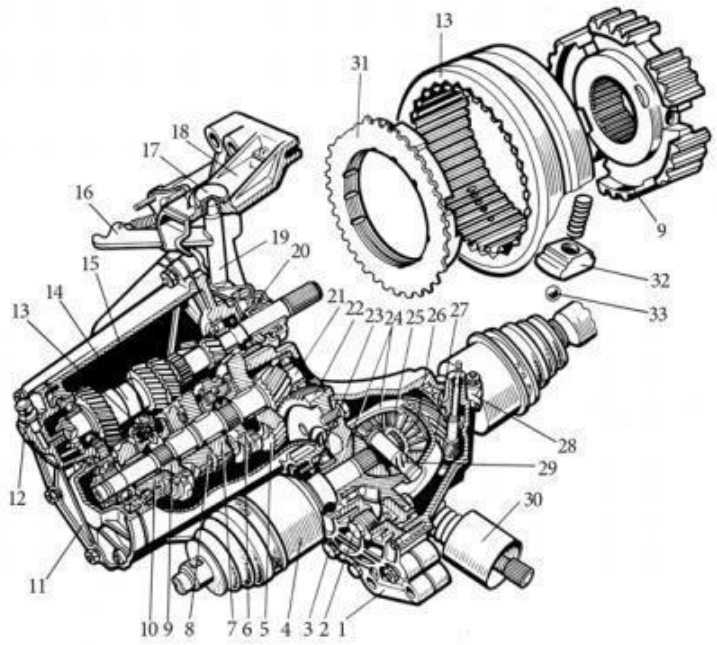
Типи передніх осей: Неактивна передня вісь: ці осі залишаються нерухомими та не обертаються разом із колесами. Більшість «мертвих» передніх осей і диференціалів мають корпуси, які захищають їх від контакту з водою чи брудом. Пряма передня вісь: на відміну від неактивних передніх осей, робочі передні осі передають рушійну силу від коробки передач до передніх коліс.

1.2. Аналіз механічних коробок передач

Механічна коробка передач складається з кількох пар зубчастих коліс різних розмірів, змонтованих на різних валах. Один вал з’єднаний із двигуном і передає його потужність у коробку передач. Інший вал з’єднаний із диференціалом, і на ньому можуть бути встановлені три, чотири або п’ять зубчастих коліс

різного розміру залежно від кількості передач у коробці. За допомогою важеля перемикання передач пересуваються шестерні, які утворюють різні пари зубчастих коліс. Вони передають потужність двигуна з різними значеннями крутного моменту.

Двохвальні коробки передач із 4–5 передачами найчастіше використовуються у легкових автомобілях із переднім ведучим мостом та в автомобілях із заднім ведучим мостом, коли двигун розташований у задній частині автомобіля.



1 – картер; 2 – гвинт для заливання та регулювання масла; 3 – гвинт для зливання масла; 4 – вал лівої сторони; 5 – шестерня I передачі; 6 – муфта синхронізатора I, II та заднього ходу; 7 – шестерня II передачі; 8 – шестерня III передачі; 9 – муфта синхронізатора III та IV передач; 10 – шестерня V передачі; 11 – задня кришка; 12 – сапун; 13 – ковзна муфта; 14 – первинний вал; 15 – вилка; 16 – важіль вимикання зчеплення; 17 – втулка; 18 – картер зчеплення; 19 – вилка вимикання зчеплення; 20 – підшипник вимикання зчеплення; 21 – вторинний вал; 22 – шестерня головної передачі; 23 – підшипник; 24 – корпус диференціала; 25 – сателіт; 26 – шестерня півосі; 27 – шестерня спідометра; 28 – вісь спідометра; 29 – вісь сателітів; 30 – захисний кожух; 31 – стопорне кільце; 32 – фіксатор; 33 – кулька фіксатора.

Рисунок 1.8 - Коробка передач легкового автомобіля з двома валами [8].

Найвища передача цих коробок передач зазвичай є прискорювальною. Тривальні коробки передач використовуються у легкових автомобілях, виготовлених за класичною схемою — коли двигун розташований спереду, а автомобіль приводиться в рух задніми колесами. У сучасних легкових автомобілях застосовуються коробки передач, що мають щонайменше 5 передач [4].

Двохвальні коробки передач монтуються до двигуна разом із картером зчеплення, головною передачею та диференціалом. Якщо коробка передач встановлюється біля поперечно змонтованого двигуна, використовується циліндрична головна передача, ведуча шестерня якої виготовлена разом із вторинним валом. У двохвальних коробках передач крутний момент передається однією парою зубчастих коліс, передавальне число якої не повинно перевищувати 4. Інакше значно збільшується коробка передач і шум під час роботи двигуна [4].

У тривальних коробках передач є пряма передача (коли передавальне число близьке або дорівнює 1), якою автомобіль найчастіше рухається. При русі на прямій передачі така коробка працює дуже тихо та має найвищий коефіцієнт корисної дії порівняно з двохвальною коробкою передач. На інших передачах крутний момент передається двома парами зубчастих коліс, що знижує коефіцієнт корисної дії. Найвища передача має прискорювальне передавальне число [4].

Від зчеплення крутний момент передається на ведучий (первинний) вал коробки передач, який через пару зубчастих коліс постійно з'єднаний із проміжним валом. Шестерні проміжного вала з'єднані з шестернями веденого (вторинного) вала. Шестерні постійного з'єднання веденого вала вільно обертаються на ньому. Проміжний вал виготовляється разом із зубчастими колесами [4].

1.3. Аналіз автоматичних коробок передач

Автоматична планетарна коробка передач складається з планетарного редуктора, який керується зчепленнями та гальмами, гідравлічним або електрогі-

дравлічним приводом. Передавальні числа планетарного редуктора та різні напрямки обертання залежать від того, чи обертається або зупинений центральний зубчастий коліс чи водило. При з'єднанні двох елементів редуктор блокується — утворюється пряма передача [4].

В автоматичній коробці передач перемикання передач здійснюється за допомогою гідравлічно керованих багатодискових зчеплень та односторонніх муфт. Призначення багатодискових зчеплень — керування зубчастими колесами автоматичної коробки передач. Вони поділяються на гальмівні та приводні. Багатодискове зчеплення вмикається тоді, коли в його керуючий циліндр подається масло. Якщо циліндр з'єднаний із зворотною масляною лінією, тарілчасті пружини відштовхують поршень назад і вимикають зчеплення [4].

На вторинному валу планетарної коробки передач встановлений відцентровий регулятор. Він керує тиском масла в гідравлічній системі. Чим швидше рухається автомобіль, тим більший тиск масла.

Вищий тиск масла вмикає вищу передачу. Залежно від положення дросельної заслінки та швидкості руху автомобіля автоматично перемикаються вищі або нижчі передачі.

У нових автомобілях використовується електрогідравлічне керування, переваги якого такі: можливість застосування кількох програм перемикання передач (спортивний режим, економічний тощо); плавне перемикання передач; придатність для різних типів автомобілів; можливість визначення несправностей (самодіагностика). Програми перемикання передач дозволяють регулювати керованість автомобіля.

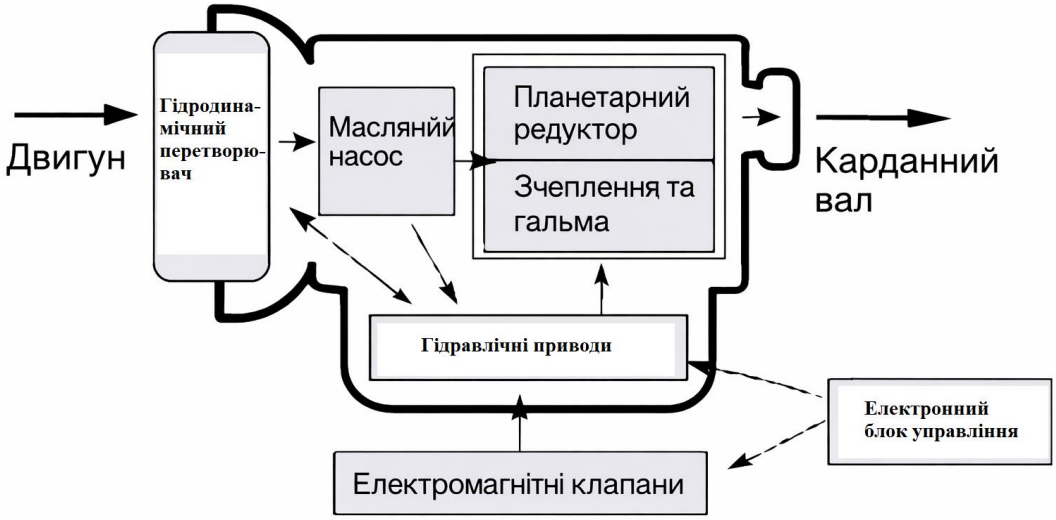


Рисунок 1.9 - Основні елементи автоматичної коробки передач

1.4. Причини несправностей модифікованої трансмісії та способи їх усунення

Основні ознаки несправностей автоматичної коробки передач за [9]:

Низький рівень масла — один із найчастіших симптомів несправності. Він виникає при відсутності регулярного технічного обслуговування. За, рівень масла слід перевіряти після пробігу близько 20 км, коли температура трансмісійної рідини становить 70–80 °C.

Стан трансмісійної рідини відображає стан коробки передач. Нормальна рідина має бути прозорою червоного або жовтого кольору.

Зміна кольору свідчить про підгоряння та зношення дисків.

Коричневий відтінок означає експлуатацію в тяжких умовах.

При перегріві рідина змінює колір, набуває запаху гару, зменшує в’язкість і стає шорсткою на дотик.

Рожевий або жовтуватий відтінок сигналізує про необхідність термінової заміни.

Чорний колір рідини виникає при зношенні дисків зчеплення, гальм, втулок і зубчастих коліс. Особливо чорніє при стиранні алюмінієвих втулок, коли в рідину потрапляють алюмінієві частинки. Це призводить до прослизання зчеплень і гальм, що робить рух автомобіля неможливим.

Перегріта рідина спричиняє утворення лаку, що ще більше погіршує роботу зчеплень і гальм, викликає застрягання клапанів та порушення роботи гідротрансформатора.

Молочний колір рідини свідчить про несправність системи охолодження автоматичної коробки передач.

Основні ознаки недостатньої кількості трансмісійної рідини за [10]:

Затримка перемикання передачі — при переході з положення «P» у «D» передача повинна ввімкнутися негайно, і після відпускання гальма автомобіль має рушити з місця.

Незвичні шуми — можуть проявлятися як гул, дзижчання чи свист. Залежно від марки автомобіля звук може відрізнятися. Часто на початку несправності шум чути лише при ввімкненні певної передачі.

Запізніле перемикання, вібрації та ривки — під час нормального керування цього не повинно бути, передачі мають перемикатися плавно, м’яко та швидко. Спочатку несправність може проявлятися лише в окремі моменти, але з часом повторюється дедалі частіше.

Звук при ввімкненні нейтральної передачі — якщо чути удароподібний звук.

Запах гару — виникає через надмірно високу температуру трансмісійної рідини, що перегрівається через неякісне або застаріле масло. Недостатня кількість рідини також може бути причиною. При втраті мастильних властивостей зростає тертя між деталями, утворюються стружки, які поширюються по коробці передач. Це поступово призводить до серйозних пошкоджень, і коробку доводиться ремонтувати або замінювати.

Проблеми з охолодженням — іноді причина не в самій рідині, а в несправності системи охолодження автоматичної коробки передач.

1.5. Технологічні процеси та етапи виконання робіт з модифікації трансмісії

Ідентифікація проблеми: визначається несправність або дефект, що потребує ремонту. Це здійснюється за допомогою діагностичних інструментів, досліджень, перевірок або спостереження за об'єктом ремонту.

Планування: у процесі ремонту важливо заздалегідь визначити, які компоненти чи деталі будуть замінені, які інструменти та матеріали використовуватимуться. Це забезпечує структурованість та ефективність робіт.

Зняття та демонтаж: у разі потреби видаляються пошкоджені або дефектні деталі. Це може включати частковий або повний демонтаж компонентів, систем чи вузлів.

Ремонт або заміна: після демонтажу розпочинається процес ремонту чи заміни. Це включає усунення дефектів, відновлення пошкоджених деталей, встановлення нових або комплексний ремонт залежно від проблеми.

Збирання: після ремонту чи заміни всі компоненти або деталі встановлюються назад у початкове положення. Це може охоплювати механічні, електричні чи інші дії зі складання залежно від типу обладнання.

Перевірка та тестування: важливо виконати остаточну перевірку й тестування, щоб упевнитися, що ремонт проведено правильно й проблема усунена. Це можуть бути випробування, регулювання, діагностика чи інші методи тестування.

Завершення робіт: коли ремонт завершено й усі тести пройдено успішно, засіб можна повернути власнику або користувачу. Іноді потрібна документація чи звіт про виконаний ремонт.

Щоб забезпечити якість технічного обслуговування чи поточного ремонту автомобільних агрегатів або компонентів, необхідно знати технологічний процес. Трансмісійну оливу в механічних коробках передач потрібно періодично замінювати.

Конкретний інтервал заміни оливи в механічній коробці передач зазначається в інструкції з експлуатації автомобіля, довідниках або комп'ютерних базах даних. Рекомендується міняти трансмісійну оливу кожні 45–60 тис. км (або кожні 3–5 років) чи навіть рідше.

Технологія заміни трансмісійної оливи в механічних коробках передач:

- Олива в коробці передач нагрівається до робочої температури (автомобілем проїжджають не менше 10–15 км).
- Відкручуються зливна пробка та пробка рівня оливи.
- Після зливу оливи зливна пробка закручується із заданим моментом.
- Заливається нова олива, рекомендована виробником автомобіля.
- Оливу заливають доти, поки вона не почне витікати через отвір рівня.
- Пробка рівня закручується із заданим моментом.
- Візуально перевіряється герметичність коробки передач; виявлені дефекти необхідно усунути.

Технологія заміни трансмісійної рідини в автоматичних коробках передач: трансмісійна рідина в коробці передач нагрівається до робочої температури (проїжджається 15–20 км), і автомобіль встановлюється горизонтально так, щоб був доступ до зливного отвору та болтів кріплення картера коробки передач, тобто на підйомнику або в оглядовій ямі. Відкручується пробка зливного отвору й рідина зливається.

Щоб витекло якомога більше рідини, рекомендується залишати отвір відкритим якомога довше, однак уся рідина не витече — частина залишиться в гідротрансформаторі та різних порожнинах і каналах. Саме тому такий спосіб заміни називається частковим.

Пробка зливного отвору (якщо вона є) закручується із заданим моментом. Трансмісійна рідина заливається через отвір щупа або (найчастіше) через заливний отвір. Важливо пам'ятати, що під час зливу не вся рідина витекла, тому заливати (і купувати) потрібно не повний об'єм коробки передач (цей об'єм за-

значений в інструкції з експлуатації автомобіля). Зазвичай необхідно залити від 3 до 5 літрів рідини (залежно від марки автомобіля).

Процес заміни та прокачування робочого циліндра зчеплення у BMW E46 за інструкцією виробника:

Автомобіль підіймається на підйомнику. Знімається захист коробки передач. Відкручується резервуар гальмівної рідини. Стара гальмівна рідина відкачується шприцом і заливається нова. За допомогою спеціального інструмента у системі створюється тиск до 2 бар. На штуцер прокачування робочого циліндра зчеплення надягається шланг від інструмента для прокачування гальмівної системи під тиском. Відкручується клапан прокачування робочого циліндра зчеплення і рідина випускається доти, поки в рідині не залишиться повітряних бульбашок. Клапан закручується, а спеціальний інструмент знімається з резервуара. Педаль зчеплення повільно натискається 10 разів. Резервуар заповнюється рідиною до норми [3].

Рисунок 1.10 - Пристрій для прокачування гальмівної системи під тиском

Автомобіль піднімають на підйомнику. Знаходять заливний отвір оливи диференціала. Відкручують заливну пробку. Рівень оливи має доходити до ни-

жнього краю отвору. Якщо рівень оливи занадто низький, необхідно долити оливу.

Після цього заливну пробку закручують і затягують динамометричним ключем із моментом затягування 70 Н·м.

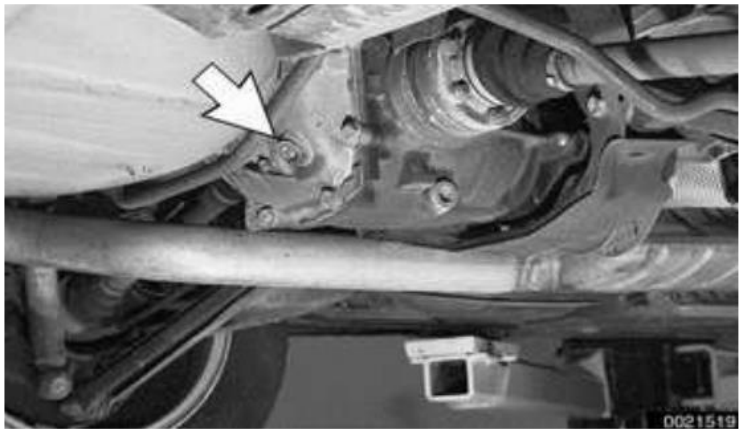


Рисунок 1.11 - Заливний отвір оливи диференціала BMW E46 [3].

2. МЕТОДОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Експеримент — це емпіричне дослідження, яке шляхом планомірного керування (зміни, коригування) умовами процесу або явища дає змогу перевірити гіпотези щодо причинно-наслідкових зв’язків між явищами. Основною ознакою експериментального дослідження є те, що дослідник свідомо контролює та змінює умови, які визначають події, що його цікавлять [11].

Експеримент проводиться з метою покращення екологічних показників, економічності та динамічних характеристик автомобіля .

Для проведення експерименту використовуються:

- технологічний процес демонтажу автоматичної коробки передач;
- технологічний процес встановлення механічної коробки передач.

2.1. Характеристика об’єкта

Модель BMW 330 CD E46 випускалася з 2003 по 2006 рік. Досліджуваний автомобіль є дводверним купе з п’ятьма посадковими місцями. Це так звана рестайлінгова (facelift) версія, яка відрізняється низкою дизайнерських удосконалень, зокрема оновленою формою передніх крил, передніми фарами, капотом та задніми ліхтарями [1].

Автомобіль оснащений 3,0-літровим шестициліндровим дизельним двигуном стандарту Euro 3, який розвиває потужність 150 кВт та крутний момент 410 Н·м. У заводській комплектації автомобіль обладнаний п’ятиступеневою автоматичною коробкою передач [1].

Трансмісія автомобіля модифікується шляхом заміни автоматичної коробки передач на механічну з метою покращення екологічних показників, економічності та динамічних характеристик автомобіля.

Коробки передач 5L40-E та 5L50 є серією автоматичних коробок передач виробництва General Motors. Вони були розроблені для автомобілів із поздовжнім розташуванням двигуна. Дані коробки мають п’ять передач і використову-

вался в автомобілях марок Cadillac, Pontiac та BMW у період з 2004 по 2009 рік. Їх конструкція базується на класичній автоматичній коробці передач із гідротрансформатором та планетарними рядами [2].

Модель 5L40-E позначалася як M82 для автомобілів із заднім приводом або MX5 для повнопривідних версій. Вона використовувалася в автомобілях BMW починаючи з 1999 модельного року до заміни на електронно-керовані автоматичні коробки передач серій 6L45E та 6L50E у 2007 році. Коробка передач призначена для експлуатації на транспортних засобах масою до 1814 кг. Вона була розроблена для двигунів об'ємом від 1,8 до 3,6 л з максимальним крутним моментом 340 Н·м [2].

Однак коробка передач 5L40-E виявилася недостатньо міцною для використання разом із двигунами M57D30, крутний момент яких становить від 390 до 410 Н·м. З цією метою була створена коробка передач 5L50, розрахована на транспортні засоби масою до 2268 кг та здатна передавати крутний момент до 422 Н·м [2].

GS5-39DZ — це механічна коробка передач виробництва ZF, розроблена для автомобілів із поздовжнім розташуванням двигуна. Вона має п'ять передач і використовувалася виключно в автомобілях BMW з 1995 по 2006 рік. Дана коробка передач спеціально створена для роботи з двигунами M57D30, які розвивають крутний момент від 390 до 410 Н·м [2].

Основна відмінність між механічною та автоматичною коробками передач полягає в тому, що під час руху автомобіля в автоматичній трансмісії відсутній жорсткий зв'язок між колінчастим валом двигуна та первинним валом коробки передач. Функцію зчеплення в автоматичних коробках передач виконує гідродинамічний трансформатор крутного моменту.

Карданний вал автоматичної трансмісії коротший на 21 см, оскільки автоматична коробка передач має більшу довжину порівняно з механічною. В обох варіантах трансмісії карданні вали складаються з двох частин, мають проміж-

ний підшипник у центральній частині та шарнір рівних кутових швидкостей на задньому кінці.

Диференціали обох трансмісій є відкритого типу, проте відрізняються передавальними числами головної передачі. Для автоматичної трансмісії передаточне число становить 2,81:1, тоді як для механічної — 2,28:1 [1].

Відмінності технічних характеристик трансмісій, регламентовані виробником, наведені в таблиці 1 на основі даних ресурсу Auto-Data [1].

Таблиця 2.1 – Регламентовані виробником технічні характеристики автомобіля BMW 330 CD E46 [1]

Показник	**Автоматична трансмісія**	**Механічна трансмісія**
Викиди CO_2	206 г/км	177 г/км
Витрата пального в місті	10,8 л/100 км	9,1 л/100 км
Витрата пального за містом	6,3 л/100 км	5,2 л/100 км
Змішана витрата пального	7,9 л/100 км	6,6 л/100 км
Запас ходу на одному паливному баку	818 км	954 км
Максимальна швидкість	235 км/год	227 км/год
Час розгону від 0 до 100 км/год	7,4 с	7,2 с

Провівши аналіз наведених даних, можна стверджувати, що механічна трансмісія є більш економічною та екологічною порівняно з автоматичною. Крім того, автомобіль із механічною коробкою передач розганяється від 0 до 100 км/год на 0,2 с швидше. Водночас максимальна швидкість такого автомобіля є нижчою на 7 км/год порівняно з версією, оснащеною автоматичною трансмісією [1].

2.2. Хід виконання експерименту

Хід виконання експерименту поділяється на такі етапи:

Діагностика. Пробіг автомобіля — 378 000 км. Під час експлуатації були виявлені недоліки. У процесі використання автоматичної коробки передач через наявні несправності було прийнято рішення модифікувати трансмісію автомобіля «BMW 330 CD E46», замінивши автоматичну коробку передач на механічну. З цією метою проводиться діагностика несправностей коробки передач.

Збір та аналіз даних, необхідних для виконання роботи. Для визначення несправностей і виконання модифікації аналізується наукова література та технічна документація.

Вибір обладнання та технологічних процесів. Обираються необхідне обладнання, технологічні процеси та послідовність виконання робіт відповідно до офіційних керівництв BMW з технічного обслуговування та поточного ремонту, які будуть використані для виконання модифікації трансмісії.

Обладнання, необхідне для виконання роботи:

Інструментальний візок. Для виконання роботи необхідні різноманітні інструменти: тріскачки, торцеві головки, гайкові ключі, викрутки, плоскогубці та інші. В обраному інструментальному візку «KB Global» є 7 шухляд, у яких розміщено 319 одиниць інструментів, необхідних для виконання цієї роботи. Цей візок є дуже зручним завдяки гумовим колесам, що забезпечують його мобільність.

Рисунок 2.1 - Професійний інструментальний візок «KB Global».

Для виконання роботи було обрано електромеханічний двостійковий підйомник «Nussbaum Smart Lift 230 SL DT». Підйомник призначений для легкових автомобілів, має асиметричну конструкцію з двосекційними підйомними лапами та оснащений електронною системою синхронізації. Вантажопідйомність становить 3 тонни.

Рисунок 2.2 - Двостійковий підйомник «Nussbaum Smart Lift 230 SL DT».

Було обрано двоступеневий трансмісійний домкрат через його вантажопідйомність. Оскільки необхідно піднімати та опускати коробку передач, було вибрано трансмісійний домкрат із вантажопідйомністю 0,5 тонни.

Рисунок 2.3 - Гідравлічна трансмісійна стійка

Під час виконання технічного обслуговування та поточного ремонту коробок передач і диференціала необхідне обладнання для збору технічних рідин.

Було обрано ємність для збору технічних рідин «HPMM» завдяки наявності регульованої стійки.

Рисунок 2.4 - Ємність для збору технічних рідин «HPMM

Під час виконання робіт (відповідно до технологічних процесів та інструкцій виробника) необхідний динамометричний ключ. Було обрано динамометричні ключі цифрового типу «Castex» та механічного типу «LD», з діапазоном затягувального моменту 6–40 Н·м та 40–220 Н·м.

Рисунок 2.5: a – цифровий динамометричний ключ «LD»; b – динамометричний ключ «Castex»

Під час етапу демонтажу трансмісії для забезпечення швидкості виконання робіт було обрано електричний гайковерт «Milwaukee M18». Цей ударний гайковерт має чотири режими для відкручування болтів, завдяки яким досягається крутний момент до 1898 Н·м.

Рисунок 2.6 - Електричний гайковерт «Milwaukee M18»

Для виконання роботи необхідні спеціальні інструменти:

- інструмент для фіксації маховика,
- інструмент для зняття напрямного підшипника первинного валу,
- інструмент для запресування напрямного підшипника первинного валу,
- інструмент для центрування комплекту зчеплення,
- інструмент для відновлення самовирівнювання натискного диска зчеплення.

Демонтаж трансмісії з автомобіля.

Трансмісія демонтується з автомобіля відповідно до технологічних процесів, визначених виробником.

Діагностика та адаптація замінної трансмісії.

Виконуються роботи з поточного ремонту та технічного обслуговування елементів трансмісії з метою визначення їхнього стану до встановлення в автомобіль, з використанням рекомендацій виробника. Виконується підбір диференціала.

Встановлення трансмісії в автомобіль.

Трансмісія встановлюється в автомобіль відповідно до рекомендацій виробника із застосуванням необхідних технологічних процесів та обладнання.

Порівняння результатів.

Під час експлуатації збираються дані, які порівнюються з заводськими параметрами та наявними показниками. Також фіксуються дані до та після модифікації трансмісії.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Діагностика

Під час експлуатації автомобіля з автоматичною трансмісією було виявлено незначну затримку обертів двигуна. Під час руху в дорожніх умовах встановлено, що коробка передач перемикає передачі із затримкою та запізненням. Вранці спостерігались сильні поштовхи під час ввімкнення передач, коли двигун і коробка передач є холодними. Відзначено низьку динаміку керування автомобілем.

Для усунення проблеми поштовхів у коробці передач зазвичай достатньо перевірити рівень трансмісійної оливи, замінити або долити її. З урахуванням пробігу автомобіля було вирішено, що трансмісійну оливу необхідно замінити. Після зливання оливи в ній були виявлені металеві частинки. Наявність таких відкладень у трансмісійній оливі дозволяє зробити висновок, що внутрішні компоненти коробки передач пошкоджені та потребують ремонту.

Рисунок 3.1 - Металеві відкладення у трансмісійному мастилі.

Пробіг досліджуваного автомобіля становить 381 564 км. З урахуванням високого пробігу робиться припущення, що залишковий ресурс коробки передач є дуже малим.

Оцінивши вузол автомобіля — автоматичну коробку передач, її стан та витрати на ремонт, було прийнято рішення модифікувати трансмісію шляхом зміни її типу, а не виконувати ремонт.

1.2. Демонтаж трансмісії з автомобіля

Роботи з заміни трансмісії починаються з від'єднання акумуляторної батареї. Автомобіль піднімається на двостійковому підйомнику. Трансмісія демонтується з автомобіля відповідно до технологічного процесу зняття автоматичної коробки передач, який описаний в інструкціях виробника «BMW E46».

Знімаються захисні елементи днища автомобіля. Відкручується болт металевого хомута глушника. Глушник підпирається трансмісійним домкратом. Відкручуються кріплення глушника в центральній частині днища автомобіля. У задній частині автомобіля знімається кріплення глушника, після чого вихлопна система опускається.

З коробки передач зливається олива згідно з технологічним процесом, описаним в інструкції виробника. В нижній та боковій частинах коробки передач відкручуються зливний і заливний отвори. Болти зливного та заливного отворів затягуються з моментом 50 Н·м за допомогою динамометричного ключа.

Знімається теплозахисний кожух карданного вала. Від'єднується трос перемикання передач від коробки передач, після чого встановлюється нейтральне положення. Відкручуються болти півосей.

Послаблюються болти карданного вала від муфти карданного вала, коробки передач та диференціала. Відкручуються болти кріплення проміжного підшипника карданного вала. Карданний вал витягується.

Рисунок 3.2 - Автомобіль без карданного вала.

Знімається пластикова та металева захисна панель днища. Коробка передач підпирається трансмісійним домкратом, відкручуються болти поперечної балки та знімаються трубки охолодження трансмісійної рідини з коробки передач.

З передньої частини коробки передач знімається гумова заглушка, яка закриває болти гідротрансформатора. Двигун провертається за болт шківа колінчастого вала до появи болтів гідротрансформатора через отвір. Фіксується обертання двигуна спеціальним інструментом і відкручується болт гідротрансформатора. Процес повторюється шість разів.

За допомогою монтажного важеля гідротрансформатор від'єднується від двигуна. Від'єднується електричний роз'єм від коробки передач. За допомогою подовжувача відкручуються болти стартера, після чого стартер відсувається.

Відкручуються болти кріплення коробки передач до двигуна. Коробка передач відсувається від двигуна разом із гідротрансформатором і опускається на землю. Відкручуються шість болтів маховика автоматичної коробки передач, після чого він знімається.

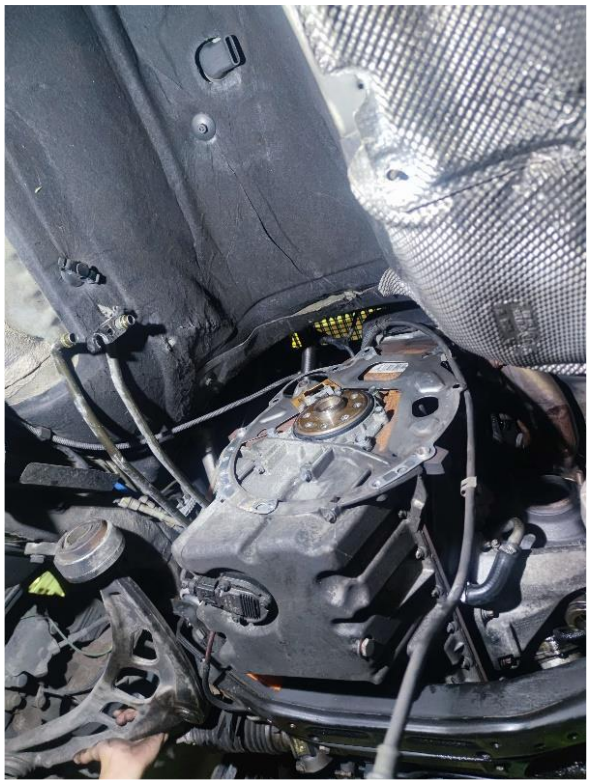


Рисунок 3.3 - Двигун без коробки передач і маховика

Диференціал підпирається трансмісійним домкратом, відкручуються болти, після чого він демонтується. Автомобіль опускається, а з салону знімається облицювання важеля перемикання передач і витягується пластикова ніша.

Рисунок 3.4 - Важіль перемикання автоматичної коробки передач без елементів облицювання.

Відкручуються гвинти облицювання, від'єднуються електричні з'єднання та знімається трос, який під'єднаний до важеля перемикання передач. Механізм перемикання передач демонтується. Знімається пластикове облицювання та килимове покриття під педалями з боку водія. Відкручується кріплення педалі гальма, від'єднується електричне з'єднання, після чого кронштейн знімається разом із педаллю гальма.

3.3. Діагностика та адаптація замінюваної трансмісії

Було виконано діагностику, поточний ремонт і технічне обслуговування елементів замінюваної механічної трансмісії. Усі деталі були демонтовані з іншого автомобіля. Діагностика, поточний ремонт і технічне обслуговування елементів трансмісії виконувались поза автомобілем.

Заміна трансмісійної оливи механічної коробки передач:

Оскільки невідомий пробіг автомобіля, з якого було знято коробку передач, прийнято рішення замінити оливу. За станом оливи визначається стан коробки передач.

Процес заміни оливи: повністю відкручуються заливний і зливний отвори, олива зливається. Після огляду оливи металевих стружок не виявлено. Колір оливи — коричневий, що свідчить про експлуатацію трансмісії у важких умовах.

Зливний отвір закручується з моментом 50 Н·м за допомогою динамометричного ключа. У коробку залито 1,3 л трансмісійної оливи стандарту 75W-90. Заливний отвір також затягнуто з моментом 50 Н·м динамометричним ключем.

Заміна внутрішньої втулки механізму перемикання передач:

Під час переміщення важеля перемикання передач у праву сторону (до 5-ї передачі) та його відпускання важіль не повертається у вихідне положення. Виявлено дефект внутрішньої втулки механізму перемикання 5-ї передачі. Цей дефект є поширеним для автомобілів «BMW E46» з механічною коробкою передач. Процес заміни втулки: знімається фіксуюче кільце спеціальними плоскогубцями. Знімається кришка. Виймається пружина. Спеціальним інструментом витягується металева втулка механізму перемикання передач.

Малою викруткою та молотком відгинаються краї керамічної втулки. Плоскогубцями виймається керамічна втулка. Внутрішня та зовнішня поверхні нової керамічної втулки змащуються трансмісійною оливою. Встановлюється нова керамічна втулка.

Металева втулка також змащується трансмісійною оливою та встановлюється всередину керамічної втулки. Усередину встановлюється металева пружина, встановлюється кришка. Кришка фіксується фіксуючим кільцем.

Заміна сальника валу перемикання передач механічної коробки передач:

Під час візуального огляду коробки передач виявлено пошкодження сальника валу перемикання передач і витік оливи.

Процес заміни: сальник замінюється відповідно до технологічного процесу, описаного в інструкції «BMW E46». Маленькою викруткою стопорне кільце задньої фланцевої частини валу перемикання передач знімається шляхом зсування у бік коробки передач. Виймається фіксуючий штифт.

За допомогою маленької викрутки сальник валу перемикання передач витягується. Новий сальник змащується по внутрішній та зовнішній кромці трансмісійною оливою. За допомогою довгого циліндра та гумового молотка новий сальник встановлюється на місце.

Задня фланцева частина валу перемикання передач встановлюється назад на вал, вставляється фіксуючий штифт і встановлюється стопорне кільце.

Рисунок 3.5 - Виймання сальника валу перемикання передач

Заміна оливи в диференціалі

Оскільки достовірний пробіг автомобіля та інформація про попередню заміну диференціала невідомі, було прийнято рішення замінити оливу в диференціалі. За станом відпрацьованої оливи можна оцінити технічний стан диференціала.

Порядок виконання робіт: відкручуються зливна та заливна пробки диференціала. Олива зливається. Зливна пробка затягується динамометричним ключем із моментом затягування 70 Н·м. Диференціал встановлюється на рівній поверхні. Диференціал заповнюється трансмісійною оливою BMW SAF-XO до моменту, поки олива не почне витікати через заливний отвір. Згідно з даними виробника, у диференціал заливається 0,9 л оливи. Заливна пробка затягується динамометричним ключем із моментом затягування 70 Н·м.

Заміна втулок важеля перемикання передач

Під час візуального огляду механізму перемикання передач було встановлено, що втулки важеля перемикання передач пошкоджені. У зв’язку з цим було прийнято рішення про їх заміну.

Порядок виконання робіт: за допомогою викрутки видаляються пошкоджені гумові втулки з місць кріплення важеля перемикання передач до коробки передач. Нові втулки змащуються літієвим мастилом. Встановлюються нові гумові втулки.

Заміна подушок поперечної балки коробки передач

Під час візуального огляду подушок поперечної балки коробки передач було виявлено, що вони пошкоджені та мають тріщини. Було прийнято рішення замінити їх. Кількість подушок — дві.

Порядок виконання робіт: відкручуються нижні болти кріплення подушок поперечної балки коробки передач. Поперечна балка знімається. Відкручуються верхні болти кріплення подушок. Встановлюються нові подушки. Верхні болти кріплення подушок затягуються динамометричним ключем із моментом затягування 24 Н·м. Встановлюється поперечна балка коробки передач. Нижні болти кріплення подушок затягуються динамометричним ключем із моментом затягування 24 Н·м.

Заміна вижимного підшипника зчеплення механічної коробки передач

Вижимний підшипник зчеплення механічної коробки передач обертається нерівномірно та видає сторонні шуми. Під час візуального огляду пластикової опори було виявлено, що вона пошкоджена. У зв’язку з цим було прийнято рішення замінити вижимний підшипник та пластикову опору.

Порядок виконання робіт: заміна вижимного підшипника здійснюється відповідно до технологічного процесу, встановленого компанією BMW. Вилка вимикання зчеплення разом із вижимним підшипником знімається з первинного вала коробки передач. Пластикова опора вибивається з зовнішнього боку коробки передач за допомогою молотка та зубила. Посадочне місце пластикової опори очищується, після чого нова опора встановлюється на місце. Вижимний

підшипник відокремлюється від вилки вимикання зчеплення. Вилка очищується, а її внутрішні поверхні, у місцях встановлення підшипника, змащуються консистентним мастилом. Вижимний підшипник встановлюється у нижнє положення. Поздовжні шліци первинного вала легко змащуються консистентним мастилом, після чого вилка вимикання зчеплення разом із вижимним підшипником встановлюється на первинний вал.

Рисунок 3.6 - Вилка вимикання зчеплення та вижимний підшипник механічної коробки передач, правильно встановлені на первинному валу

Вибір диференціал

При модифікації трансмісії шляхом зміни її типу можливе використання трьох диференціалів з різними передавальними числами головної передачі:

диференціал від BMW 330D E46, який виробником призначений для використання з 5-ступеневою механічною коробкою передач. Передавальне число головної передачі — 2,28:1;

диференціал від BMW 330CD E46, призначений для використання з 6-ступеневою механічною коробкою передач. Передавальне число головної передачі — 2,47:1;

диференціал від BMW 330CD E46, призначений для використання з 5-ступеневою автоматичною коробкою передач. Передавальне число головної передачі — 2,81:1.

Зазначені диференціали з такими передавальними числами були обрані тому, що вони легко адаптуються до досліджуваного автомобіля BMW 330CD E46.

Диференціал з передавальним числом 2,28:1

Максимальна швидкість автомобіля на різних передачах визначається розрахунковим методом [12]:

$$V = 0.105 \cdot r_{ст} \cdot \frac{n_{дв}}{U_{гп} U_{п}} \qquad (3.1)$$

де:

- $r_{ст}$ — статичний радіус колеса, 0,31 м;
- $n_{дв}$ — максимальна частота обертання колінчастого вала двигуна, об/хв;
- $U_{гп}$ — передавальне число головної передачі;
- $U_{п}$ — передавальне число відповідної передачі коробки передач.

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.28 \cdot 5.24} = 12.94 \text{ м/с} = 46.6 \text{ км/год}$$

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.28 \cdot 2.91} = 23.3 \text{ м/с} = 83.9 \text{ км/год}$$

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.28 \cdot 1.81} = 37.46 \text{ м/с} = 134.8 \text{ км/год}$$

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.28 \cdot 1.27} = 53.4 \text{ м/с} = 192.2 \text{ км/год}$$

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.28 \cdot 1} = 67.8 \text{ м/с} = 244 \text{ км/год}$$

Залежність частоти обертання двигуна від швидкості руху на 3-й та 4-й передачах при швидкості 50 км/год, на 4-й та 5-й передачах при швидкості 90 км/год, а також на 5-й передачі при швидкостях 110 км/год і 130 км/год [12].

$$n_{дв} = \frac{U_{гп} \cdot U_{п} \cdot V}{0.105 \cdot r_{ст}} \qquad (3.2)$$

$$n_{3} = \frac{2.28 \cdot 1.81 \cdot 13.89}{0.105 \cdot 0.31} = 1761 \text{ об/хв}$$

$$n_4 = \frac{2.28 \cdot 1.27 \cdot 13.89}{0.105 \cdot 0.31} = 1235\ об/\text{хв}$$

$$n_4 = \frac{2.28 \cdot 1.27 \cdot 25}{0.105 \cdot 0.31} = 2224\ об/\text{хв}$$

$$n_5 = \frac{2.28 \cdot 1 \cdot 25}{0.105 \cdot 0.31} = 1751\ об/\text{хв}$$

$$n_5 = \frac{2.28 \cdot 1 \cdot 30.56}{0.105 \cdot 0.31} = 2141\ об/\text{хв}$$

$$n_5 = \frac{2.28 \cdot 1 \cdot 36.11}{0.105 \cdot 0.31} = 2529\ об/\text{хв}$$

Диференціал з передавальним числом 2,47:1

Визначається максимальна швидкість автомобіля на різних передачах.

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.47 \cdot 5.24} = 11.95\ м/\text{с} = 43\ км/\text{год}$$

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.47 \cdot 2.91} = 21.51\ м/\text{с} = 77.4\ км/\text{год}$$

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.47 \cdot 1.81} = 34.58\ м/\text{с} = 124.5\ км/\text{год}$$

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.47 \cdot 1.27} = 49.29\ м/\text{с} = 177.4\ км/\text{год}$$

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.47 \cdot 1} = 62.6\ м/\text{с} = 225.3\ км/\text{год}$$

Залежність частоти обертання двигуна від швидкості руху на 3-й та 4-й передачах при швидкості 50 км/год, на 4-й та 5-й передачах при швидкості 90 км/год, а також на 5-й передачі при швидкостях 110 км/год і 130 км/год.

$$n_3 = \frac{2.47 \cdot 1.81 \cdot 13.89}{0.105 \cdot 0.31} = 1908\ об/\text{хв}$$

$$n_4 = \frac{2.47 \cdot 1.27 \cdot 13.89}{0.105 \cdot 0.31} = 1339\ об/\text{хв}$$

$$n_4 = \frac{2.47 \cdot 1.27 \cdot 25}{0.105 \cdot 0.31} = 2409\ об/\text{хв}$$

$$n_5 = \frac{2.47 \cdot 1 \cdot 25}{0.105 \cdot 0.31} = 1897\ об/\text{хв}$$

$$n_5 = \frac{2.47 \cdot 1 \cdot 30.56}{0.105 \cdot 0.31} = 2319\ об/\text{хв}$$

$$n_5 = \frac{2.47 \cdot 1 \cdot 36.11}{0.105 \cdot 0.31} = 2740\ об/\text{хв}$$

Диференціал з передавальним числом 2,81:1

Визначається максимальна швидкість автомобіля на різних передачах.

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.81 \cdot 5.24} = 10.5\ м/\text{с} = 37.8\ км/\text{год}$$

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.81 \cdot 2.91} = 18.91\ м/\text{с} = 68.1\ км/\text{год}$$

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.81 \cdot 1.81} = 30.4\ м/\text{с} = 109.4\ км/\text{год}$$

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.81 \cdot 1.27} = 43.32\ м/\text{с} = 156\ км/\text{год}$$

$$V = 0.105 \cdot \frac{0.31 \cdot 4750}{2.81 \cdot 1} = 55.02\ м/\text{с} = 198.1\ км/\text{год}$$

Ці формули відповідають максимальній швидкості автомобіля на 1-й, 2-й, 3-й, 4-й та 5-й передачах при використанні диференціала з передавальним числом 2,81:1.

Залежність частоти обертання двигуна від швидкості руху на 3-й та 4-й передачах при швидкості 50 км/год, на 4-й та 5-й передачах при швидкості 90 км/год, а також на 5-й передачі при швидкостях 110 км/год і 130 км/год.

$$n_3 = \frac{2.81 \cdot 1.81 \cdot 13.89}{0.105 \cdot 0.31} = 2170\ об/\text{хв}$$

$$n_4 = \frac{2.81 \cdot 1.27 \cdot 13.89}{0.105 \cdot 0.31} = 1523\ об/\text{хв}$$

$$n_4 = \frac{2.81 \cdot 1.27 \cdot 25}{0.105 \cdot 0.31} = 2741\ об/\text{хв}$$

$$n_5 = \frac{2.81 \cdot 1 \cdot 25}{0.105 \cdot 0.31} = 2158\ об/\text{хв}$$

$$n_5 = \frac{2.81 \cdot 1 \cdot 30.56}{0.105 \cdot 0.31} = 2638\ об/\text{хв}$$

$$n_5 = \frac{2.81 \cdot 1 \cdot 36.11}{0.105 \cdot 0.31} = 3117\ об/\text{хв}$$

Після виконання теоретичних розрахунків було визначено максимальну швидкість автомобіля на 1–5 передачах для кожного передавального числа головної передачі. Також були розраховані оберти двигуна під час руху автомобіля на 3-й та 4-й передачах при швидкості 50 км/год, на 4-й та 5-й передачах при швидкості 90 км/год, а також на 5-й передачі при швидкостях 110 км/год і 130 км/год.

Головна передача з передавальним числом 2,28:1 забезпечує найвищу максимальну швидкість на всіх передачах, а максимальна швидкість автомобіля становить 244 км/год.

Головна передача з передавальним числом 2,81:1 забезпечує найнижчу швидкість на всіх передачах, а максимальна швидкість автомобіля становить 198,1 км/год.

Диференціал з передавальним числом 2,28:1 характеризується найнижчою частотою обертання двигуна в умовах міської та позаміської експлуатації, тому можна стверджувати, що трансмісія з таким передавальним числом є найбільш екологічною та економічною

Диференціал з передавальним числом 2,81:1 характеризується найвищою частотою обертання двигуна в умовах міської та позаміської експлуатації, тому можна зробити висновок, що трансмісія з таким передавальним числом має гірші показники екологічності та економічності.

Після проведення розрахунків та аналізу різних диференціалів з різними передавальними числами було обрано диференціал з передавальним числом 2,28:1, оскільки він забезпечує найкращі показники економічності та екологічності.

3.4. Встановлення трансмісії в автомобіль

У салоні автомобіля під килимовим покриттям з боку водія прокладається шланг системи керування зчепленням через передбачене виробником місце до робочого циліндра зчеплення.

Рисунок 3.7 - Прокладання шланга системи керування зчепленням під килимовим покриттям

Педальний вузол встановлюється на місце та під'єднуються електричні роз'єми. Шланг головного циліндра зчеплення прокладається до бачка гальмівної рідини через передбачений виробником отвір.

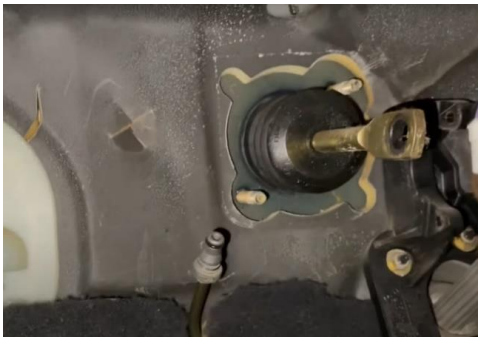


Рисунок 3.8 - Прокладання шланга системи керування зчепленням до бачка гальмівної рідини.

Отвір у бачку гальмівної рідини відкривається шляхом зрізання заглушки, після чого на нього встановлюється шланг головного циліндра зчеплення.

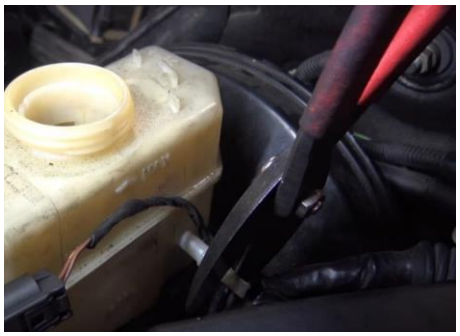


Рисунок 3.9 - Відкриття отвору в бачку гальмівної рідини шляхом зрізання заглушки.

Автомобіль піднімається. Відкручуються кронштейни кріплення шлангів охолодження автоматичної коробки передач, після чого шланги від'єднуються від радіатора охолодження трансмісійної рідини та витягуються. Напрямний підшипник запресовується в колінчастий вал. За допомогою спеціального інструменту для стискання виконується встановлення механізму саморегулювання натискного диска у початкове положення.

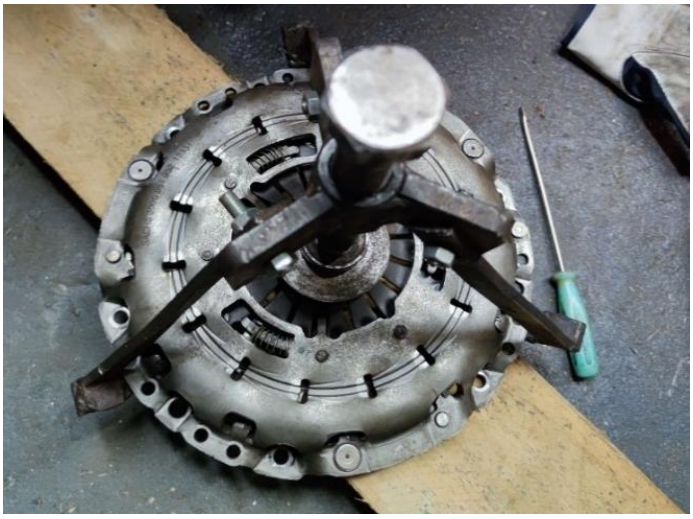


Рисунок 3.10 - Відновлення механізму саморегулювання натискного диска механічної коробки передач у початкове положення.

Маховик встановлюється на колінчастий вал. Болти кріплення затягуються динамометричним ключем із моментом 120 Н·м. Встановлюється центрувальний інструмент, після чого на маховик монтуються ведений (фрикційний) диск і натискний диск зчеплення. Сторона фрикційного диска з написом «Getriebe» повинна бути звернена у бік коробки передач. Болти кріплення змащуються фіксатором різьби та затягуються динамометричним ключем із моментом 24 Н·м.

Рисунок 3.11 - Комплект зчеплення механічної коробки передач

Механізм перемикання передач кріпиться до коробки передач. Робочий циліндр зчеплення встановлюється на коробку передач і затягується з моментом 22 Н·м. Муфта карданного вала кріпиться до коробки передач і затягується динамометричним ключем із моментом 115 Н·м. Після цього виймається центрувальний інструмент, а механічна коробка передач разом із важелем перемикання передач піднімається в автомобіль за допомогою трансмісійного домкрата.

Шліци первинного вала механічної коробки передач суміщаються з елементами зчеплення. Напрямні коробки передач поєднуються з отворами в блоці двигуна. Первинний вал коробки передач вводиться в напрямний підшипник колінчастого вала. Положення задньої частини коробки передач регулюється, і коробка подається вперед до повного прилягання її привалювальної поверхні до двигуна. Після цього загортаються болти кріплення коробки передач. Встановлюється стартер і загортаються його кріпильні болти. Болти з різьбою М8 затя-

гуються моментом 22 Н·м, з різьбою М10 — 43 Н·м, а з різьбою М12 — 72 Н·м за допомогою динамометричного ключа.

Шланг робочого циліндра зчеплення під'єднується до системи. Автомобіль опускається. Бачок гальмівної рідини заповнюється рідиною DOT 4. На бачок встановлюється пристрій для прокачування гальмівної системи під тиском, у якому створюється тиск 2 бари. До штуцера прокачування робочого циліндра зчеплення під'єднується шланг спеціального пристрою. Клапан прокачування відкручується до моменту появи гальмівної рідини. Після цього клапан закручується, а бачок знову заповнюється рідиною DOT 4. У системі повторно створюється тиск 2 бари, і процес повторюється до повного зникнення бульбашок повітря в рідині.

Після завершення прокачування клапан закручується, а спеціальний пристрій знімається з бачка. Педаль зчеплення повільно натискається 10 разів. Рівень рідини в бачку доводиться до норми. Перевіряється герметичність усіх з'єднань системи приводу зчеплення та відсутність витоків гальмівної рідини. Після цього встановлюються елементи оздоблення салону та килимове покриття.

Автомобіль знову піднімається. Втулка опори важеля перемикання передач запресовується в кузов автомобіля .

Рисунок 3.12 - Запресована втулка опори важеля перемикання передач механічної коробки передач.

Болти кріплення поперечної балки коробки передач до рами автомобіля затягуються динамометричним ключем із моментом 21 Н·м. Диференціал піднімається в автомобіль за допомогою трансмісійного домкрата. Два передніх болти кріплення затягуються моментом 110 Н·м, а задній болт — 174 Н·м. Півосі кріпляться до диференціала та затягуються моментом 83 Н·м.

Карданний вал встановлюється в коробку передач, а його кріпильні болти затягуються моментом 115 Н·м. Болти кріплення шарніра карданного вала до диференціала затягуються моментом 66 Н·м. Болти кріплення проміжної опори карданного вала до кузова автомобіля затягуються моментом 25 Н·м.

До двох вибраних тонких проводів джгута керування автоматичною коробкою передач припаюється електричний роз'єм ліхтарів заднього ходу, після чого виконується його підключення. Встановлюються решта елементів захисту днища автомобіля. Автомобіль опускається.

У моторному відсіку, у відсіку електронних блоків керування, від'єднуються електричні роз'єми блоку керування автоматичною коробкою передач. Визначається джгут проводів модуля керування автоматичною коробкою передач. Джгут розрізається, і два вибрані дроти однакового кольору (у цьому випадку коричневий і червоний) підключаються до реле ліхтарів заднього ходу.

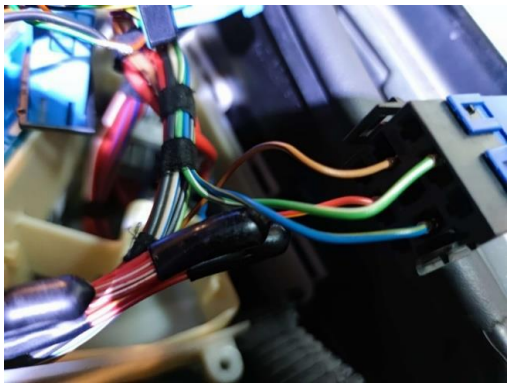


Рисунок 3.13 - Проводи, підведені до реле увімкнення ліхтарів заднього ходу.

Програмне забезпечення автомобіля перекодується з автоматичної трансмісії на механічну за допомогою програмного забезпечення «WinOLS».

3.5. Порівняння результатів

Під час модифікації трансмісії автомобіля вдалося уникнути дорогого ремонту коробки передач.

До та після заміни трансмісії контролювалася витрата палива. Визначалася середня витрата палива в міських та позаміських умовах експлуатації після проходження 100 км. За даними виробника, витрата палива автомобіля з автоматичною трансмісією становить: у міському циклі — 10,8 л/100 км, у позаміському циклі — 6,3 л/100 км, у змішаному циклі — 7,9 л/100 км. Для автомобіля з механічною трансмісією витрата палива становить: у міському циклі — 9,1 л/100 км, у позаміському циклі — 5,2 л/100 км, у змішаному циклі — 6,6 л/100 км.

У результаті проведених вимірювань було отримано такі дані: для автомобіля з автоматичною трансмісією витрата палива в міському циклі становила 11,2 л/100 км, у позаміському циклі — 6,8 л/100 км, а в змішаному циклі — 9,0 л/100 км. Після заміни трансмісії та перепрограмування електронної системи автомобіля витрата палива в міському циклі склала 9,6 л/100 км, у позаміському циклі — 5,7 л/100 км, а в змішаному циклі — 7,7 л/100 км.

Порівняння даних виробника та отриманих експериментальних даних для автомобіля з автоматичною трансмісією показало, що фактична витрата палива дещо перевищує значення, заявлені виробником (див. Рисунок 31). У міському циклі витрата палива виявилася більшою на 0,4 л/100 км, у позаміському циклі — на 0,6 л/100 км, а в змішаному циклі — на 0,3 л/100 км.

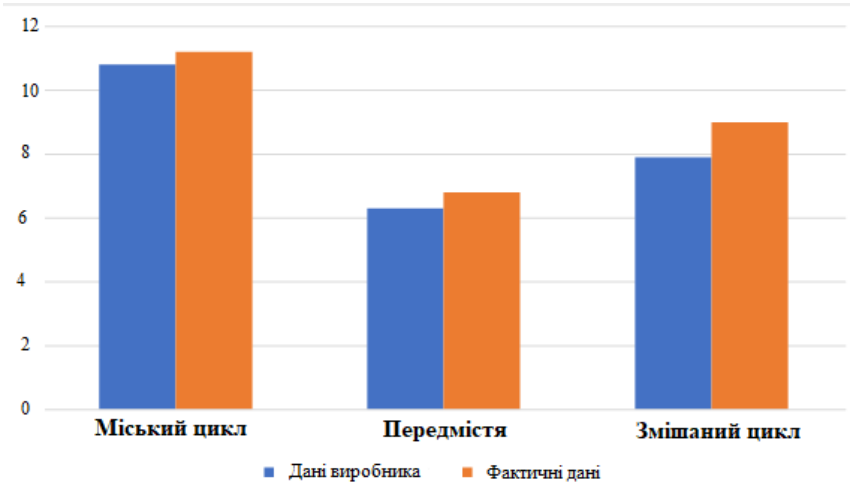


Рисунок 3.14 - Порівняння заявлених виробником та реальних показників витрати палива автомобілів з автоматичною трансмісією

Порівняння даних виробника з фактично зібраними даними для автомобілів з механічною коробкою передач показало, що реальні показники витрати палива дещо перевищують заявлені виробником (Рисунок 32). У міському циклі витрата палива виявилася більшою на 0,5 л/100 км, у заміському циклі — також на 0,5 л/100 км, а в змішаному циклі перевищення становило 1,1 л/100 км.

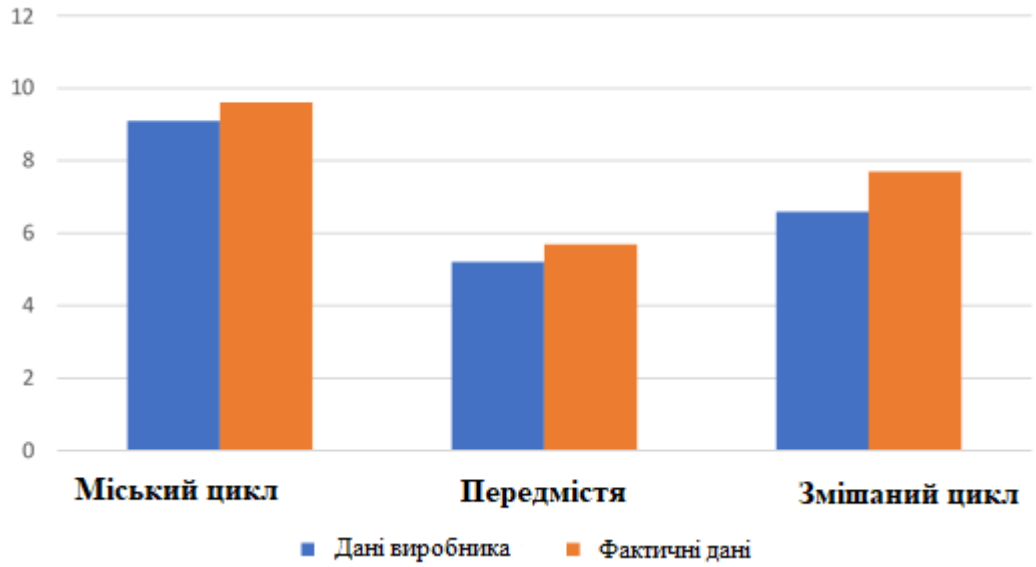


Рисунок 3.15 - Порівняння заявлених виробником та реальних показників витрати палива автомобілів з механічною трансмісією

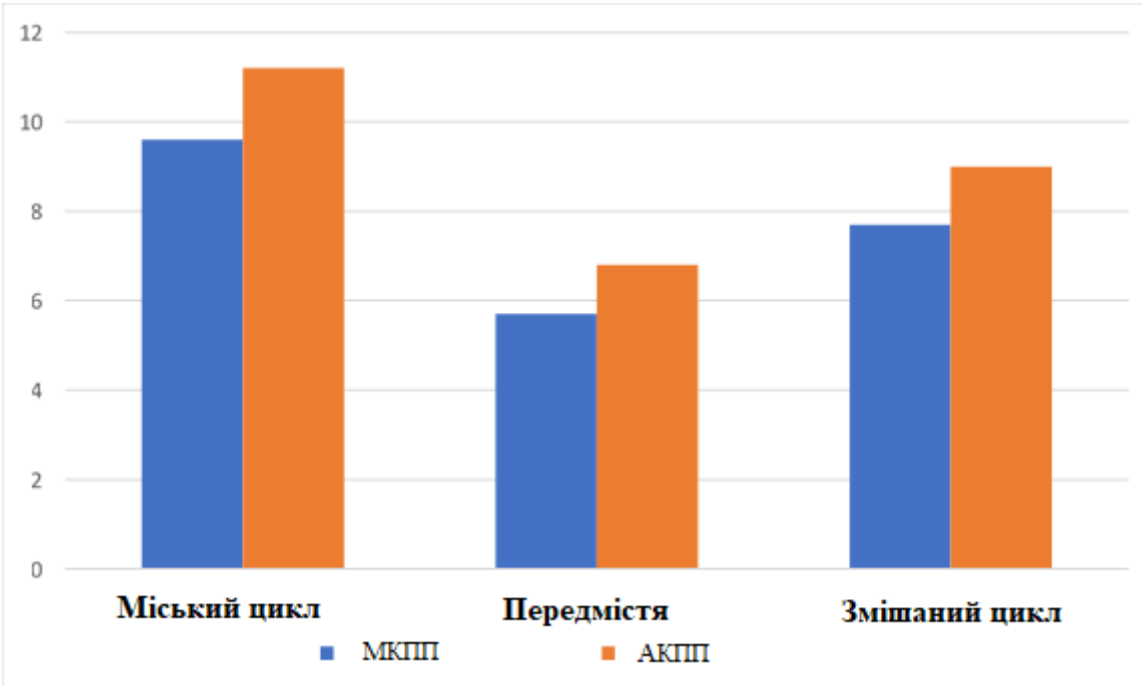


Рисунок 3.16 - Порівняння фактичних показників витрати палива автомобілів з механічною та автоматичною коробками передач.

ВИСНОВКИ

У результаті аналізу конструктивних особливостей трансмісій та найбільш поширених несправностей встановлено, що існують гідростатичні, електричні, гідромеханічні та електромеханічні трансмісії. За способом керування вони поділяються на механічні, автоматичні та комбіновані. Найпоширенішими несправностями автоматичних трансмісій є удари під час перемикання передач, затримка перемикання передач, вібрації та ривки. Для механічних трансмісій характерними несправностями є пробуксовування зчеплення, ускладнене перемикання передач та поява сторонніх шумів.

Розроблено послідовність етапів модифікації для реалізації технологічних рішень, яка включає: ідентифікацію несправностей, планування робіт, зняття та демонтаж агрегатів, ремонт або заміну деталей, складання та встановлення вузлів, перевірку та випробування, а також завершення виконання робіт.

У результаті проведеного експерименту встановлено, що після модифікації трансмісії автомобіля шляхом зміни її типу витрата палива в міському циклі зменшилася на 1,6 л/100 км, а в позаміському циклі — на 1,1 л/100 км. Крім того, витрата палива в змішаному циклі зменшилася на 1,3 л/100 км. За результатами проведених розрахунків було обрано диференціал з передавальним числом 2,28:1, оскільки він забезпечує найкращі показники економічності та екологічності. Завдяки зменшенню витрати палива автомобіль після модифікації трансмісії став більш екологічним.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Auto-Data.net — BMW 330 Cd (E46) технічні характеристики.

2. England D. *General Motors 5L40-E / 5L50 Automatic Transmission Technical Information*. General Motors Powertrain, 2002.

3. R. Bentley (2006) BMW 3 series service manual 1999-2005.

4. Говорущенко М. Я. Технічна експлуатація автомобілів : підручник. – Харків : ХНАДУ, 2004. – 488 с.

5. Сахно В. П., Білоус А. Б., Костенко О. І. Конструкція автомобілів : підручник. – Київ : Либідь, 2005. – 480 с.

6. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів : підручник. – Київ : Либідь, 2006. – 400 **с.**

7. 7. Harald N, Bernd B, Joachim R, Wolfgang N. (2010) Automotive Transmissions. London: Springer. doi 10.1007/978-3-642-16214-5

8. Erjavec, J. (2004). *TechOne: Manual Transmissions*. USA: Delmar Cengage Learning.

9. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: технологія : підручник. – Київ : Вища школа, 2007. – 527 с.

10. Мигаль В. Д. Основи технічної діагностики автомобілів : навч. посіб. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Харків : Майдан, 2016. – 372 с.

11. Крушельницька О. В. Методологія та організація наукових досліджень : навч. посіб. – Київ : Кондор, 2006. – 206 с.

12.J. Erjavec TechOne: Manual transmissions. Columbus, Ohio. 2004m.

Комплект ілюстративного матеріалу до захисту бакалаврської роботи

студента групи АТз-22-1

Юрчука Миколи Миколайовича

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТРАНСМІСІЇ АВТОМОБІЛЯ BMW

Науковий керівник: доц. Гнип М.М.

Івано-Франківськ
2026р.

МЕТА і ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Актуальність теми. За даними www.ukrstat.gov.ua, більшість транспортних засобів, що експлуатуються в Україні, мають вік 12–18 років. За такого старого автомобіль-ного парку особливого значення набуває якісне та своєчасне технічне обслуговування агрегатів і вузлів автомобіля, а також поточний ремонт.

Водії обирають автомобілі з найменшими витратами на експлуатацію та обслуговування. Це ті транспортні засоби, які рідко виходять з ладу, а їхні експлуатаційні характеристики — динамічність, економічність, безпека під час використання тощо — перебувають у встановлених межах. Проте в техніці немає нічого вічного: механізми та вузли, що працювали певний час, поступово зношуються, починають виходити з ладу й потребують ремонту.

Мета роботи - модифікувати трансмісію автомобіля BMW 330 CD E46, змінюючи її тип.

Об’єкт дослідження - автомобіль BMW 330 CD E46.

Предмет дослідження - процес модифікації трансмісії автомобіля BMW 330 CD E46 з метою підвищення його екологічних показників, економічності та динамічності руху.

Завдання:

- Проаналізувати конструктивні особливості трансмісій та основні не-справності трансмісії.
- Скласти етапи модифікації для реалізації технологічних рішень.
- Подати результати та сформулювати висновки

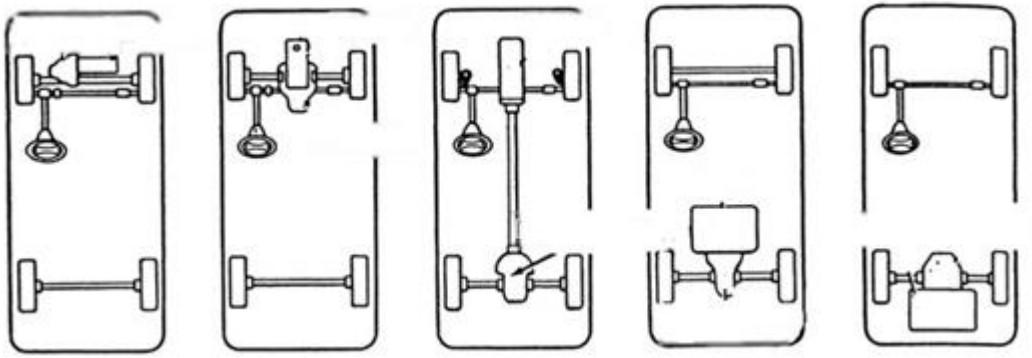


Рисунок 1 - Компонувальні системи автомобільних трансмісій

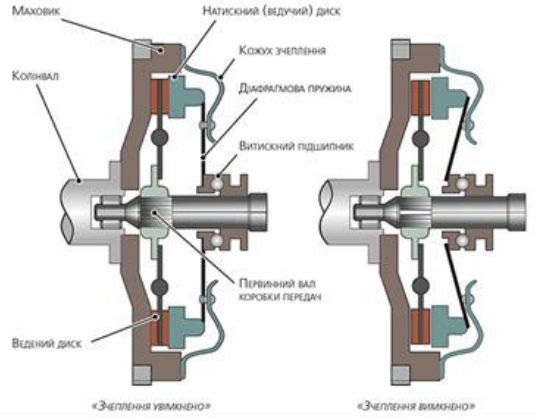
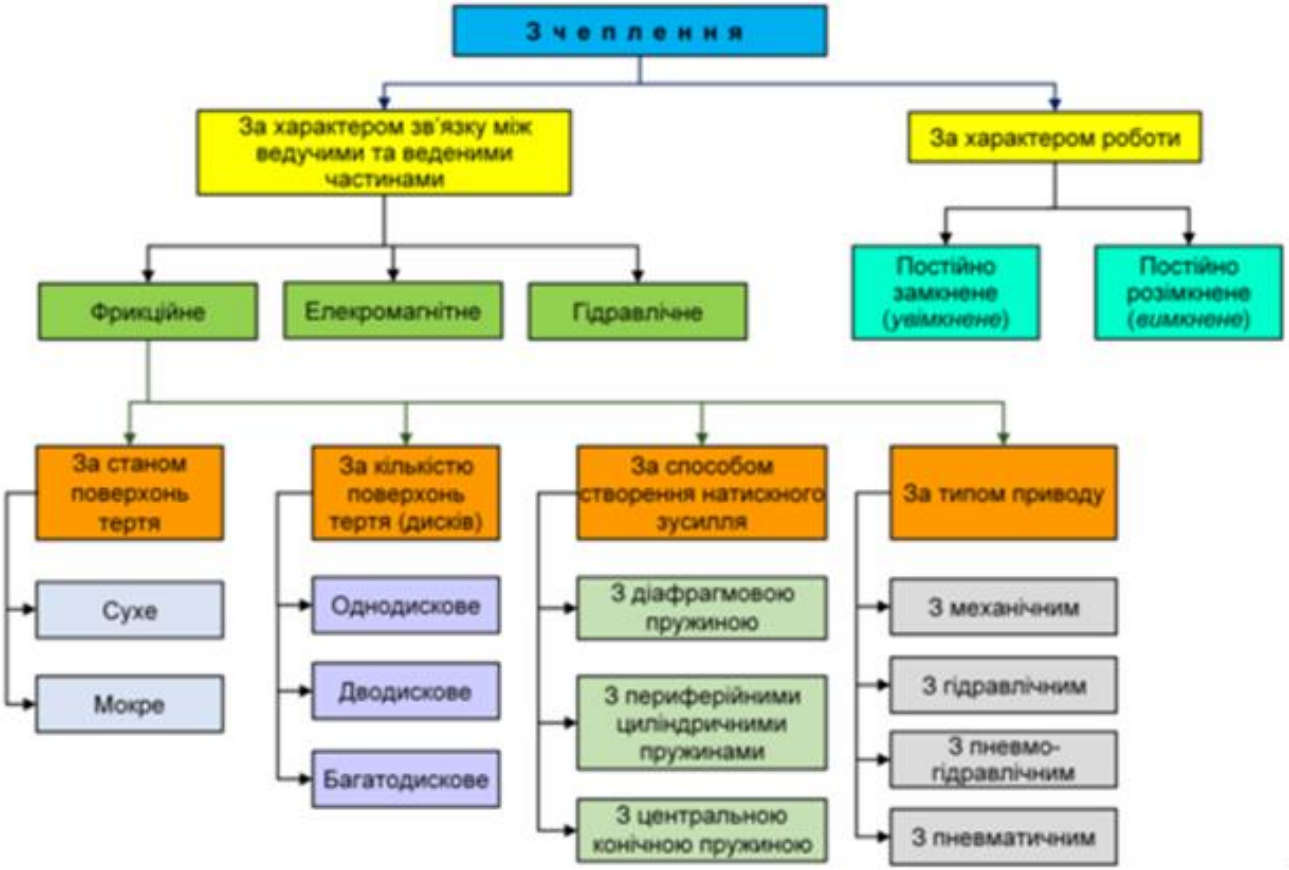


Рисунок 2 - Спрощена схема конструкції зчеплення



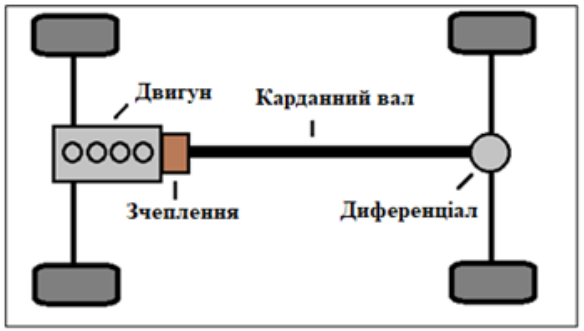


Рисунок 3 - Схема трансмісії автомобіля з приводом на задні колеса

Рисунок 4 - Будова відкритого диференціала

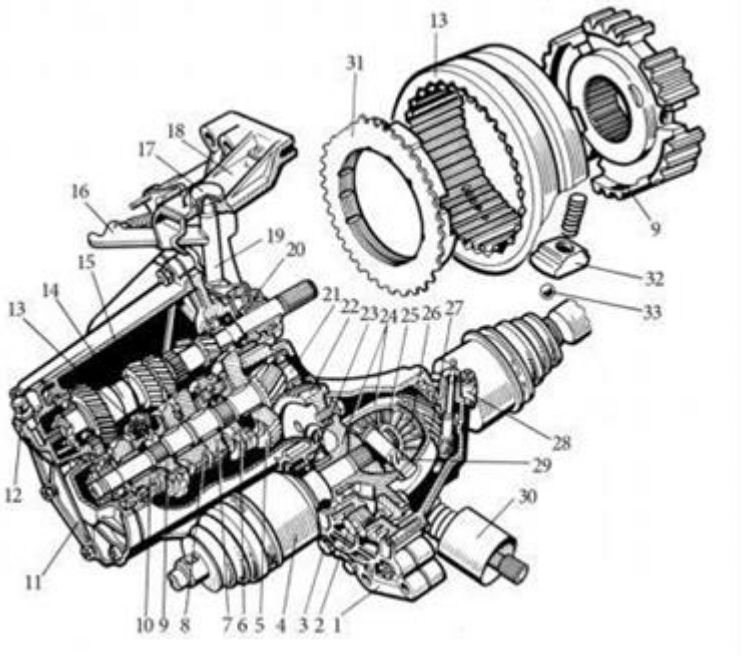


Рисунок 5 - Конструкція механічної коробки передач у розрізі

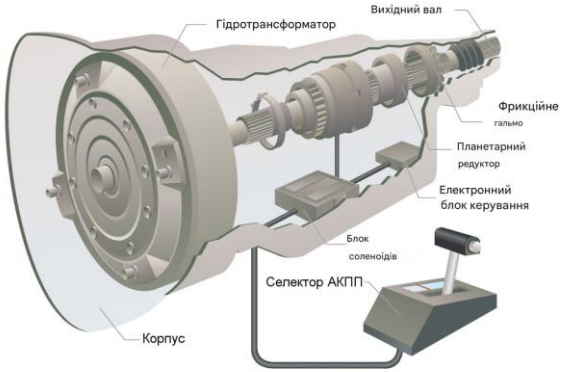


Рисунок 6 - Основні елементи автоматичної коробки передач

Рисунок 7 - Пристрій для прокачування гальмівної системи під тиском (R. Bentley (2006) BMW 3 series service manual 1999-2005)

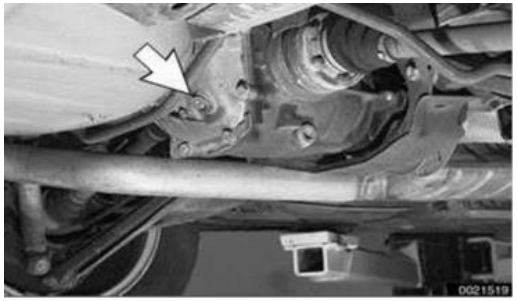


Рисунок 8 - Заливний отвір оливи диференціала BMW E46 (R. Bentley (2006) BMW 3 series service manual 1999-2005)

Обладнання, необхідне для виконання роботи

Таблиця 1 – Регламентовані виробником технічні характеристики автомобіля BMW 330 CD E46

Показник	Автоматична трансмісія	Механічна трансмісія
Викиди CO_2	206 г/км	177 г/км
Витрата пального в місті	10,8 л/100 км	9,1 л/100 км
Витрата пального за містом	6,3 л/100 км	5,2 л/100 км
Змішана витрата пального	7,9 л/100 км	6,6 л/100 км
Запас ходу на одному паливному баку	818 км	954 км
Максимальна швидкість	235 км/год	227 км/год
Час розгону від 0 до 100 км/год	7,4 с	7,2 с

Рисунок 9 - Професійний інструментальний візок «KB Global».

Рисунок 10 - Двостійковий підйомник «Nussbaum Smart Lift 230 SL DT».

Рисунок 11 - Гідравлічна трансмісійна стійка

Рисунок 12 - Ємність для збору технічних рідин «HPMM

Рисунок 13: a – цифровий динамометричний ключ «LD»; b – динамо-метричний ключ «Castex»

Рисунок 14 - Електричний гайковерт «Milwaukee M18»

Рисунок 15 - Металеві відкладення у трансмісійному мастилі

Рисунок 16 - Автомобіль без карданного вала

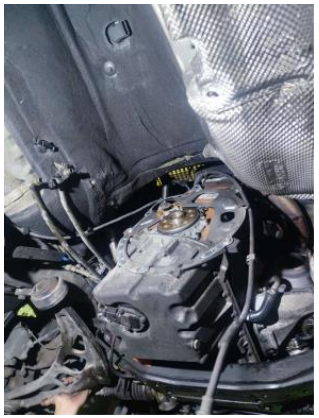


Рисунок 17 - Двигун без коробки передач і маховика

Рисунок 18 – Важіль перемикання автоматичної коробки передач без елементів облицю-вання.

Рисунок 19 - Виймання сальника валу перемикання передач

Рисунок 20 - Вилка вимикання зчеплення та вижимний підшипник меха-нічної коробки передач, правильно встановлені на первинному валу

Рисунок 21 - Прокладання шланга системи керування зчепленням під килимовим покрит-тям

Рисунок 22 - Прокладання шланга системи керування зчепленням до бачка гальмівної рідини

Рисунок 23 - Відкриття отвору в бачку гальмівної рідини шляхом зрізання заглушки

Рисунок 24 - Відновлення механізму саморегулювання натискного диска механічної коро-бки передач у початкове положення

Рисунок 25 - Комплект зчеплення механічної коробки передач

Рисунок 26 - Запресована втулка опори важеля перемикання передач механічної коробки передач

Рисунок 27 - Проводи, підведені до реле увімкнення ліхтарів заднього ходу

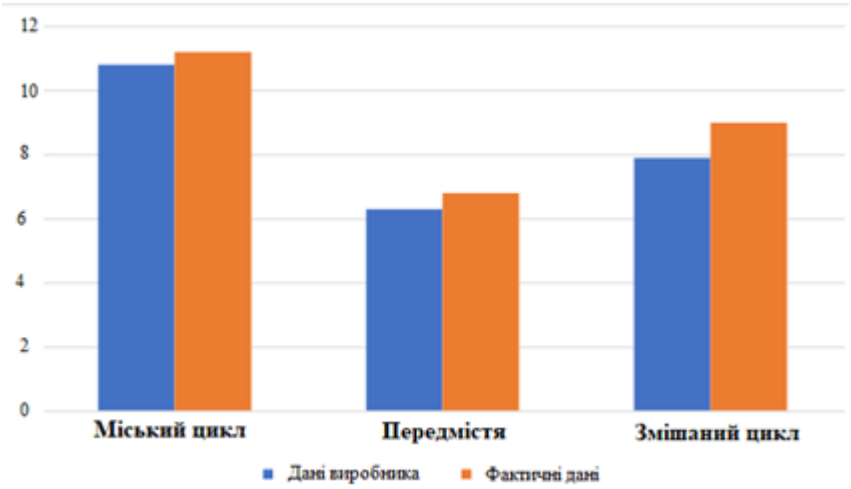


Рисунок 28 - Порівняння заявлених виробником та реальних показників витрати палива автомобілів з автоматичною трансмісією

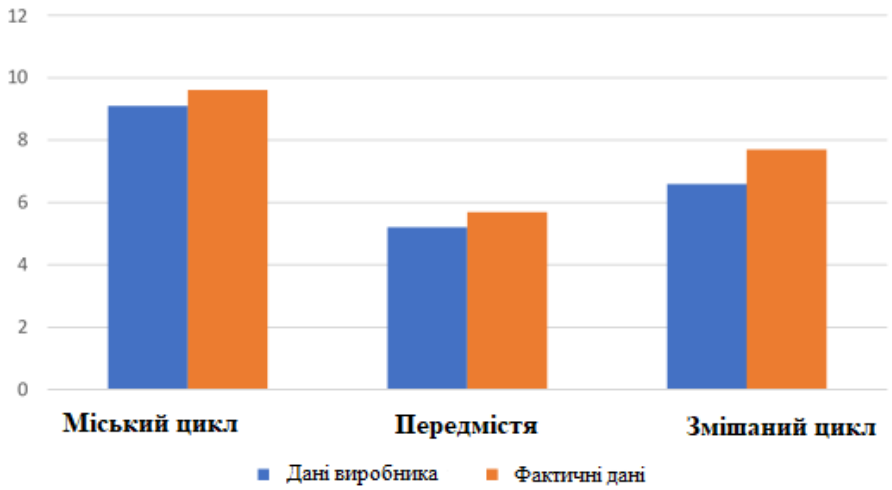


Рисунок 29 – Порівняння заявлених виробником та реальних показників витрати палива автомобілів з механічною трансмісією

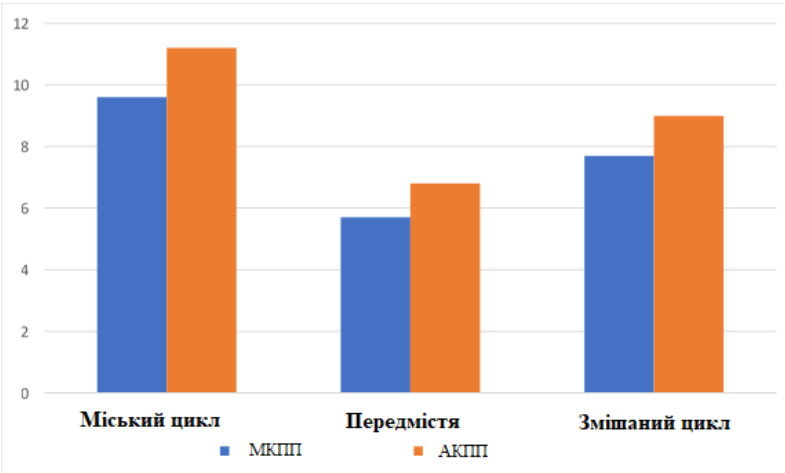


Рисунок 30 - Порівняння фактичних показників витрати палива автомобілів з механічною та автоматичною коробками передач

ВИСНОВКИ

У результаті аналізу конструктивних особливостей трансмісій та найбільш поширених несправностей встановлено, що існують гідростатичні, електричні, гідромеханічні та електромеханічні трансмісії. За способом керування вони поділяються на механічні, автоматичні та комбіновані. Найпоширенішими несправностями автоматичних трансмісій є удари під час перемикання передач, затримка перемикання передач, вібрації та ривки. Для механічних трансмісій характерними несправностями є пробуксовування зчеплення, ускладнене перемикання передач та поява сторонніх шумів.

Розроблено послідовність етапів модифікації для реалізації технологічних рішень, яка включає: ідентифікацію несправностей, планування робіт, зняття та демонтаж агрегатів, ремонт або заміну деталей, складання та встановлення вузлів, перевірку та випробування, а також завершення виконання робіт.

У результаті проведеного експерименту встановлено, що після модифікації трансмісії автомобіля шляхом зміни її типу витрата палива в міському циклі зменшилася на 1,6 л/100 км, а в позаміському циклі — на 1,1 л/100 км. Крім того, витрата палива в змішаному циклі зменшилася на 1,3 л/100 км. За результатами проведених розрахунків було обрано диференціал з передавальним числом 2,28:1, оскільки він забезпечує найкращі показники економічності та екологічності. Завдяки зменшенню витрати палива автомобіль після модифікації трансмісії став більш екологічним.