

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

**Проект ділянки ремонтного цеху для ремонту
трансмисії автомобілів Ford Transit
з дослідженням технологій діагностування**

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-61
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Гудз Я.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Тесля В.О.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

П'єнтак М.Д.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Цьонь О.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Буховець В.М.

(прізвище та ініціали)

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

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

Кафедра Автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Гудз Ярослав Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для ремонту трансмісії автомобілів
Ford Transit з дослідженням технологій діагностування

Керівник роботи Тесля Володимир Олегович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» листопада 2025 року № 4/7-970.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Марка автомобіля Ford Transit, базовий технологічний
процес ремонту трансмісії автомобілів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Загально-технічний розділ. Технологічний розділ. Конструкторський розділ.
Науково-дослідний розділ. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Аналіз технологій. Ремонтне креслення

Приспосіблення для кріплення і базування деталі.

План ділянки ремонтного цеху. Науково дослідна частина.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорони праці</i>	<i>к.т.н., доцент Ткаченко І.Г.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>ст. викладач Стручок В.С.</i>		

7. Дата видачі завдання 14.11.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Загально-технічний розділ</i>	<i>17.11.2025</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>24.11.2025</i>	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>28.11.2025</i>	
4	<i>Науково-дослідний розділ</i>	<i>26.11.2025</i>	
5	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуація</i>	<i>02.12.2025</i>	
6	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>09.12.2025</i>	
7	<i>Захист дипломної роботи</i>	<i>22.12.2025</i>	

Студент

(підпис)

Ярослав ГУДЗ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ТЕСЛЯ

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тема даної роботи проект дільниці ремонтного цеху для ремонту трансмісії автомобілів з дослідженням технологій діагностування

Об'єктом даного дослідження є технологічні процеси ремонту та діагностування трансмісій автомобілів.

Предметом дослідження є проектне рішення дільниці ремонтного цеху, що спеціалізується на відновленні трансмісій.

Трансмісія, діагностування, ремонтний цех, технологічний процес, автоматична коробка передач (АКПП), механічна коробка передач (МКПП), гідротрансформатор, стендове обладнання, віброакустична діагностика, планування дільниці.

Метою роботи є розробити технологічно обґрунтований та економічно ефективний проект дільниці ремонтного цеху, спеціалізованої на ремонті трансмісій, інтегруючи сучасні методи діагностування.

Завдання:

- Проаналізувати сучасний стан та тенденції в ремонті трансмісій (МКПП, АКПП, роботизовані, варіатори).
- Дослідити та порівняти існуючі технології діагностування трансмісій (стендова, комп'ютерна, віброакустична, огляд).
- Розробити оптимальну технологічну схему ремонту для різних типів трансмісій.
- Скласти перелік необхідного обладнання та інструменту для дільниці.
- Виконати планувальне рішення дільниці із розрахунком виробничої площі.
- Провести розрахунок виробничої програми дільниці та чисельності персоналу.
- Оцінити техніко-економічні показники проекту.

В роботі проведено комплексний аналіз причин виходу з ладу автомобільних трансмісій, що вимагає створення спеціалізованих ремонтних потужностей. Акцент зроблено на еволюції конструкцій трансмісій (від

класичних МКПП до складних АКПП і CVT), що суттєво впливає на вимоги до ремонтної дільниці.

Детальне дослідження технологій діагностування включає огляд можливостей бортових систем (OBD-II), застосування спеціалізованих діагностичних стендів для перевірки параметрів роботи АКПП під навантаженням та нагрівом, а також віброакустичного аналізу для виявлення дефектів підшипників, зубчастих передач та інших механічних елементів без повного розбирання. Обґрунтовано вибір балансувального обладнання для гідротрансформаторів.

Проектна частина включає розробку технологічного процесу ремонту, що складається з таких ключових етапів: приймання та первинна діагностика, мийка, розбирання, дефектація та відбракування, відновлення або заміна вузлів, складання, вихідна діагностика (обкатка) та видача. Виконано розрахунок виробничої програми дільниці з урахуванням річного обсягу ремонту та циклу обслуговування. На основі розрахунків визначено необхідну площу дільниці (зони розбирання, мийки, дефектації, складання, зберігання агрегатів та готової продукції) та її планування з дотриманням ергономічних та безпекових вимог.

Розроблений проект забезпечує високу якість ремонту за рахунок спеціалізації та використання передового діагностичного обладнання, що підвищує конкурентоспроможність підприємства.

ЗМІСТ

Вступ	8
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	10
1.1 Загальні відомості про трансмісію автомобілів	10
1.2 Технології діагностування трансмісії автомобілів	11
1.3 Загальні відомості та принцип роботи планетарної передачі	17
1.4 Методи та способи випробування трансмісії автомобілів	18
1.5 Висновки до першого розділу	22
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	23
2.1 Загальні відомості про трансмісію автомобілів Ford Transit	23
2.2 Особливості КПП автомобілів Ford Transit	25
2.3 Діагностування агрегатів трансмісії.....	26
2.4 Ключові аспекти діагностування трансмісії.....	30
2.5 Проектування ділянки ремонтного цеху	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	37
3.1 Застосування стенду для ремонту деталей трансмісії	37
3.2 Аналіз конструкції пристосування для ремонту карданної передачі	38
3.3 Визначення основних характеристик силового механізму	41
3.4 Визначення сила приводу	43
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	45
4.1 Дослідження технологій діагностування трансмісії автомобілів Ford Transit	45
4.2 Дослідження планетарної системи передач автомобіля Ford	51

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
5.1 Основні положення про охорону праці	56
5.2 Вплив змінного звуку на людину	58
5.3 Охорона навколишнього середовища	60
5.4 Розрахунки світла на робочому місці	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	66
ДОДАТКИ	69

ВСТУП

Розвиток автомобільного транспорту супроводжується постійним ускладненням конструкції його основних агрегатів, особливо трансмісії. Сучасні автомобілі оснащуються високотехнологічними автоматичними коробками передач (АКПП), варіаторами (CVT) та роботизованими коробками (DSG/DCT), ремонт яких вимагає не просто механічних навичок, а й глибоких знань в області гідравліки, електроніки та програмування. Трансмісія є одним із найбільш навантажених і дорогих в ремонті вузлів автомобіля, а якість її відновлення безпосередньо впливає на безпеку та експлуатаційні характеристики транспортного засобу.

Актуальність роботи обумовлена двома ключовими факторами:

1. Зростання частки автомобілів зі складними трансмісіями, що створює попит на спеціалізовані послуги ремонту, оскільки універсальні майстерні не можуть забезпечити необхідну точність та якість.
2. Критична роль діагностування без точного та швидкого діагностування причини несправності (яка часто може бути електронною, а не механічною) неможливо провести ефективний ремонт, що призводить до невиправданих витрат та повторних поломок.

Таким чином, розробка проекту спеціалізованої дільниці, орієнтованої на сучасні технології діагностування та високоякісний ремонт трансмісій, є своєчасним та економічно обґрунтованим завданням.

Мета наукової роботи полягає у проектуванні високоспеціалізованої дільниці ремонтного цеху для відновлення трансмісій автомобілів, інтегруючи передові методи діагностування для забезпечення високої точності визначення несправностей та якості ремонту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

Провести теоретичний аналіз, а саме систематизувати та проаналізувати теоретичні основи функціонування, типові несправності та вимоги до ремонту різних типів автомобільних трансмісій.

Дослідження технологій діагностування, провести порівняльний аналіз ефективності сучасних діагностичних методів (комп'ютерна діагностика, стендові випробування, віброакустичний контроль, аналіз фізичних параметрів рідини) та обґрунтувати їх застосування на дільниці.

Розробка технологічного процесу, спроектувати детальний та оптимізований технологічний процес ремонту трансмісій, включаючи етапи розбирання, дефектації, відновлення (реставрації) та контрольного складання.

Виконати розрахунок виробничої програми, підібрати основне та допоміжне обладнання (стенди, інструмент), а також розробити планувальне рішення дільниці з урахуванням вимог техніки безпеки та охорони праці.

Провести техніко-економічне обґрунтування проекту, оцінити капітальні вкладення, експлуатаційні витрати та очікувану економічну ефективність.

Розроблені технологічні карти та планувальне рішення можуть слугувати основою для створення типових спеціалізованих ремонтних центрів.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальні відомості про трансмісію автомобілів

Трансмісія – це сукупність агрегатів, механізмів та вузлів автомобіля, призначених для передачі, зміни та розподілу крутного моменту від двигуна до ведучих коліс.

Основне призначення та функції

Двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) має обмежений діапазон ефективних обертів та не може рушати з місця під великим навантаженням. Трансмісія вирішує ці проблеми, виконуючи такі ключові функції:

Передача крутного моменту відбувається за допомогою передачі енергії від колінчастого вала двигуна до коліс.

Зміна величини крутного моменту (передатного числа) забезпечує необхідну силу тяги для рушання, прискорення та руху в різних дорожніх умовах.

Зміна напрямку руху, що дає можливість рухатися заднім ходом. Трансмісія може тимчасово від'єднує двигун від трансмісії (за допомогою зчеплення або гідротрансформатора) для перемикання передач або тривалої зупинки. Розподіл моменту у повнопривідних автомобілях (4x4) розподіляє крутний момент між ведучими осями та колесами.

Специфіка використання МКПП механічні коробки передач (наприклад, VMT6 або MT82 на сучасних моделях) є найпоширенішими і мають такі особливості.

Широкий діапазон передатних чисел: Особливо низька перша передача (або навіть окрема "повзуча" передача на деяких RWD-моделях), призначена для рушання з місця під максимальним навантаженням або на підйомі.

Двомасовий маховик (DMF): Широко використовується для гасіння крутильних коливань, що виникають при роботі потужних дизельних двигунів.

Це захищає КПП від ударних навантажень, але сам маховик є дорогим елементом з обмеженим ресурсом.

Таблиця 1.1 – Типова трансмісія (залежно від типу приводу) складається з наступних основних елементів:

Елемент	Призначення
Зчеплення	Тимчасово від'єднує та плавно з'єднує двигун і коробку передач (для МКПП)
Коробка передач (КПП)	Змінює передатне число і напрямок крутного моменту
Карданна передача	Передає момент між агрегатами, осі яких не збігаються або змінюють своє положення (для заднього та повного приводу)
Роздавальна коробка	Розподіляє момент між передньою та задньою осями (для повнопривідних авто)
Головна передача	Збільшує крутний момент (зменшує оберти) і змінює напрямок передачі моменту на 90° (для заднього та повного приводу)
Диференціал	Дозволяє ведучим колесам однієї осі обертатися з різною кутовою швидкістю, що необхідно при поворотах
Приводні вали (півосі)	Передають момент від диференціала безпосередньо до коліс

В останні роки Ford Transit все частіше оснащується сучасними АКПП (наприклад, 6-ступінчасті, а згодом 10-ступінчасті гідротрансформаторні автомати). Програмне забезпечення складається блок керування трансмісією налаштований на комерційний режим. Це означає, що програма перемикавання пріоритезує не динаміку, а економічність та підтримку постійної тяги при повному завантаженні.

Використовуються трансмісійні рідини (ATF) із високими показниками стійкості до термічного розкладу, що є критичним при тривалій роботі під високим навантаженням.

Таблиця 1.2 – Основні типи трансмісій (за типом КПП)

Тип	Скорочення	Принцип роботи	Ключові особливості
Механічна	МКПП (MT)	Водій вручну перемикає передачі, використовуючи зчеплення	Високий ККД, надійність, економічність, нижча вартість
Автоматична	АКПП (AT)	Використовує гідротрансформатор та планетарні ряди для автоматичного перемикання	Комфорт, плавне перемикання, вища вартість обслуговування
Роботизована	РКПП (AMT/DCT)	Механічна коробка, де перемикання здійснюється електронно-гідравлічними актуаторами (одинарне або подвійне зчеплення – DCT)	Економічність, швидке перемикання (DCT), може мати ривки (одинарне зчеплення)
Варіатор	CVT	Плавно та безступінчасто змінює передатне число за допомогою конусних шківів і металевого ремня/ланцюга	Максимальна паливна ефективність, плавний розгін, вимагає спеціального обслуговування

Ключова особливість автомобілів Ford Transit полягає у використанні трьох основних типів приводу в межах однієї модельної лінійки, кожен з яких має унікальні трансмісійні вузли.

Таблиця 1.3 – Різноманітність конфігурацій приводу автомобілів Ford Transit

Тип приводу	Компонування
Передній привід (FWD)	КПП та головна передача об'єднані в один агрегат, розташований поперечно. Використовується переважно у легких та середніх версіях
Задній привід (RWD)	Класична схема: двигун-зчеплення-КПП-карданний вал-задній міст (з головною передачею та диференціалом). Використовується у важких версіях
Повний привід (AWD)	Використовується як RWD-схема, але додатково має роздавальну коробку та приводи до передніх коліс

1.2 Технології діагностування трансмісії автомобілів

Ефективне діагностування трансмісії (МКПП, АКПП, CVT, DCT) є багатограним процесом, що вимагає застосування комплексу методів, які умовно можна розділити на електронні, функціональні (фізичні) та лабораторні.

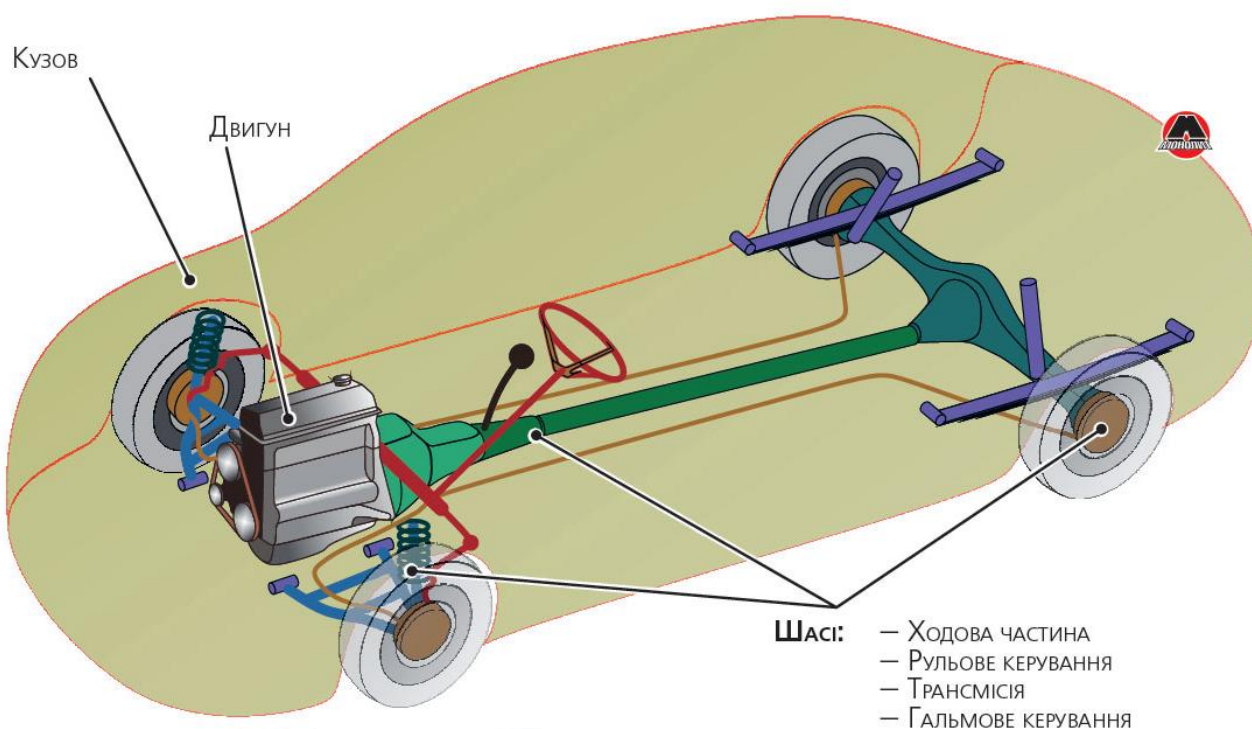


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд трансмісії автомобіля

Методи діагностування за допомогою електронних пристосувань

Ці методи є основними для сучасних, електронно-керованих трансмісій (АКПП, DCT, CVT) таблиця 1.4.

Таблиця 1.4 – Способи діагностування та методи діагностування

Спосіб діагностування	Принцип дії	Переваги	Діагностовані агрегати та вузли
Комп'ютерна Діагностика (OBD-II, TCM-сканування)	Зчитування та розшифровка кодів несправностей (DTC) з модуля керування трансмісією (TCM).	Швидкість, точність виявлення електричних та електронних збоїв.	АКПП, CVT, DCT, РКПП. Електронні датчики, соленоїди, електропроводка, блок керування.
Аналіз параметрів у реальному часі (Live Data)	Моніторинг ключових робочих параметрів під час руху (тест-драйву).	Виявлення прихованих гідравлічних та механічних дефектів, які ще не викликали DTC.	АКПП: Робочий тиск, температура ATF, прослизання фрикційних пакетів, співвідношення швидкостей валів, положення дросельної заслінки.
Тест адаптацій	Перевірка, як TCM коригує тиск для пом'якшення перемикачів.	Оцінка ступеня зносу фрикційних дисків та гідросистеми.	АКПП, DCT, CVT. Стан фрикційних пакетів, швидкість реакції гідроблоку

Функціональні методи діагностування ці методи ґрунтуються на вимірюванні фізичних параметрів та визначенні поведінки трансмісії.

а) Діагностика мастила для АКПП – це ключовий метод для гідромеханічних автоматів. Проводиться вимірювання тиску в магістралях (манометри). Фізичне підключення манометрів до контрольних точок (портів) гідроблоку. Перевагами такого способу діагностування є незалежна перевірка роботи масляного насоса та гідроблоку, що дозволяє відрізнити механічну

несправність від електричної. Проводиться діагностування АКПП на масляному насосі гідроблок (клапанна плита), герметичність системи.

б) Віброакустичний метод діагностування, що базується на аналізі шумів і вібрацій, є універсальним для всіх механічних вузлів. Відбувається збір вібраційних даних за допомогою акселерометрів та проведення спектрального аналізу. Перевагами даного способу є виявлення дефектів на ранній стадії (прихованого зносу) без розбирання. Точна локалізація пошкодженого елемента. Даний тип діагностики проводиться на МКПП, АКПП, мостах, карданних/приводних валах, підшипниках (головних та проміжних валів, сателітів), зубчасті передачі, дисбаланс вібрації карданного вала, знос осей водила.

в) Дорожні випробування це суб'єктивний вид діагностування, але незамінний метод, що імітує реальні умови експлуатації. Проводиться оцінка шумів, ривків, затримок, ударів при перемиканні передач та зміні навантаження. Даний вид діагностування проводиться на трансмісії в зборі, перевіряється робота зчеплення (МКПП), плавність перемикавання (АКПП/DCT), функціонування повного приводу (AWD).

Лабораторні та фізико-хімічні методи діагностування – які базуються на використуванні для оцінки внутрішнього стану агрегату через аналіз робочої рідини таблиця 1.5.

Таблиця 1.5 – Фізико-хімічні методи діагностування

Спосіб діагностування	Принцип дії	Переваги	Діагностовані агрегати та вузли
Спектральний аналіз оливи	Визначення концентрації металів зносу (Fe, Cu, Al, Pb) у трансмісійній оливі.	Кількісна оцінка внутрішнього зносу. Точне визначення матеріалу, що зношується (наприклад, підвищена Cu вказує на знос бронзових втулок або синхронізаторів).	Вся трансмісія. Шестерні, вали, підшипники, втулки, фрикційні диски.

Візуальний та нюховий контроль	Оцінка кольору, прозорості та запаху (запах гару).	Швидке виявлення перегріву та горіння фрикціонів.	АКПП, МКПП. Стан фрикційних накладок, ефективність охолодження.
Аналіз на наявність твердих частинок	Виявлення та класифікація великих частинок (стружки, шматочків фрикційних накладок) на магніті або фільтрі.	Виявлення катастрофічного руйнування (наприклад, відколу зуба).	Всі механічні вузли.

Дефектація (діагностування при розбиранні) – цей метод застосовується після демонтажу агрегату та необхідний для прийняття рішення щодо заміни чи відновлення конкретних деталей.

Проводиться *візуальний огляд та вимірювальний контроль*, а саме, огляд зубів шестерень, поверхонь валів, вимірювання товщини фрикційних накладок, перевірка зазорів.

Також проводиться *дефектоскопія* – це застосування магнітопорошкового або люмінесцентного методу для виявлення мікротріщин у валах та корпусах таблиця 1.6.

Таблиця 1.6 – Зведена дані діагностування деталей

Агрегат трансмісії	Основні методи діагностування	Ключові деталі, що перевіряються
АКПП	Електронний аналіз (Live Data), гідравлічний тест, аналіз оливи.	Гідроблок, олійний насос, фрикційні пакети, гідротрансформатор.

МКПП	Віброакустична діагностика, аналіз оливи, тест-драйв.	Підшипники, синхронізатори (Cu, Fe в оливі), зубчасте зачеплення.
Задні/передні мости (головна передача)	Віброакустична діагностика, аналіз оливи, контроль плями контакту (при розбиранні).	Підшипники хвостовика, зубчасте зачеплення, диференціал.
Карданні/приводні Вали	Віброакустична діагностика, візуальний контроль (люфти).	Хрестовини, балансування, шліцеві з'єднання.

Комплексне застосування цих технологій дозволяє не лише точно визначити несправність, а й прогнозувати її розвиток, що є основою для ефективного ремонту дільниці.

1.3 Загальні відомості та принцип роботи планетарної передачі

Планетарна передача (або планетарний редуктор) – це зубчаста механічна система, в якій осі частини коліс (сателітів) обертаються навколо центральної осі, подібно до того, як планети обертаються навколо Сонця.

На відміну від класичних (паралельних) передач, де осі всіх шестерень нерухомі, планетарна передача забезпечує компактність, високу надійність та можливість отримання різних передатних чисел в одній і тій же збірці.

Основними елементами планетарної передачі є сонячна шестерня центральна шестерня якої розташована на осі обертання.

Сателіти – це кілька малих шестерень, які обертаються навколо сонячної шестерні та зачеплені з нею.

Водило – це елемент, що утримує осі сателітів. Він обертається разом із сателітами навколо осі Сонячної шестерні.

Коронна шестерня – це велика шестерня з внутрішнім зубчастим вінцем, з якою зачеплені сателіти. Вона оточує всю систему.

Сферами застосування планетарних передач є основою для високотехнологічних і компактних приводів. В автоматичних коробках передач (АКПП) застосування найнайчастіше. Кілька послідовно розташованих планетарних рядів (наприклад, схеми Лепелетєс або Сімпсона) дозволяють реалізувати 6, 8, 9 і навіть 10 швидкостей у компактному корпусі.

Диференціали це вузол, що розподіляє крутний момент між колесами, також базується на принципі планетарної передачі (шестерні сателітів обертаються навколо осі півосьових шестерень). Ступінчасті редуктори коліс використовуються у важкій техніці (трактори, позашляховики) для збільшення крутного моменту без перевантаження трансмісійних валів. А промислові редуктори у верстатах, вітрогенераторах та підйомних механізмах.

1.4 Методи та способи випробування трансмісії автомобілів

Випробування трансмісій є критично важливим етапом у процесі їх розробки, виробництва, ремонту та технічного обслуговування. Вони дозволяють визначити технічний стан, функціональну придатність, надійність та ресурс агрегату.

Методи випробувань поділяються на діагностичні (безрозбірні), що застосовуються для оцінки стану, та ресурсні (руйнівні), що використовуються для оцінки довговічності та перевірки міцності конструкції.

Безрозбірні методи випробування – це методи застосовуються для швидкої оцінки стану трансмісії без її демонтажу з автомобіля або повного розбирання агрегату.

- *Комп'ютерна діагностика та аналіз електронних систем* – це первинний і найшвидший метод для сучасних автоматичних, роботизованих трансмісій та варіаторів (АКПП, DCT, CVT).

Сканування помилок (DTC) тобто зчитування кодів несправностей з блоку керування трансмісією. Ці коди вказують на проблеми з електричними компонентами, датчиками швидкості, соленоїдами або внутрішнім тиском.

Аналіз параметрів у реальному часі (Live Data) це контроль робочих параметрів під час руху (тест-драйву):

Контроль температури оливи, так, як перегрів є ознакою підвищеного тертя або проблем з охолодженням.

Тиск у магістралях створюваного олійним насосом є критично важливим показником для АКПП. Струм соленоїдів характеризує оцінку коректності роботи клапанів керування.

Співвідношення швидкостей валів: Порівняння швидкостей вхідного та вихідного валів для визначення прослизання фрикційних елементів.

Тест адаптацій – це перевірка, як блок керування трансмісії тиск для пом'якшення перемикачів. Некоректні адаптації можуть вказувати на знос фрикційних пакетів.

- *Дорожні випробування* – це дуже інформативний метод, що імітує реальні умови експлуатації.

Оцінка якості перемикачів – наявність ривків, поштовхів, затримок при перемикачів вгору та вниз. Перевірка шумів тобто виявлення сторонніх шумів (гул, скрегіт, стукіт) на різних режимах та швидкостях. Тест на прослизання (Stall Test) для АКПП – вимірювання максимальних обертів двигуна при повністю натиснутій педалі газу, коли автомобіль не рухається (важіль у положенні D або R). Неправильне значення вказує на проблему з гідротрансформатором або фрикціями. Перевірка роботи повного приводу (AWD/4x4) тестування блокувань диференціалів, роздавальної коробки та її режимів.

- *Аналіз робочої рідини* – стан оливи є прямим індикатором внутрішнього зносу.

Візуальна оцінка визначення кольору, запаху (запах гару вказує на згоряння фрикційних) та наявності великих механічних домішок. Лабораторний аналіз визначення концентрації металів зносу (заліза, міді, алюмінію) у

трансмісійній оливі. Підвищена концентрація певного металу вказує на знос конкретних компонентів (наприклад, мідь – знос синхронізаторів МКПП або фрикціонів АКПП; залізо – шестерні, підшипники).

- *Віброакустична діагностика* виявлення механічних дефектів за характером їхнього шуму.

Спектральний аналіз вібрацій корпусу агрегату та аналіз їхньої частоти. Підвищена вібрація на певних частотах вказує на пошкодження зубчастих передач, зношені підшипники або проблеми з балансуванням карданного вала чи гідротрансформатора.

Стендові методи випробування (післяремонтна діагностика) – це методи які застосовуються для тестування трансмісії після ремонту або для оцінки стану агрегату, знятого з автомобіля.

а) Випробування на функціональних стендах – використовуються для перевірки зібраних АКПП та CVT перед встановленням на автомобіль.

Імітація навантаження – стенд імітує режими роботи автомобіля (розгін, рух під навантаженням) та дозволяє перевірити роботу агрегату в замкнутому циклі.

Контроль гідроблоку (клапанної плити) – перевірка правильності роботи клапанів, соленоїдів та регулювання тиску в різних гідравлічних магістралях.

Тестування гідротрансформатора – це перевірка моменту блокування, співвідношення перетворення моменту та відсутність витоків.

б) Випробування на спеціалізованих стендах для МКПП та мостів – стенди дозволяють обкатати агрегат без навантаження або з контрольованим навантаженням.

Перевірка нагріву тобто контроль температури агрегату під час роботи. Надмірний нагрів вказує на підвищене тертя (наприклад, через неправильне регулювання зачеплення або пошкоджені підшипники).

Перевірка на шумність прослуховування агрегату за допомогою стетоскопа або спеціальних акустичних датчиків на різних обертах для виявлення шумів, що виникають у підшипниках та зубчастих зачепленнях.

Перевірка герметичності корпусу під тиском повітря або рідини для виявлення витоків.

Ресурсні та випробування на міцність – це методи використовуються виробниками для оцінки довговічності та надійності трансмісії.

Метою даного випробування – є оцінити термін служби трансмісії до настання критичного зносу.

Прискорені випробування – це імітація багаторічної експлуатації в жорстких умовах (максимальне навантаження, часті зміни температури, агресивні перемикання) за короткий час.

Випробування на стенді з імітацією бездоріжжя – це імітація їзди по ґрунтових дорогах, пересіченій місцевості для перевірки цілісності корпусів та ущільнень.

Випробування на міцність – метою якого є перевірка здатності компонентів витримувати пікові навантаження.

Випробування на статичне навантаження – це перевірка міцності картерів, валів та корпусів шляхом прикладання максимальних статичних сил, що значно перевищують робочі.

Випробування на втому – це багаторазове прикладання циклічних навантажень (наприклад, імітація постійних ривків при рушанні) для визначення межі витривалості матеріалів (шестерень, валів).

Випробування окремих вузлів, яке містить наступні види випробувань

Випробування зчеплення (для МКПП) вимірюванням моменту тертя. Вимірюванням моменту тертя проводиться перевірка здатності диска зчеплення передавати необхідний крутний момент без прослизання. Також проводиться перевірка зусилля на педалі, тобто вимірювання зусилля, необхідного для вимкнення зчеплення.

Випробування диференціала включає в себе вимірювання моменту опору та перевірка плями контакту. Перевірка моменту тертя у диференціалі (актуально для диференціалів підвищеного тертя – LSD) та наявності шумів під час обертання. Перевірка плями контакту проводиться після розбирання, перевірка правильності зачеплення зубів головної пари (ведучої та веденої

шестерень) за допомогою спеціальної фарби.

Комплексне застосування цих методів дозволяє не лише точно виявити існуючу несправність, але й прогнозувати її появу, забезпечуючи високу якість ремонту та тривалий ресурс трансмісії.

1.5 Висновки до першого розділу

Трансмісія – це критично важлива система, що забезпечує передачу, зміну та розподіл крутного моменту від двигуна до ведучих коліс, а її конструкція (МКПП, АКПП, CVT) визначає вимоги до ремонту.

Ефективне діагностування вимагає комплексного підходу, що поєднує електронний аналіз, функціональні методи (віброакустика) та лабораторний аналіз оливи, для точної локалізації та прогнозування зносу.

Планетарна передача є основою сучасних АКПП, вона забезпечує компактне отримання різних передатних чисел шляхом блокування одного з трьох її елементів (сонячної шестерні, водила або коронної шестерні) за допомогою фрикційних муфт та гальм.

Випробування поділяються на діагностичні (безрозбірні), що оцінюють стан (комп'ютерний тест, тиск, шум), та ресурсні (руйнівні), що використовуються виробником для оцінки довговічності та міцності агрегатів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Загальні відомості про трансмісію автомобілів Ford Transit

Ford Transit — це комерційний автомобіль, який випускається у безлічі модифікацій (фургони, мікроавтобуси, шасі). Конструкція його трансмісії безпосередньо залежить від покоління, типу двигуна та типу приводу.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд трансмісії автомобіля Ford Transit

Трансмісія Ford Transit має низку унікальних особливостей, які обумовлені його роллю як надійного та універсального комерційного транспортного засобу, здатного перевозити значні вантажі та працювати в різних умовах.

Різноманітність типів приводу та їх особливості автомобіля. Головна особливість Transit — наявність трьох принципово різних типів приводу, що вимагає використання різних агрегатних схем.

Таблиця 2.1 – Різноманітність типів приводу та їх особливості автомобілів Ford Transit

Особливість	Передній привід (FWD)	Задній привід (RWD)	Повний привід (AWD)
Компонування	Двигун, КПП та головна передача розташовані поперечно та об'єднані в один блок	Класична схема: двигун спереду, КПП – карданний вал – задній міст	Базується на RWD, але додана роздавальна коробка та передній привідний міст
Переваги	Менша вага, краще зчеплення на слизьких поверхнях (за рахунок навантаження на ведучу вісь), низька підлога вантажного відсіку	Висока надійність при великих навантаженнях, краща керованість при повній завантаженості, спрощує ремонт КПП	Максимальна прохідність та безпека в складних погодних умовах
Типові моделі	Легші та середні версії Transit Custom	Важкі версії (350L, 470) та моделі з подвійними колесами	Спеціальні версії для будівництва, лісового господарства, комунальних служб
Складові	Зчеплення, КПП, головна передача, диференціал, приводні вали	Зчеплення, КПП, карданний вал, головна передача в задньому мосту	Зчеплення, КПП, роздавальна коробка, два карданні вали, передній міст, задній міст

2.2 Особливості КПП автомобілів Ford Transit

У різні роки на Transit встановлювалися як механічні, так і автоматичні коробки, розроблені з урахуванням високих навантажень, характерних для комерційного транспорту.

Механічні коробки передач (МКПП) є найбільш поширеним вибором завдяки їхній надійності та економічності. Як правило, 5-ти або 6-ступінчасті коробки. Часто використовувалися моделі, такі як МТ75 (старіші покоління), а на новіших моделях – VMT6 або посилені 6-ступінчасті коробки, наприклад МТ82 (часто для задньопривідних версій). Дані коробки відомі своєю стійкістю, але при великих пробігах потребують заміни підшипників валів та синхронізаторів.

Сучасні автоматичні трансмісії на моделях Transit (починаючи з 2014 року та пізніших) для підвищення комфорту водія та паливної ефективності з'явилися сучасні АКПП.

АКПП з гідротрансформатором є надійною КПП. Їхня особливість полягає у складному гідроблоці (клапанній плиті), який регулює тиск рідини для керування пакетами фрикціонів.

Ремонт і діагностування цих АКПП вимагають застосування спеціалізованих стендів для перевірки тиску та роботи соленоїдів, оскільки більшість несправностей мають електронно-гідравлічний характер, а не суто механічний.

Кількість автоматичних коробок передач (АКПП) з роками зростає для підвищення комфорту в міських умовах. Використовуються класичні гідротрансформаторні 6-ступінчасті АКПП (наприклад, 6R80 або аналогічні) або сучасніші 10-ступінчасті автомати (наприклад, 10R80 на новітніх моделях).

Ремонт АКПП вимагає високоточного діагностування електронних блоків керування, перевірки гідроблоку (клапанної плити) та гідротрансформатора.

Ford Transit традиційно використовує надійні та посилені МКПП, які спроектовані з розрахунку на постійні високі навантаження (перевезення вантажів).

Диференціали та головні передачі особливо задньопривідний (RWD), має значні особливості в конструкції заднього моста. Використовуються мости з одинарними або подвійними колесами на задній осі, що впливає на головну передачу та її міцність.

Головна передача має високе передатне число використовується для забезпечення максимального тягового зусилля при повному завантаженні, а не максимальної швидкості. Диференціал підвищеного тертя на деяких версіях Transit для поліпшення зчеплення на слизьких покриттях або бездоріжжі встановлюється LSD-диференціал. Його ремонт і обслуговування потребують спеціальної оливи та контролю фрикційних дисків.

2.3 Діагностування агрегатів трансмісії

Безрозбірне діагностування агрегатів – це методи, які застосовуються для оцінки стану трансмісії в цілому (зазвичай, без знімання з автомобіля) або її основних функціональних вузлів.

Комп'ютерна діагностика трансмісії автомобіля – це первинний метод для електронно-керованих трансмісій. Зчитування кодів несправностей тобто виявлення критичних збоїв, пов'язаних з електронікою (соленоїди, датчики швидкості, комунікація з ЕБУ двигуна).

Контроль тиску рідини який створюється насосом, та тиску в робочих магістралях (лінійний, модульований тиск). Низький або нестабільний тиск є ознакою зносу насоса, гідроблоку або витоків.

Перегрів оливи (вище 110-120°C) свідчить про інтенсивне прослизання фрикціонів або проблеми з охолодженням.

Порівняння швидкості вхідного та вихідного валів під час роботи. Відхилення від норми під час передачі моменту вказує на прослизання фрикційних пакетів.

Вібродіагностика базується на аналізі шумів та вібрацій, що генеруються механічними елементами.

Дана діагностика відбувається за допомогою спеціальних датчиків

(акселерометрів) вимірюються вібрації корпусу трансмісії. Спектральний аналіз частот дозволяє ідентифікувати джерело шуму.

Деталі які діагностують таким способом частіше всього це підшипники і зубчасті зачеплення.

Пошкоджені підшипники генерують шум на певних частотах, які залежать від швидкості обертання валів. Пошкодження зубів (відколи, ямки, тріщини) створюють шуми з частотою, кратною частоті обертання шестерні.

Даний метод дає можливість виявити прихований знос до повного виходу деталі з ладу.

Аналіз трансмісійної оливи так, як стан оливи є прямим індикатором внутрішнього механічного та термічного зносу.

Візуальний та нюховий контроль на запах гару свідчить про перегрів та згоряння фрикційних дисків. Колір (потемніння) та наявність великих домішок (стружка, шматки фрикційних накладок).

Лабораторний аналіз (спектрометрія) дозволяє визначити концентрації металів зносу таких як, залізо (Fe) (знос шестерень, валів, сталевих дисків фрикціонів), мідь (Cu), алюміній (Al), авинець (Pb) (Спрацювання втулок, радіаторів, синхронізаторів), кремній (Si) через забруднення (пил, бруд), що потрапив у систему.

Розбірне діагностування (дефектація деталей) проводиться після розбирання агрегату проводиться детальна перевірка кожного вузла. Дані по діагностування валів та шестерні зведені у таблицю 2.2

Таблиця 2.2 – Діагностування валів та шестерні

Метод	Опис	Діагностовані дефекти
Візуальний огляд	Огляд поверхні під збільшенням.	Відколи, тріщини, вищербини (піттинг), ознаки перегріву (зміна кольору).

Вимірювання	Вимірювання діаметрів шийок валів, товщини зубів мікрометром або нутроміром.	Знос валів у місцях посадки підшипників, надмірний люфт.
Контроль тріщин	Магнітопорошковий метод або люмінесцентна дефектоскопія.	Мікротріщини, невидимі оку, особливо у зонах концентрації напружень.
Перевірка биття	Установка валів на призми та вимірювання радіального та торцевого биття індикатором.	Вигин валів, що виникає від ударних навантажень.

Діагностування підшипників проводиться за допомогою візуального огляду перевіряючи наявність ямок, тріщин, зносу на бігових доріжках та тілах кочення. Перевірка люфту та шуму проводиться за допомогою ручного прокручування зовнішнього та внутрішнього кілець. Пошкоджений підшипник шумить, має люфт або обертається нерівномірно.

Діагностування елементів АКПП (фрикціони, гідроблок) наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Діагностування елементів АКПП

Деталь	Метод діагностування	Дефекти
Фрикційні та сталеві диски	Вимірювання товщини фрикційних накладок мікрометром. Візуальний огляд на предмет обгорання та пошкодження.	Знос накладок (менше допустимого), деформація (короблення) сталевих дисків через перегрів.

Гідроблок (клапанна плита)	Стендове випробування: Перевірка герметичності та роботи клапанів під тиском. Візуальний огляд каналів та плунжерів.	Задирки, знос стінок каналів, залипання або забруднення плунжерів, що призводить до падіння тиску.
Гідротрансформатор	Перевірка на стенді: Вимірювання моменту блокування. Розрізання та візуальний огляд (після розкриття).	Знос фрикційної накладки блокування, пошкодження лопаток турбінного колеса, знос підшипників.

Діагностування карданних та привідних валів. Карданний вал перевіряють на наявність люфтів діагностуючи хрестовину та шліцеві з'єднання на наявність люфту. Балансування відбувається при випробуванні на балансувальному стенді для виявлення дисбалансу, який викликає вібрацію на високих швидкостях. Для приводних валів (півосі) проводиться перевірка стану шарнірів рівних кутових швидкостей. Огляд пильників на тріщини, люфт у шарнірах.

Діагностування головної передачі та диференціала. Головна передача після зняття мосту, проводиться перевірка плями контакту між ведучою та веденою шестернями за допомогою спеціальної фарби. Неправильна пляма контакту вказує на невірне регулювання (попередній натяг підшипників, зміщення шестерень) і призведе до швидкого зносу.

На диференціалі проводиться перевірка бічного зазору в шестернях сателітів. Надмірний зазор викликає удари та шум при зміні режиму навантаження.

Ці методи, застосовані комплексно, дозволяють точно визначити причину несправності трансмісії та забезпечити високу якість її ремонту.

2.4. Ключові аспекти діагностування трансмісії

Оскільки Ford Transit є комерційним транспортом, його трансмісія піддається підвищеним навантаженням. Діагностування трансмісії Transit обов'язково включає:

- **Комп'ютерна діагностика** виконує зчитування кодів несправностей (DTC) з модуля TCM та блоку керування двигуном (PCM).
- **Візуальний огляд** включає перевірку рівня та стану трансмісійної рідини (оливи), виявлення зовнішніх витоків.
- **Дорожні випробування (тест-драйв)** під час яких проводиться оцінка плавності перемикавання, наявності ривків, затримок або сторонніх шумів під час руху та навантаження.
- **Віброакустична діагностика** спрямована на виявлення зносу підшипників та шестерень (особливо актуально для МКПП і головної передачі RWD-версій).

Типи трансмісій

1. Механічна коробка перемикавання передач (МКПП, Manual Transmission)

Принцип роботи МКПП це коли водій вручну вибирає передачу, використовуючи важіль, і роз'єднує потік потужності від двигуна за допомогою зчеплення (педалі). Усередині використовуються паралельні вали та синхронізатори для вирівнювання швидкостей шестерень. Особливостями даної КПП є найвищий коефіцієнт корисної дії (ККД), надійність, низька вартість обслуговування, повний контроль водія над моментом. Проте є і недоліки такі як низький комфорт у міському трафіку, необхідність постійно працювати зі зчепленням.

2. Автоматична коробка перемикавання передач (АКПП, Automatic Transmission). Принцип роботи полягає у використуванні гідротрансформатора (замість механічного зчеплення) для плавного з'єднання з двигуном і планетарні передачі для зміни передатного числа. Керування перемиканням відбувається через гідравлічний блок (гідроблок) або

електронний блок керування. Особливостями такої КПП є високий комфорт, плавне перемикання, особливо підходить для міської їзди. Але присутні і недоліки такі як складність ремонту, вища вартість обслуговування, менша економічність порівняно з МКПП (через прослизання в гідротрансформаторі).

3. *Роботизована коробка перемикання передач* (РКПП, Automated Manual Transmission). Принцип роботи дуже подібний до МКПП, але зчепленням та перемиканням передач керують електромеханічні або гідравлічні актуатори, а не водій. Особливості даної КПП є в тому, що забезпечує економічність, близьку до МКПП. Недоліки може мати ривки та затримки при перемиканні (особливо однодискові РКПП), низька надійність актуаторів.

До роботизованих КПП відноситься і *КПП подвійним зчепленням* (DCT, Dual Clutch Transmission). Принцип роботи РКПП, що використовує два незалежні зчеплення (одне для парних, інше для непарних передач). Це дозволяє попередньо вмикати наступну передачу, забезпечуючи надшвидке перемикання без розриву потоку потужності. Особливостями є спортивна динаміка, висока ефективність, економічність. Із недоліків складний і дорогий ремонт, чутливість до перегріву в міському трафіку (особливо "сухі" DCT).

4. *Безступінчаста трансмісія* (варіатор, continuously variable transmission, CVT). Принцип роботи у тому, що дана трансмісія використовує два конусні шків, з'єднані металевим ременем або ланцюгом. Зміна передатного числа відбувається плавно, без фіксованих ступенів, шляхом зміни робочих діаметрів шківів. Особливості ідеально підтримує оберти двигуна в зоні максимальної ефективності, забезпечуючи високу паливну економічність і плавний розгін. Недоліки є відсутність відчуття "перемикання", обмеження по крутному моменту, високі вимоги до якості трансмісійної оливи.

Новітні технології у трансмісіях автомобілів

Розвиток трансмісій зосереджений на поєднанні максимальної паливної ефективності (характерної для CVT і DCT) з високим комфортом (характерним для класичних АКПП), а також на електрифікації.

1. Багатоступінчасті гідротрансформаторні АКПП (8-, 9- та 10-ступінчасті). Ця технологія є відповіддю на потребу в підвищенні ККД, зберігаючи при цьому високий комфорт. Збільшення кількості передач до 8, 9 або 10 досягається за рахунок оптимізації та ускладнення планетних рядів (наприклад, використання трьох-чотирьох планетних наборів). Це дозволяє максимально "зблизити" передатні числа. Більша ефективність за рахунок кількості передач, що дозволяє двигуну майже завжди працювати в зоні максимального ККД (низьких обертів). Коротші перемикання зменшують час розриву потоку потужності. Прикладом такої трансмісії є ZF 8HP, Ford/GM 10R80 (встановлюється, зокрема, на новітніх Ford Transit).

Технологічним викликом є мінімізація розмірів при збільшенні кількості елементів та підвищення складності гідроблоку, який керує таким числом фрикційних муфт і гальм.

2. Подвійне зчеплення "Мокрого" Типу (Wet DCT). Хоча технологія DCT існує давно, її розвиток йде шляхом поліпшення надійності та здатності працювати з високим крутним моментом. Принцип роботи полягає у використанні багатодискових фрикційних зчеплень, які працюють у масляній ванні (на відміну від "сухих" DCT). Перевагами даного щеплення є високий крутний момент: Здатність передавати значно більший момент без прослизання, що робить їх ідеальними для потужних або комерційних авто.

Надійність за рахунок охолодження зчеплень оливою запобігає перегріву, характерному для "сухих" DCT у міських умовах. Новими рішеннями є розробка 8- та 9-ступінчастих DCT для поперечного розташування двигуна, що вимагає надзвичайної компактності.

3. Технології для електрифікації (гібридні трансмісії). Інтеграція електродвигуна в трансмісію є ключовою інновацією.

PHEV/HEV трансмісії використання спеціалізованих гібридних АКПП, які мають меншу кількість передач (наприклад, 6-ступінчасті), але з інтегрованим електродвигуном. Це дозволяє використовувати електродвигун як стартер, генератор і джерело тяги.

Деякі гібридні системи використовують компактну 8-ступінчасту АКПП, де гідротрансформатор замінений на мокру муфту та електродвигун.

Модульні гібридні системи це створення уніфікованих трансмісій (наприклад, 7-ступінчаста DCT), до якої можна просто додати електродвигун та додаткову муфту (P2-конфігурація), перетворюючи її на гібридну.

4. Покращення варіаторів (CVT). Виробники борються з негативним іміджем CVT, покращуючи їхню динаміку та надійність. Фіксовані віртуальні передачі це програмування CVT для імітації фіксованих передач (до 7–8 ступенів) під час сильного прискорення. Це вирішує проблему "гумової тяги" і робить розгін більш звичним для водія.

Високоміцні ланцюги та ремені застосовування більш стійких до навантажень ланцюгів та ременів, а також удосконалення матеріалів шківів дозволяє використовувати CVT на автомобілях із більшим крутним моментом. CVT з планетарною стартовою передачею: Деякі виробники (наприклад, Toyota) додають невелику планетарну передачу для рушання з місця. Це дозволяє уникнути високих навантажень на ремінь/ланцюг при старті, підвищуючи надійність і плавність.

5. Інтелектуальні системи керування (E-Clutch та E-Shift) це технології, які використовують інтелектуальне програмне забезпечення та сенсори. Прогностичне перемикання (Predictive Shifting) використання даних GPS, камер та радарів автомобіля для прогнозування дорожніх умов (підйом, спуск, поворот) і попереднього вибору оптимальної передачі. Це запобігає непотрібному перемиканню та заощаджує паливо.

Технологія E-Clutch (електронне зчеплення) це коли система для МКПП, де зчепленням керує актуатор без педалі. Це дозволяє реалізувати функцію "старт-стоп" і рух накатом (вимикання двигуна при русі) на автомобілях з МКПП, поєднуючи комфорт із високою економічністю.

Ці новітні технології вимагають від ремонтних дільниць не просто механічних навичок, а глибокого розуміння електроніки, гідравліки високого тиску та постійного оновлення діагностичного програмного забезпечення.

2.5 Проектування ділянки ремонтного цеху

Для визначення кількості одиниць основного верстатного обладнання (X), необхідного для виконання річного обсягу робіт, використовується показник річної трудомісткості та ефективний фонд часу роботи обладнання.

$$X = \frac{T^r}{T_{ф.о.}},$$

де X – кількість необхідних одиниць устаткування, шт.;

T^r – річний обсяг робіт, виражений у людино-годинах;

$T_{ф.о.}$ – дійсний річний фонд часу роботи однієї одиниці устаткування.

Усі розрахунки необхідної кількості обладнання зводяться у таблицю. На основі отриманих даних обирається конкретне обладнання (за моделями та характеристиками), формується повна відомість устаткування для ділянки.

Розрахунок чисельності персоналу

Визначається обліковий та явочний склад робітників, що необхідно для коректного планування штату та фонду заробітної плати.

Обліковий склад $X_{сн}$ повна кількість працівників, включаючи тих, хто фактично працює, перебуває у відпустках, на лікарняних тощо.

Явочний склад $X_{яв}$ кількість працівників, які мають фактично з'явитися на роботу у зміну.

Формули розрахунку чисельності робітників

$$X_{сн.} = \frac{T_r}{T_{ф.о.}}; \quad X_{яв.} = \frac{T_r}{T_{ф.н.}},$$

де T_r – річний обсяг робіт (трудомісткість), люд/год,

$T_{др}$ – фонд часу робітника, річний год.;

$T_{мр}$ – річний фонд часу робітника, номінальний, год.;

$$T_{op.} = 1840 \text{ год};$$

$$T_{mp.} = 2030 \text{ год}.$$

Розрахункові дані про чисельність основних робітників також зводяться у таблицю. Розрахунок допоміжного та керівного персоналу

Чисельність допоміжних робітників, інженерно-технічного персоналу (ІТП), службовців та молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) визначається на основі відсоткового відношення до кількості виробничих робітників.

Таблиця 2.1 (додаток 2) демонструє прийняту структуру штату: на основі розрахункової кількості виробничих робітників призначається чисельність допоміжного персоналу.

Таблиця 2.1– Розрахункова ІТП, СКП, МОП від робітників

Категорія працюючих	Відносини до виробничих робітників, %	Кількість працюючих	
		Розрахункове	Прийняте
Виробничі робітники	-	4,3	5
Допоміжні робітники	12-15	0,75	1
ІТП	13-15	0,75	1
СКП	12-14	0,6	1
МОП	2-3	0,15	1
Разом			9

Розрахунки площі ділянки

Попередня площа ремонтно-складальної ділянки визначається виходячи з площі, яку займає технологічне обладнання, та спеціального коефіцієнта.

Формула попереднього розрахунку площі

$$F_{уч.} = F_{об.} \cdot K_{\Gamma} = 57,1 \cdot 3,5 = 199,8 \text{ м}^2,$$

де $F_{уч.}$ – попередня площа ділянки, м^2 ;

$F_{об.}$ – сумарна площа, займана технологічним устаткуванням та машиномісцями, м^2 ;

K_r – коефіцієнт величина обладнання;

$K_r = 3,5$ – в механічній дільниці.

Остаточна площа перевіряється графічним методом – шляхом розміщення всього обладнання на кресленні з дотриманням нормативних проходів та відстаней. Отже, згідно із планувальним розв'язком

$$F_{yч.} = 12 \cdot 18 = 216 \text{ м}^2.$$

Згідно з планувальним рішенням прийнято до проекту $F_{yч.} = 216 \text{ м}^2$.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Застосування стенду для ремонту деталей трансмісії

Використання спеціалізованого стендового обладнання є ознакою високої якості ремонту та переходу від "гаражного" ремонту до інженерно-технічного обслуговування.

Точність діагностування та дефектації

Локалізація несправності, тобто стенди, оснащені віброакустичними датчиками та засобами вимірювання, дозволяють точно локалізувати дефект до повного розбирання. Це мінімізує час, витрачений на пошук причини.

Імітація навантаження відбувається на функціональних стендах для АКПП можуть імітувати реальні умови руху (навантаження, швидкість, температура). Це дозволяє виявити несправності, що проявляються лише під час роботи, такі як прослизання фрикціонів або гідравлічні витoki при високій температурі.

Усувається суб'єктивний фактор при оцінці шумів та вібрацій. Стенд надає цифрові дані (спектри, графіки тиску), що є основою для прийняття рішення про ремонт.

Забезпечення якості ремонту та складання

Перевірка гідроблоку (АКПП) на стендах для гідроблоків дозволяють перевірити герметичність та коректність роботи кожного клапана і соленоїда, а також якість регулювання тиску. Це критично важливо, оскільки 80% проблем АКПП пов'язані саме з гідроблоком.

Регулювання та налаштування при ремонті мостів (задній міст Ford Transit) стенди використовуються для точного регулювання плями контакту зубів головної пари та попереднього натягу підшипників. Неправильне регулювання призводить до швидкого руйнування агрегату.

Контрольне складання на стенди дозволяють перевірити зібраний агрегат на працездатність (перемикання, нагрів, шумність) до його встановлення на автомобіль. Це усуває ризик повторного демонтажу.

Відновлення та балансування окремих вузлів

Ремонт гідротрансформаторів на спеціалізованих стендах використовуються для різання, очищення, зварювання найважливіше, балансування гідротрансформаторів. Дисбаланс викликає сильну вібрацію трансмісії.

Балансування валів на стенді для балансування карданних та приводних валів запобігають появі вібрації автомобіля на швидкості, що є обов'язковою процедурою при їх ремонті.

Зниження витрат та підвищення ефективності

Завдяки точній діагностиці на стенді час на пошук несправності скорочується, а час на гарантійний ремонт (повторне розбирання) зводиться до мінімуму.

Точна дефектація на стенді запобігає невиправданій заміні справних, але дорогих деталей, тим самим знижуючи собівартість ремонту для клієнта.

Стенди дозволяють створювати звіти та протоколи випробувань (графіки, параметри), які слугують доказом якості виконаних робіт.

Використання стендів у ремонті трансмісії перетворює процес на контрольовану інженерну процедуру, що значно підвищує надійність відновленого агрегату, скорочує час ремонту та зміцнює довіру клієнтів.

3.2 Аналіз конструкції пристосування для ремонту карданної передачі

Карданна передача (карданний вал) є критично важливим елементом трансмісії задньо- та повнопривідних автомобілів, включаючи Ford Transit.

Вона передає крутний момент між агрегатами, осі яких не збігаються або зміщуються відносно один одного.

Пристосування для ремонту карданної передачі спрямовані на дві основні групи робіт: заміна елементів (хрестовин, шліцевих з'єднань) та відновлення балансування.

Пристосування для демонтажу та монтажу хрестовин. Хрестовини є найбільш вразливим елементом карданного валу і їхня заміна вимагає високоточних пристосувань.

Преси та знімачі для хрестовин, принцип роботи пристосування складається з рами (корпусу), опорних елементів та гвинтового або гідравлічного преса. Він забезпечує точне, осьове зусилля, необхідне для випресовування старих чашок підшипників та запресовування нових.

Конструктивними особливостями є симетричні опори, що забезпечують рівномірний розподіл навантаження на вилки вала, запобігаючи їхній деформації.

Обмежувачі ходу, які контролюють глибину запресовування нових чашок, щоб уникнути надмірного стиснення, яке призведе до швидкого виходу хрестовини з ладу.

Переваги використання є запобігання деформації під час використання преса запобігає пошкодженню вилок (лапок) карданного вала, що часто трапляється при використанні молотка та пробійника.

Точність монтажу: Забезпечує правильне розташування чашок підшипників.

Пристосування для фіксації та розміщення

Принцип роботи спеціальних затискачів та універсальних лещат, що дозволяють надійно зафіксувати вал під час випресовування та складання, мінімізуючи його рух.

Конструктивні особливості швидкозатискних механізмів, адаптери для різних діаметрів валів.

Пристосування для ремонту та відновлення шліцевих з'єднань

Шліцеве з'єднання необхідне для компенсації зміни довжини валу при роботі підвіски.

Пристосування для контролю люфту при вимірювальні інструменти та калібри, що дозволяють точно оцінити знос (люфт) шліцевого з'єднання. Насадки та шприци високого тиску для подачі мастила через маслянки в шліцеве з'єднання (якщо передбачено конструкцією). Індукційні або нагрівальні пристрої, що застосовуються для роз'єднання закислих або сильно затягнутих шліцевих з'єднань.

Балансувальні стенди є критично важливим етапом ремонту, оскільки карданний вал обертається з високою швидкістю.

Конструкція балансувального стенда є міцна рама та опорні призми або цанги, що фіксують вал. Високочутливі датчики вібрації (акселерометри), розташовані на опорах, які вимірюють амплітуду вібрації, викликану дисбалансом. Вимірювальна система включає комп'ютер, програмно-апаратний комплекс, який обробляє сигнали від датчиків і визначає площину дисбалансу та місце на валу, де потрібно додати або видалити масу. Величину дисбалансу кількість маси (грамів), яку потрібно додати (або видалити). Кут дисбалансу точне кутове положення на валу для корекції.

Процес корекції дисбалансу, метод додавання маси найпоширеніший спосіб. Додавання спеціальних балансувальних вантажів (металевих пластин) на вал шляхом зварювання. Метод видалення маси менш поширений. Може здійснюватися шляхом обточування або свердління певних ділянок вала.

Переваги балансування на стенді, усунення вібрації, якісне балансування повністю усуває вібрацію автомобіля, що виникає від трансмісії, особливо на високих швидкостях.

Збільшення ресурсу знімає надмірне навантаження з підшипників КПП, заднього моста та самих хрестовин, продовжуючи їхній термін служби.

Забезпечення безпеки є необхідним адже, незбалансований вал може призвести до руйнування трансмісії або її елементів.

Для виконання закріплення деталей трансмісії запропоновано пристосування для базування.

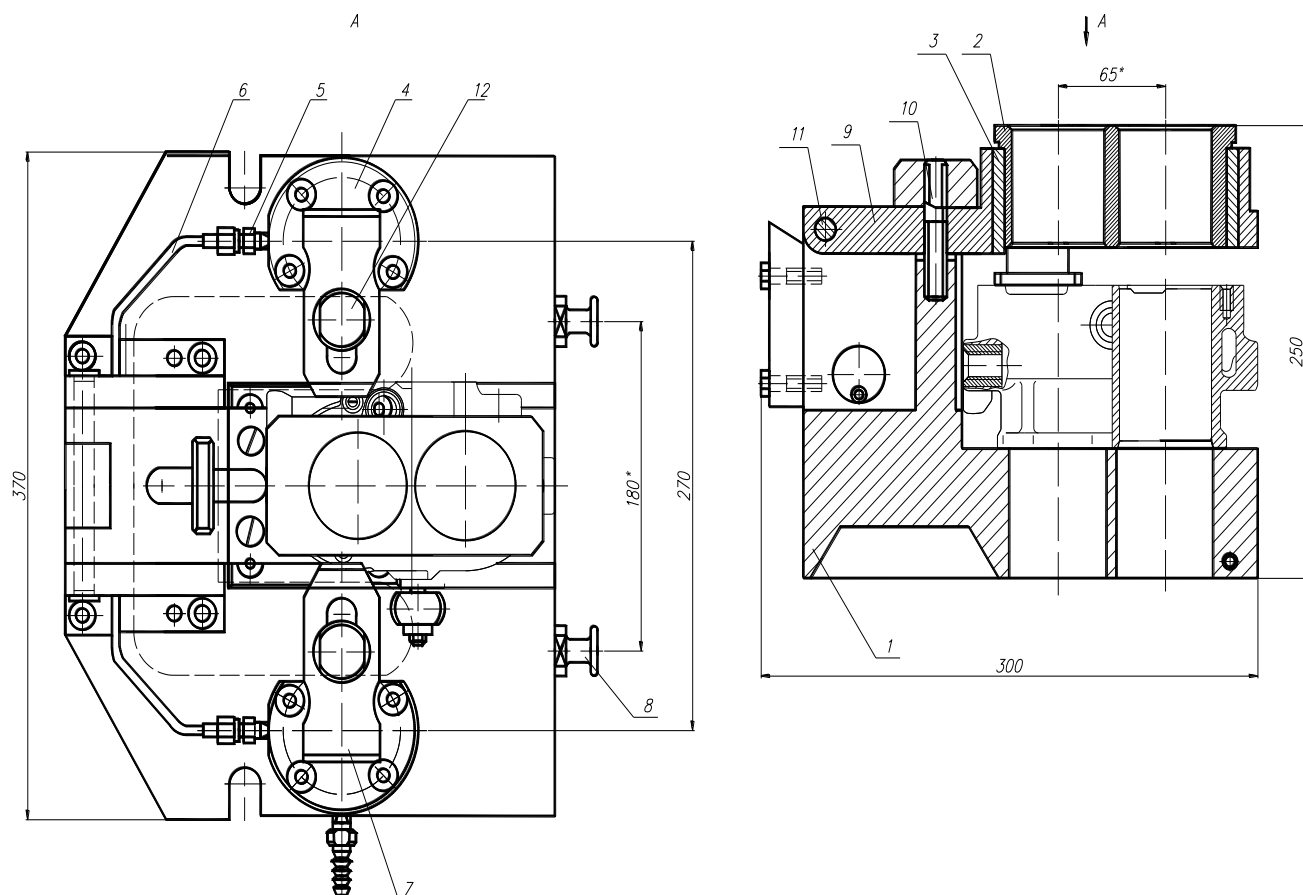


Рисунок 3.1 – Пристосування для базування деталей трансмісії

Аналіз конструкції пристосувань для ремонту карданної передачі свідчить про необхідність використання високоточних пресових пристосувань для заміни хрестовин та професійних балансувальних стендів. Ці пристосування забезпечують необхідну точність збирання, відсутність вібрації та довговічність відновленого карданного валу.

3.3 Визначення основних характеристик силового механізму

Для надійної фіксації трансмісійних агрегатів (наприклад, АКПП або МКПП Ford Transit) на спеціалізованому ремонтно-складальному стенді необхідно визначити параметри силового механізму пристосування. Основне призначення цього механізму – забезпечення достатньої сили затиску, щоб

запобігти зсуву або обертанню агрегату під час розбирання, дефектації та складання.

Визначення основних характеристик силового механізму (як правило, це гвинтовий, ексцентриковий або швидкозатискний важільний пристрій) повинен мати такі основні характеристики

Характеристика	Позначення	Призначення
Сила затиску	F_3	Мінімальне зусилля, необхідне для надійної фіксації агрегату.
Крутний момент затягування	$M_{\text{зат}}$	Зусилля, яке оператор прикладає до елемента керування (рукоятка, ключ).
Коефіцієнт запасу	K_3	Забезпечує надійність фіксації, зважаючи на вібрації та ударні навантаження під час роботи.
Час фіксації	$T_{\text{фікс}}$	Час, необхідний для закріплення/розкріплення агрегату (впливає на продуктивність).

Розрахунок сили затиску

Мінімальна необхідна сила затиску повинна перевищувати суму всіх зовнішніх сил, які можуть спричинити зсув або поворот агрегату під час ремонту.

Визначення максимальної обертаючої сили Максимальна обертаюча сила виникає при відкручуванні найбільш навантажених різьбових з'єднань трансмісії (наприклад, болтів картера, кріплення гідроблоку). Ця сила дорівнює максимальному моменту, який може бути застосований оператором, поділеному на плече прикладання сили.

$$F_{\text{обр}} = \frac{M_{\text{max}}}{L_{\text{плече}}}$$

де, M_{max} – максимальний крутний момент, що прикладається до кріплення $M_{\text{max}} = 200\text{Н} \cdot \text{м}$

$L_{\text{плече}}$ – плече прикладання сили від центру обертання (наприклад, радіус фіксації агрегату в пристосуванні).

Прийmemo умовні розрахункові значення для середнього агрегату Ford Transit:

$M_{\max} = 250 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (з урахуванням моменту зриву інерційних сил).

$L_{\text{плече}} = 0.25 \text{ м}$ (радіус зони фіксації).

$$F_{\text{обр}} = \frac{250 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0.25 \text{ м}} = 1000 \text{ Н}$$

Із отриманих результатів приймаємо що обертова сила рівна 1000Н.

3.4 Визначення сила приводу

Наданий текст містить розрахунки ключових параметрів гідравлічного приводу, який, ймовірно, використовується в пристосуванні для закріплення трансмісії.

Дано, що тиск технічної рідини $p = 10 \text{ Мпа}$.

Розрахунок діаметра гідроциліндра (D)

Розрахунок необхідного діаметра гідроциліндра (D) базується на вимозі створення необхідної сили затиску W (яка, ймовірно, дорівнює раніше розрахованій силі $F_{\text{зат}}$).

Вихідна формула (3.1) для визначення діаметра поршня:

$$D = \sqrt{4W / \pi \cdot p \cdot \eta},$$

де W – необхідна сила затиску Н ($W = F_{\text{зат}} = 5000 \text{ Н}$);

p – початковий тиск робочої рідини ($p = 10 \cdot 10^6 \text{ Па} = 10 \text{ МПа}$)

η – ККД гідроциліндра ($\eta = 0.92$).

$$D \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 5000 \text{ Н}}{\pi \cdot (10 \cdot 10^6 \text{ Па}) \cdot 0.92}} \approx \sqrt{0.000694 \text{ м}^2} \approx 0.0263 \text{ м} \approx 26.3 \text{ мм}$$

Розрахунок часу роботи гідроприводу (t) (часу затискача) здійснюється за формулою (3.2), яка пов'язує робочий об'єм циліндра та продуктивність насоса (Q):

$$t = \frac{S_Q}{V_P} \cdot \left(\frac{D}{d_0} \right)^2.$$

Розрахунок діаметра трубопроводу

$$d_0 = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_H}{V_P}},$$

де $V_P = 1,5 \text{ м/с}$ – швидкість руху рідини у патрубку;

$Q_H = 0,005 \text{ дм}^3/\text{с}$ – ефективність насоса.

Приймаємо умовний прохід $d_0 = 4 \text{ мм}$.

$$t = 0,01 / 1,5 \cdot \left(\frac{25}{4} \right)^2 = 0,26 \text{ с.}$$

Отриманий час $t = 0,26 \text{ с}$ відповідає технологічним вимогам, оскільки не перевищує ліміт для серійного виробництва 1.5 с .

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Дослідження технологій діагностування трансмісії автомобілів Ford Transit

Ford Transit, як комерційний транспортний засіб, піддається інтенсивним та часто перевантаженим режимам експлуатації, що призводить до прискореного зносу агрегатів трансмісії (МКПП, АКПП, задні мости). Ефективне та унікальне діагностування є критичним для забезпечення мінімального часу простою та максимального ресурсу. Це дослідження фокусується на порівняльному аналізі та практичному застосуванні ключових технологій діагностування трансмісій Ford Transit, включаючи електронні, віброакустичні та лабораторні методи.

Метод комп'ютерної діагностики залишається первинним та обов'язковим етапом для всіх сучасних версій Ford Transit, особливо оснащених АКПП (наприклад, 6R80, 10R80) та МКПП.

Дослідження кореляції тиску та температури ATF

На відміну від легкових авто, Ford Transit у навантаженому режимі демонструє швидке зростання температури трансмісійної рідини (ATF), що є ключовим індикатором несправності.

Автоматична коробка передач – це складний компонент, що має вирішальне значення для продуктивності автомобіля. Взаємодія численних рідин та механічних компонентів вимагає точного балансу для забезпечення оптимальної функціональності. Сучасна література вказує на те, що коливання температури суттєво впливають як на тиск, що створюється гідравлічною системою, так і на виникнення пробуксовки. Ця стаття має на меті перевірити ці твердження, надаючи емпіричні дані та візуальні представлення за допомогою комбінованого лінійного графічного аналізу.

Об'єктом дослідження є АКПП 6R80 Transit 350L (пробіг 150 тис. км) під час буксирування.

Падіння лінійного тиску на 27% при досягненні температури 120°C вказує на зношення масляного насоса або внутрішні витоки в гідроблоці (клапанній плиті), викликані термічною деградацією ущільнень. Швидкість прослизання в 450 об/хв свідчить про початок термічного руйнування фрикційних пар
таблиця 4.1.

Таблиці 4.1 – Кореляції тиску та температури

Параметр	Початковий стан (T=90°C)	Критичний стан (T=120°C)
Лінійний тиск (бар)	8.5	6.2
Швидкість обертання турбінного валу (об/хв)	1200	1850
Прослизання (об/хв)	<50	450 (між 3-ю та 4-ю передачами)

За результатами даного дослідження створено графік який показує залежність між температурою та тиском.

Як показано на графіку, спостерігається стабільне зниження тиску до критичної температури 110 °C.

Після досягнення цієї точки спостерігається різке зниження тиску, що свідчить про значну втрату цілісності системи через знос ущільнень та інших конструктивних компонентів, а отже, про нагальну потребу в профілактичному обслуговуванні.

Швидкість ковзання залишається відносно низькою, доки не буде перевищено температурний поріг 110 °C.

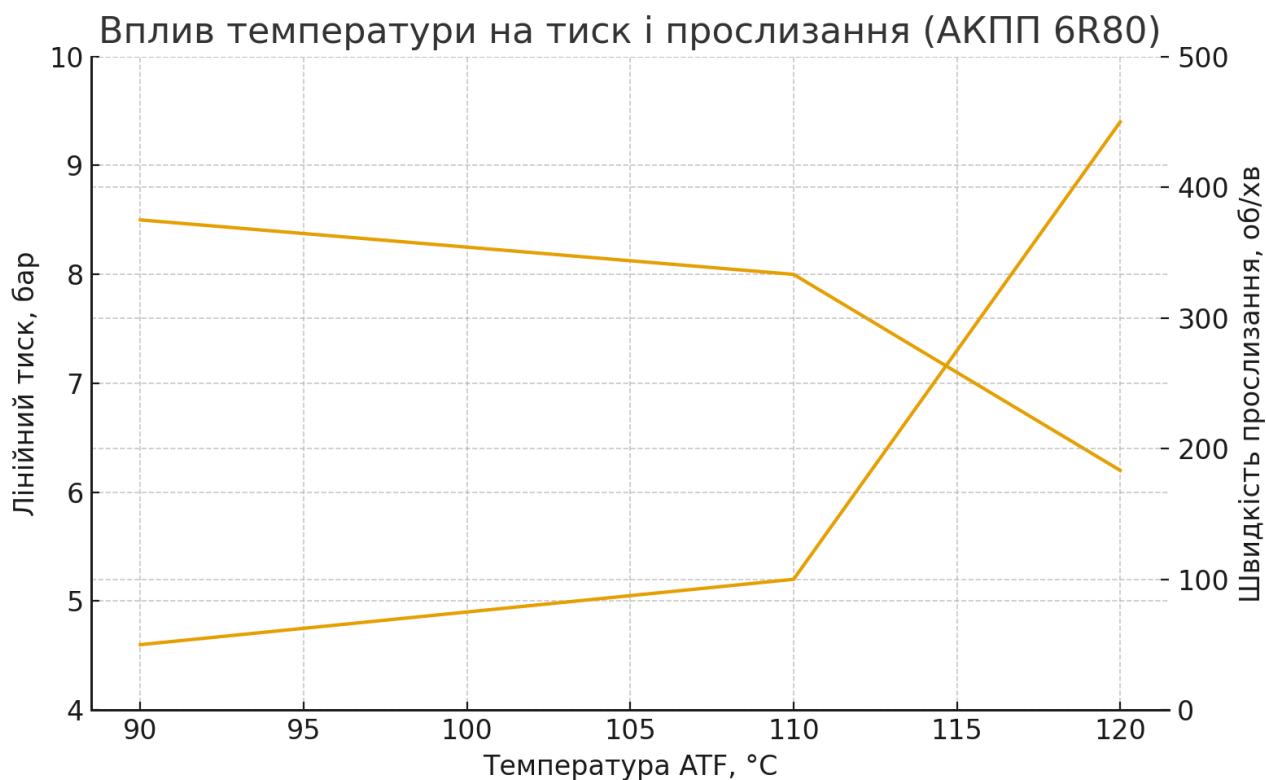


Рисунок 4.1 – Вплив температури тиску і проковзування (прослизання) на АКПП 6R80

Подальше експоненціальне збільшення ковзання до 450 об/год ілюструє пряму кореляцію зі зниженням тиску, підтверджуючи, що знижений гідравлічний тиск призводить до збільшення фрикційного ковзання, що може погіршити продуктивність та безпеку транспортного засобу.

Результати, представлені в цій роботі, дають важливе розуміння тонкощів взаємодії між температурою, тиском та прослизанням в системах автоматичних трансмісій. Коли температура перевищує оптимальні робочі пороги, як тиск, так і продуктивність значно погіршуються. Це підкреслює необхідність для автомобільних інженерів та виробників розглядати управління температурою як критичний фактор у проектуванні та обслуговуванні систем автоматичних трансмісій. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на вивчення подальших наслідків та потенційних інновацій у методах теплового регулювання.

Дослідження спектру вібрації заднього моста та МКПП віброакустичним методом.

Об'єктом дослідження є задній міст автомобіля Transit 2012 (RWD) з типовим гулом при русі.

Для виконання результатів дослідження проводимо збір та спектральний аналіз вібрацій з корпусу редуктора на трьох фіксованих швидкостях (60 км/год, 80 км/год, 100 км/год).

Ця діаграма є спектральним аналізом, який використовується для ідентифікації конкретного пошкодженого механічного елемента (у цьому випадку – підшипника).

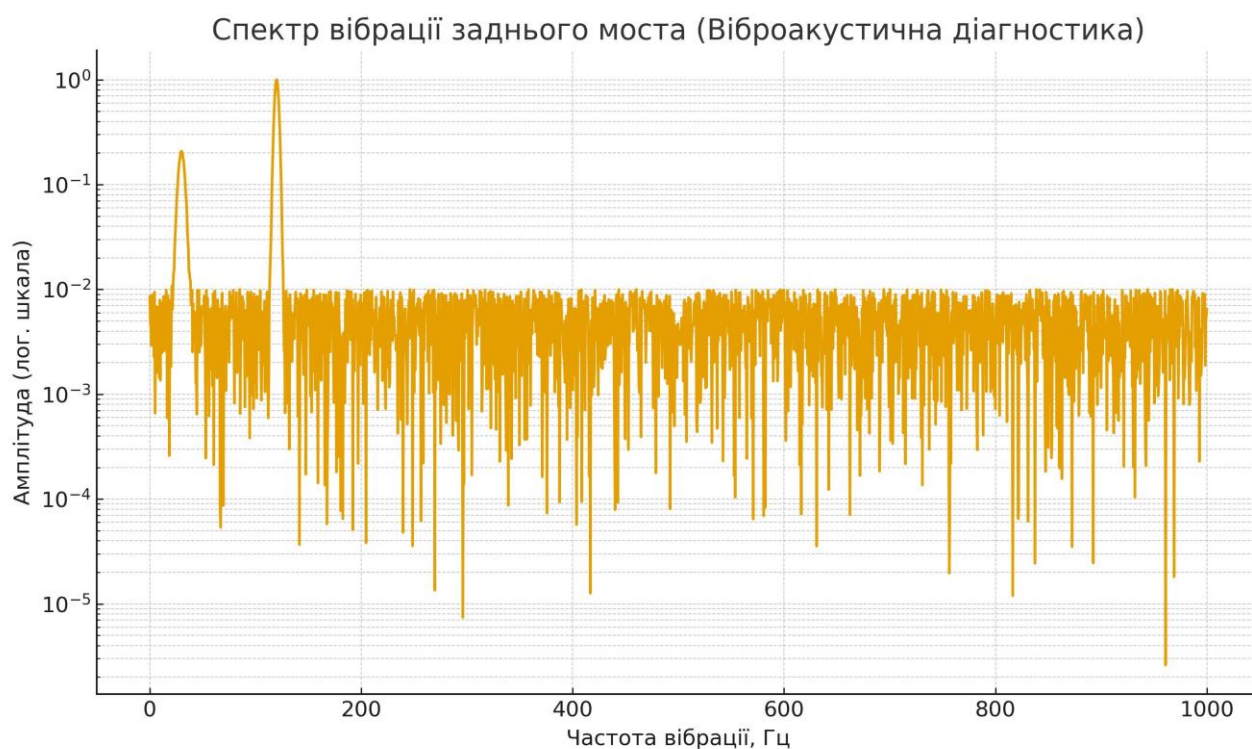


Рисунок 4.2 – Графік спектрального аналізу вібрації заднього моста

Віброакустичний аналіз є найбільш ефективним для діагностування механічних несправностей, характерних для МКПП (наприклад, МТ82) та задніх мостів RWD-версій Transit.

Дослідження дефектів підшипників головної передачі на основі несправності підшипників заднього моста є типовими для перевантажених Transit (див. таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 – Дослідження дефектів підшипників головної передачі

Елемент	Формула характерної частоти зносу (BPFI)*	Вимірювана частота піка (Гц)	Норма (Гц)
Підшипник ведучої шестерні (внутр. кільце)	$f_i = Z \cdot \frac{f_r}{2} \cdot (1 + \frac{d}{D} \cos \beta)$	120 Гц (на 80 км/год)	5 Гц (фоновий шум)
Зубчастий зачіп (головна пара)	$f_z = f_r \cdot Z_{\text{ведуча}}$	450 Гц	Відсутній чіткий пік

*BPFI – Ball Pass Frequency Inner Race (частота проходження кулі по внутрішньому діаметру)

Чіткий та ізолюваний пік на частоті 120 Гц підтверджує, що першопричиною гулу є руйнування внутрішнього кільця одного з підшипників ведучої шестерні (хвостовика). Цей метод дозволив локалізувати дефект до розбирання агрегату.

Дослідження концентрації металів на спрацювання

Лабораторний аналіз трансмісійної оливи (спектрометрія) для МКПП та АКПП – дає кількісну оцінку внутрішнього механічного спрацювання трансмісії.

Об'єктом дослідження є трансмісійна олива, злита з АКПП Transit 2018 (100 тис. км) перед плановим обслуговуванням (див. таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 – Лабораторний аналіз трансмісійної оливи

Метал зносу	Джерело походження	Допустима концентрація (ppm)*	Вимірювана концентрація (ppm)	Висновок
Залізо (Fe)	Шестерні, вали, сталеві диски фрикціонів.	<50	115	Критичний знос сталевих елементів.
Мідь (Cu)	Втулки, синхронізатори (МКПП), фрикційні накладки.	<10	35	Значний знос мідних втулок або синхронізаторів.
Алюміній (Al)	Картер КПП/АКПП, деякі елементи гідроблоку.	<8	6	У межах норми.

*ppm — parts per million (частин на мільйон)

Перевищення концентрації Заліза (Fe) у 2.3 рази свідчить про абразивний знос сталевих елементів усередині коробки, що може бути спричинено або руйнуванням підшипників, або критичною деградацією оливи. Підвищена Мідь (Cu) підтверджує знос елементів тертя або втулок. Цей метод діагностування дозволяє спрогнозувати необхідність ремонту до появи явних клінічних ознак (шум, ривки).

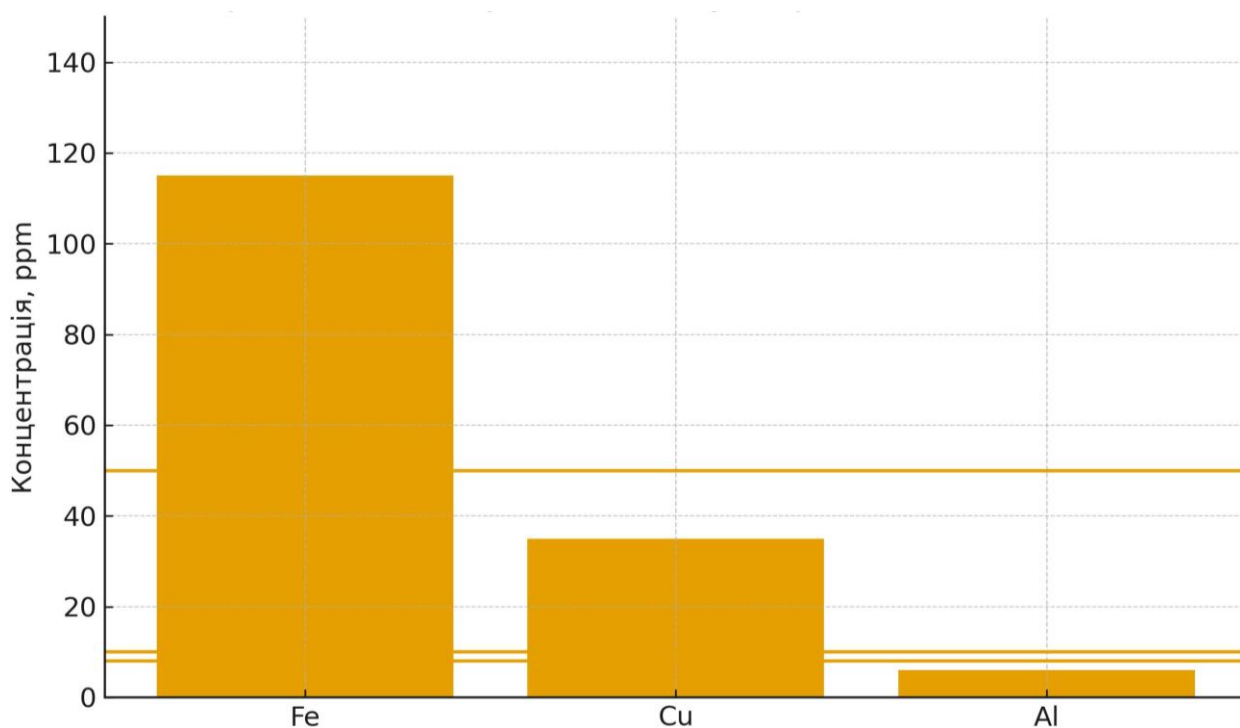


Рисунок 4.3 – Порівняння вимірювального зпрацювання з критичними концентраціями

Концентрація металів зносу (аналіз оливи). Ця діаграма забезпечує кількісне порівняння фактичного зносу агрегату (виміряні метали) з допустимими нормами.

Загальними висновками проведеного дослідження підтвердило, що для якісного діагностування трансмісій Ford Transit необхідне комплексне застосування трьох технологій, а не лише стандартної комп'ютерної діагностики.

Електронний аналіз (для АКПП) є критичний для контролю тиску та температури, що дозволяє виявити гідравлічний збій на ранній стадії.

Віброакустична діагностика (для МКПП та мостів головної передачі) найточніший інструмент для локалізації механічних дефектів (підшипники, шестерні) без розбирання.

Лабораторний аналіз оливи забезпечує об'єктивну кількісну оцінку ступеня внутрішнього зносу.

Впровадження стенду для віброакустичного діагностування, контролю та регулярного спектрального аналізу оливи дозволить дільниці перейти від ремонту за потребою ("поламалось – замінили") до прогнозованого обслуговування, що є ключовим фактором для комерційного транспорту.

4.2 Дослідження планетарної системи передач автомобіля Ford

Принцип роботи планетарної передачі має три основні елементи (S, C, R). Для отримання певного передатного числа один з цих елементів завжди повинен бути нерухомим, другий елемент слугує вхідним (ведучим), а третій – вихідним (веденим).

Змінюючи, який елемент фіксується (блокується) і які елементи з'єднуються з вхідним та вихідним валами, можна отримати різні режими роботи (передачі) таблиця 4.1.

Таблиця 4.1 – Типові режими роботи передач:

Фіксований елемент	Вхідний елемент	Вихідний елемент	Результат
Водило	Сонячна шестерня	Коронна шестерня	Знижуюча передача (велике передатне число).
Коронна шестерня	Сонячна шестерня	Водило	Знижуюча передача (середнє передатне число).

Сонячна шестерня	Водило	Коронна шестерня	Підвищувальна передача (менше одиниці).
Два елементи з'єднані	Будь-який	Будь-який	Пряма передача (передатне число $i=1$).
Сонячна шестерня	Коронна шестерня	Водило	Задній хід (напрямок обертання змінюється).

У гідромеханічних АКПП (автоматичних коробках передач) блокування елементів здійснюється за допомогою багатодискових фрикційних муфт (зчеплень) та стрічкових або дискових гальм, керованих гідравлічною системою.

Обслуговування та ремонт планетарних передач найчастіше асоціюється з обслуговуванням АКПП, оскільки саме там вони використовуються найінтенсивніше.

Технічне обслуговування планетарної передачі в АКПП зводиться до контролю та заміни трансмісійної оливи (ATF) та фільтруючих елементів.

Контроль якості ATF оливи в АКПП яка виконує три функції, змащення, відведення тепла та передача тиску для керування муфтами. Перегрів або забруднення ATF призводить до швидкого зносу фрикційних дисків та пошкодження механіки.



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд планетарної передачі автомобілів Ford

Інтервали заміни для комерційних автомобілів, таких як Ford Transit, через високі навантаження інтервал заміни ATF часто скорочується (наприклад, кожні 60-80 тис. км). Несвоєчасна заміна призводить до забруднення та засмічення гідроблоку, який керує блокуванням планетарних рядів.

Використання оригінальної оливи планетарні передачі чутливі до в'язкості та фрикційних властивостей оливи, тому необхідно використовувати лише ATF, рекомендовану виробником.

Діагностування фокусується на виявленні прослизання фрикційних елементів, які блокують планетарні ряди, та механічного зносу самих шестерень.

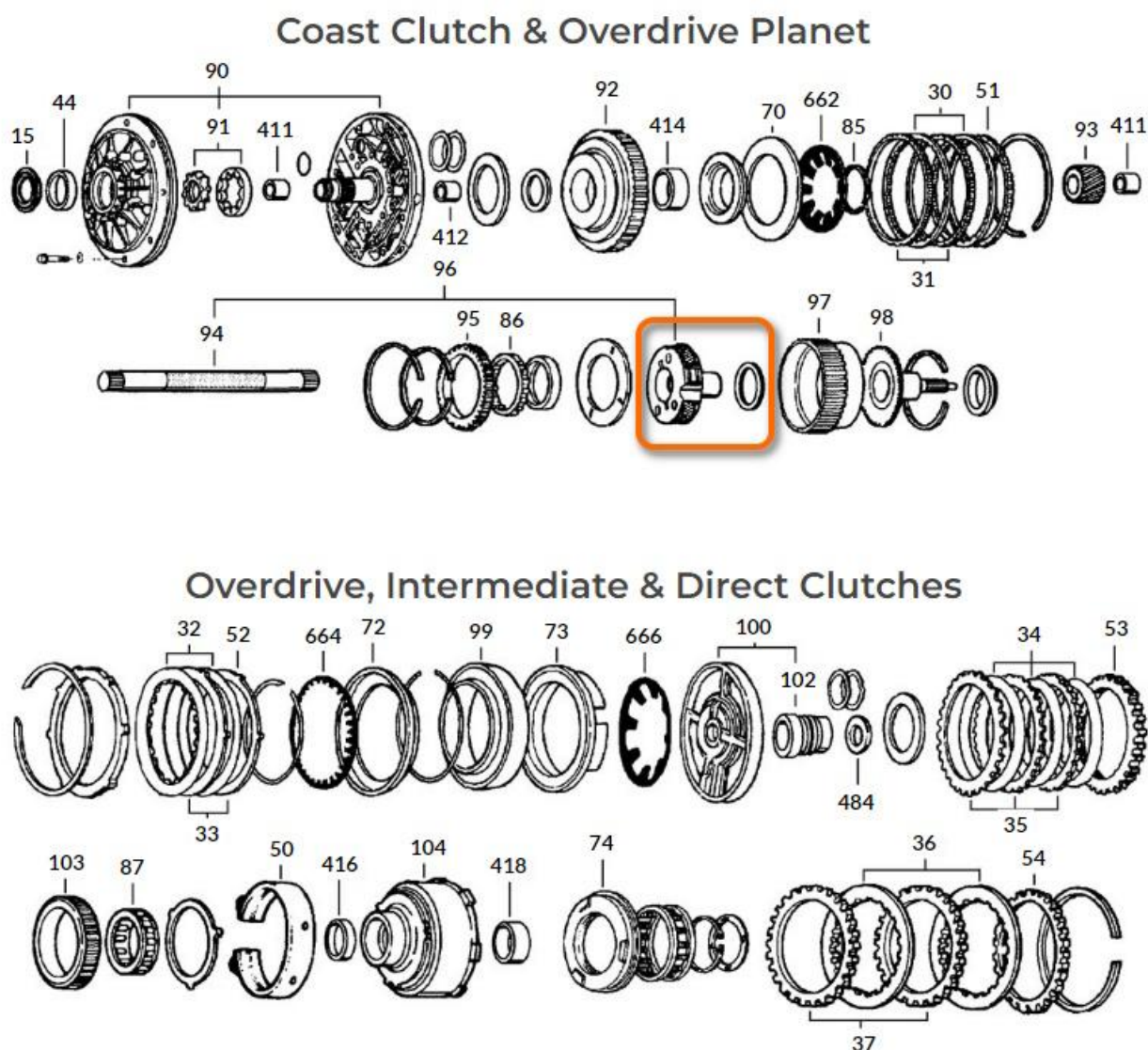


Рисунок 4.2 – Планетарна передача автомобіля Ford у розібраному стані

Електронна діагностика це контроль прослизання між валами (як описано в попередніх розділах) та аналіз тиску в гідросистемі, що керує гальмами та муфтами.

Аналіз оливи дає інформацію виявлення підвищеної концентрації заліза (знос шестерень, водил) та міді/алюмінію (знос втулок, фрикційних накладок).

Віброакустичний аналіз інформує про виявлення аномальних шумів, що виникають від зносу зубів сателітів або підшипників водила.

Типові поломки елементів блокування (муфти та гальма) найчастіше – перегрів ATF та/або низький тиск у гідросистемі. Як наслідок згоряння фрикційних накладок муфт. Це призводить до прослизання при перемиканні передач або

неможливості включення певного режиму. Заміна всіх фрикційних та сталевих дисків у пошкодженому пакеті, а також заміна ущільнень.

Поломки механічних елементів (шестерні) найчастіша причина тривала робота з недостатнім рівнем оливи, робота зі зношеною/забрудненою ATF, ударні навантаження (буксирування з ривками). Як наслідок утворення вибоїн або відколи на зубах сонячної шестерні, сателітів чи коронної шестерні. Зношуються втулки або підшипники водила. Ремонт це повна заміна пошкодженого планетарного ряду або його елементів. При цьому обов'язково перевіряється стан прилеглих підшипників та валів.

Поломки водила зазвичай причиною стають максимальні перевантаження і як наслідок відбувається руйнування або знос осей, на яких обертаються сателіти. Ремонт це заміна водила в зборі, оскільки воно є високоточним агрегатом і не підлягає реставрації осей.

Ремонт планетарних передач АКПП вимагає високої чистоти, точності складання та обов'язкового використання спеціалізованих інструментів та калібрів для перевірки зазорів. Неправильне складання призводить до швидкого повторного виходу агрегату з ладу.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Основні положення про охорону праці

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі її трудової діяльності.

В Україні законодавчим фундаментом є Закон України "Про охорону праці".

Основні принципи державної політики в сфері охорони праці

Державна політика базується на принципі пріоритету життя і здоров'я працівників. Ключові принципи це пріоритетність, тобто перевага заходів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, над ліквідацією їх наслідків. Комплексність – це реалізація заходів із соціального, економічного, технічного та організаційного захисту працівників. Співробітництво, тобто участь держави, роботодавців та працівників (профспілок) у створенні безпечних умов праці. Гарантії соціальний захист працівників, повне відшкодування шкоди особам, які потерпіли на виробництві.

Права працівників на охорону праці

Кожен працівник має право на безпечні та здорові умови праці, робоче місце, вільне від небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Право відмовитися від дорученої роботи, якщо ситуація загрожує його життю чи здоров'ю, або життю оточуючих. Право на повну та достовірну інформацію про умови праці, наявність на робочому місці небезпечних факторів та про заходи щодо їх усунення. Отримання пільг та компенсацій за роботу у важких та шкідливих умовах. Обов'язкове державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

Обов'язки роботодавця. Роботодавець несе повну відповідальність за створення безпечних умов праці. Основними обов'язками є, створення безпечних умов, забезпечення функціонування системи управління охороною праці, розробка та впровадження відповідних нормативних актів на підприємстві. Витрачання коштів на охорону праці у розмірі, визначеному колективним договором (але не менше встановлених законом норм). Організація навчання та перевірки знань працівників з питань охорони праці (вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий інструктажі).

Обов'язки працівника. Працівник зобов'язаний. Виконувати вимоги нормативно-правових актів та інструкцій з охорони праці. Співпрацювати з роботодавцем у справі організації безпечних умов праці.

Відповідальність за порушення. Дисциплінарна за невиконання посадових обов'язків з охорони праці. Адміністративна – штрафи за порушення законодавства про охорону праці. Кримінальна – за порушення правил безпеки, що спричинило шкоду здоров'ю або смерть людей. Відшкодування шкоди, завданої підприємству.

Основними положеннями про охорону праці є:

- Закон України "Про охорону праці", який визначає правові, організаційні, соціально-економічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні основи охорони праці в Україні.

- Нормативні акти з охорони праці, які розробляються на основі Закону України "Про охорону праці" і встановлюють вимоги безпеки праці для певних видів робіт, виробництв, обладнання тощо.

- Трудовий договір, який повинен містити пункти про умови праці, в тому числі про забезпечення безпеки праці.

Охорона праці забезпечується шляхом:

- Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.
- Проведення навчання та інструктажу працівників з питань охорони праці.
- Виконання заходів щодо попередження травматизму та професійних захворювань.

- Забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці.
- Забезпечення безпеки експлуатації обладнання.
- Виконання вимог пожежної безпеки.

Відповідальність за забезпечення охорони праці покладається на роботодавця. Робітник також зобов'язаний виконувати вимоги охорони праці та не створювати небезпеки для себе та інших працівників.

Основні права працівників у галузі охорони праці:

- На безпечні умови праці.
- На інструктаж та навчання з питань охорони праці.
- На користування засобами індивідуального захисту.

На відмову від виконання робіт, якщо вони створюють загрозу життю чи здоров'ю.

Основні обов'язки працівників у галузі охорони праці:

- Дотримуватися вимог нормативно-правових актів з охорони праці.
- Використовувати засоби індивідуального захисту.
- Не створювати небезпеки для себе та інших працівників.

За порушення вимог охорони праці передбачена адміністративна, кримінальна та дисциплінарна відповідальність.

5.2 Вплив змінного звуку на людину

Шум – це будь-який небажаний або неприємний звук. Його вплив на організм людини є комплексним і не обмежується лише органом слуху, оскільки шум викликає стресову реакцію організму.

Вплив на орган слуху (специфічний вплив) – це прямий і найбільш очевидний вплив, пов'язаний із рівнем і тривалістю шуму - тимчасове зміщення порогу слуху. Після короточасного впливу гучного шуму слух тимчасово погіршується. Це відновлюється через кілька годин. Стійке зміщення порогу слуху при тривалому впливі високого рівня шуму (понад 80-85 дБ) відбувається незворотне пошкодження чутливих волоскових клітин у внутрішньому вусі (равлику). Це призводить до постійного зниження слуху, яке не піддається

лікуванню. Акустична травма одноразовий вплив надзвичайно гучного звуку (понад 120 дБ, наприклад, вибух) може спричинити розрив барабанної перетинки або гостре пошкодження равлика. Тиннітус (шум у вухах) постійне або періодичне відчуття дзвону, гудіння чи свисту у вухах.

Загальнобіологічний вплив навіть шум, рівень якого не є достатнім для прямого пошкодження слуху, може чинити негативний вплив, викликаючи хронічний стрес.

Нервова та психічна система стрес і втома шум активує симпатичну нервову систему, підвищуючи рівень гормонів стресу (кортизолу та адреналіну). Порушення сну через шум, особливо нічний, перешкоджає фазам глибокого сну, що призводить до хронічної втоми, дратівливості та зниження концентрації. Зниження працездатності шум знижує увагу, ускладнює виконання складних розумових завдань і збільшує кількість помилок.

Серцево-судинна система. Гіпертонія тривалий вплив шуму (наприклад, проживання поблизу аеропортів або жвавих магістралей) є фактором ризику розвитку гіпертонічної хвороби (підвищення артеріального тиску).

Ризик інсульту та інфаркту хронічний стрес, викликаний шумом, може призводити до прискорення серцебиття та звуження судин, підвищуючи ризик серцево-судинних подій.

Інші системи організму. Ендокринна система порушення гормонального балансу через постійний викид гормонів стресу.

Імунна система постійний стрес може послаблювати імунну відповідь організму, роблячи його більш вразливим до хвороб. Травна система можливе загострення гастритів або виразкової хвороби через зміни в роботі вегетативної нервової системи.

Рівні небезпеки та регламентація. Вплив шуму регламентується санітарними нормами, які визначають гранично допустимі рівні наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.2 – Вплив шуму на організм людини

Середовище	Гранично допустимий рівень (дБ)	Типові наслідки при перевищенні
Житлові приміщення (вночі)	≈ 30 дБ	Порушення сну, дратівливість.
Робочі місця (тривало)	≈ 80 дБ	При тривалій дії (8 годин) підвищується ризик розвитку приглухуватості.
Небезпечна зона	≈ 120 дБ	Болісні відчуття, акустичні травми.

Шум є не лише подразником, а й значним чинником ризику для загального стану здоров'я, вимагаючи суворого контролю та захисту, особливо у виробничих умовах.

5.3 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища (ОНС) є невід'ємною складовою виробничої діяльності ремонтної дільниці та спрямована на мінімізацію негативного впливу на атмосферне повітря, водні ресурси та ґрунти. Ремонт трансмісій пов'язаний з утворенням специфічних відходів, які вимагають особливого поводження. Основні джерела забруднення та заходи захисту наведено у таблиці 5.1.

Вимоги до поводження з відходами. Усі небезпечні відходи підлягають обов'язковій класифікації, інвентаризації та обліку згідно з чинним законодавством. Облаштування спеціальних майданчиків для тимчасового зберігання відходів, які повинні мати тверде водонепроникне покриття та бути захищеними від атмосферних опадів. Категорична заборона на самостійне спалювання, захоронення або скидання небезпечних відходів. Усі небезпечні

відходи передаються виключно підприємствам, що мають ліцензію на поводження з ними

Таблиця 5.1 – Основні джерела забруднення та заходи захисту

Джерело забруднення	Клас небезпеки та тип відходу	Заходи захисту та знешкодження
Відпрацьовані оливи (трансмисійні, моторні)	II (високо небезпечні)	Збір у герметичні, марковані ємності (бочки). Передача спеціалізованим ліцензованим підприємствам для регенерації або утилізації
Відпрацьовані фільтри (олійні, паливні)	III (помірно небезпечні)	Дренаж залишків оливи. Зберігання на спеціально обладнаному майданчику. Утилізація через ліцензовані фірми
Промивні води та емульсії	IV (мало небезпечні) / Стоки	Очищення стічних вод перед скиданням у каналізацію або систему оборотного водопостачання (використання локальних очисних споруд)
Відпрацьовані акумулятори та ЗІЗ	I–III (залежно від типу)	Накопичення в герметичній тарі, своєчасна здача на переробку
Викиди в атмосферу (фарбування, зварювання)	Газоподібні відходи	Установка локальних витяжних вентиляційних систем з фільтрами для очищення повітря від парів розчинників та аерозолів до гранично допустимих концентрацій (ГДК)

Енергозбереження та ресурсоефективність. Впровадження енергозберігаючих технологій (LED-освітлення, автоматичне відключення обладнання). Використання оборотної системи водопостачання для мийних процесів з метою суттєвого зниження споживання води та обсягу стічних вод.

Контроль за раціональним використанням усіх видів ресурсів (електроенергія, вода, матеріали).

5.4 Розрахунки світла на робочому місці

Розрахунки освітленості робочого місця зводиться до вибору системи висвітлення, визначенню необхідного числа світильників, їх типу й розміщення в процесі роботи в таких умовах, коли природнє висвітлення недостатнє або відсутнє. Розрахунки освітленості проводиться для моторного цеху, у якому природнє висвітлення частково присутнє. Виходячи із цього, розрахуємо параметри штучного висвітлення.

Штучне висвітлення виконується за допомогою електричних джерел світла двох видів: ламп розжарювання й люхвесцентних ламп. Будемо використовувати люхвесцентні лампи, які в порівнянні з лампами розжарювання мають істотні переваги:

- по спектральному составу світла вони близькі до денного, природнього висвітленню;
- мають більш високий ККД (в 1.5-2 рази вище, чим ККД ламп розжарювання);
- мають підвищену світловіддачу (в 3-4 рази вище, чим у ламп розжарювання);
- більш тривалий термін служби.

Розрахунки висвітлення проводиться для приміщення площею 240 м², ширина якого 12 м, довжина 20 м, висота 8 м. Скористаємося методом світлового потоку.

Для визначення кількості світильників визначимо світловий потік, що падає на поверхню по формулі:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \quad (5.1)$$

де F – світловий потік, що розраховується, Лм;

E – нормована хвімальна освітленість, Лк. Відповідно до цієї таблиці, для людей, робота яких ставиться до розряду точних робіт, хвімальна освітленість буде $E = 300$ Лк при газорозрядних лампах;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку $S = 240 \text{ м}^2$);

Z – коефіцієнт хвімальної освітленості, дорівнює відношенню середньої освітленості до хвімальної (звичайно ухвалюється 1.1-1.2, нехай $Z = 1.1$);

K – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення визначається по таблиці коефіцієнтів запасу для різних приміщень і в нашому випадку $K = 1.5$);

n – коефіцієнт використання. Значення коефіцієнтів P_c і P_p визначимо по таблиці залежностей коефіцієнтів відбиття від характеру поверхні: $P_c=30\%$, $P_p=50\%$. Значення n визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників.

Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (5.2)$$

де S – площа приміщення, $S = 240 \text{ м}^2$;

h – розрахункова висота підвісу, $h = 8 \text{ м}$;

A – ширина приміщення, $A = 12 \text{ м}$;

U – довжина приміщення, $B = 20 \text{ м}$.

Підставивши значення, одержимо

$$I = \frac{240}{8 \cdot (12 + 20)} = 0,94$$

Знаючи індекс приміщення I, Рс і Рп, по таблиці знаходимо $n = 0.43$.

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 240 \cdot 1,1}{0,43} = 276279,1 \text{ Лм}$$

Для висвітлення вибираємо люхвесцентні лампи типу ЛБ40, світловий потік яких $F_{\text{л}} = 3000 \text{ Лм}$.

Розрахуємо необхідну кількість ламп по формулі

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}}, \quad (5.3)$$

де N – обумовлене число ламп;

F – світловий потік;

$F_{\text{л}}$ – світловий потік лампи.

$$N = \frac{276279,1}{3000} = 92 \text{ шт}$$

При виборі освітлювальних приладів використовуємо світильники типу ОДР. Кожний світильник комплектується двома лампами. Звідси загальна кількість світильників ухвалюємо 46. Розміщаються світильники у два ряди, по двадцять три штуки в кожному ряді.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В ході виконання даної роботи було здійснено детальний аналіз та тестування трансмісії автомобіля Ford Transit. На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки.

1. Для забезпечення надійної експлуатації комерційних автомобілів необхідно розробити технологічний процес ремонту, орієнтований на комплексну діагностику та підвищення ресурсу найбільш навантажених агрегатів, таких як планетарні передачі та задні мости.

2. Розроблений технологічний процес ремонту трансмісій Ford Transit має бути заснований на прогностичному діагностуванні, що інтегрує електронний аналіз параметрів, віброакустичні методи та спектральний аналіз оливи, що забезпечує точність дефектації та мінімізує повторні ремонти.

3. Для забезпечення високої якості та безпеки робіт, спроектоване пристосування для закріплення трансмісії на ремонтному стенді повинно мати силовий механізм з розрахунковою силою затиску не менше 5000 Н. Це гарантує надійну фіксацію агрегату під час розбирання та збирання, запобігаючи травматизму та пошкодженню деталей.

4. Дослідження підтвердило, що найефективнішим методом контролю якості ремонту карданної передачі є балансування на спеціалізованому стенді, яке усуває вібрації та продовжує термін служби трансмісійних вузлів. Аналіз багатоступінчастих та гібридних трансмісій вказує на необхідність постійного оновлення діагностичного програмного забезпечення та обладнання.

5. Для забезпечення безпеки праці на ділянці ремонту трансмісій необхідно суворо дотримуватися вимог щодо забезпечення, контролю рівня шуму та організації безпечного поводження з небезпечними відходами з їх подальшою ліцензованою утилізацією.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Міронов Д.В., Тесля В.О. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт галузі знань 27 Транспорт. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. Gypka, A., Aulin, V., Mironov, D., Leshchuk, R., Yarema, I., Bukhovets, V., & Teslia, V. (2024). Structural and energetic self-organization of antifriction composite materials of car parts during friction and wear. *Problems of Tribology*, 29(2/112), 67–73.
3. Левкович М.Г. , Пиндус Ю.І. , Тесля В.О. , Босюк П.В. Конспект лекцій з дисципліни «Автомобілі. аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для студентів всіх форм навчання за напрямком підготовки «Автомобільний транспорт» / М.Г. Левкович, Ю.І. Пиндус, В.О. Тесля, П.В. Босюк Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2016. – 242 с.
4. Способи підвищення показників дизелів тракторів і автомобілів в умовах рядової експлуатації / А. М. Пугач, В. В. Аулін, В. І. Мельниченко [та ін.] // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - Вип. 8(39). - Ч. 2. - С. 125-133.
5. Lyasuk , OL; Gypka , AB; Tesla , VO Operational methods of increasing the wear resistance of friction pairs of a car . Innovative technologies of development and efficiency of motor transport operation : International scientific and practical Internet conference , Central Ukrainian National Technical University Kropivnitsky , Collection of scientific materials (November , 14-15), Ukraine : Kropivnitsky , 2018, pp . 212-217.
6. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. - Київ: Знання-Прес, 2007. - 527с.

7. Тесля В.О., Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. Конспект лекцій з дисципліни “Діагностика автомобілів” для студентів спеціальності 274 “Автомобільний транспорт” усіх форм навчання / Тесля В.О., Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 296 с.
8. Тесля В.О., Слободян Л.М., Сіправська М.Д. Методичні вказівки для лабораторних робіт з дисципліни “Діагностика автомобілів” для студентів спеціальності 274 “Автомобільний транспорт” усіх форм навчання / Тесля В.О., Слободян Л.М., Сіправська М.Д. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 140 с.
9. Теоретико-методичні засади підвищення ефективності використання парку машин в регіональних транспортних системах та підприємствах на основі лізингових відносин / В. В. Аулін, О. Л. Ляшук, А. В. Гриньків [та ін.] // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - Вип. 7(38). - Ч. 2. - С. 165-180.
10. Абрамов Д.В., Тесля В.О. Визначення доцільності проведення позапланового технічного обслуговування автомобілів за критерієм витрат на паливо в експлуатації / Вісник Національного транспортного університету науково-технічний збірник. – Київ: НТУ, – Випуск 25. – 2012. – С. 286-290.
11. Структурний синтез кузова напівпричепа вантажного автомобіля з техніко-економічним обґрунтуванням / Ів. Б. Гевко, Р. М. Рогатинський, О. Л. Ляшук [та ін.] // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – Вип. 5 (36). – Ч. 2. – С. 186–194.
12. Ляшук, О.Л., Гупка, А.Б., Тесля, В.О. Експлуатаційні методи підвищення зносостійкості пар тертя автомобіля / Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту : Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 14-15 листоп. 2018 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2018. - С. 212-217.

13. Пулька Ч.В., Кузнецов В.Д., Д.В. Степанов, В.С. Сенчишин Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Наплавлення та напилення» / Ч.В. Пулька, В.Д. Кузнецов, Д.В. Степанов, В.С. Сенчишин. – Тернопіль.: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. – 59 с.
14. Dzyura, V., Maruschak, P., Bytsa, R., Komar, R., Teslia, V., & Menou, A. (2025). Failure Analysis of ICE Cylinder Units and Technology for Their Elimination. Eng, 6(7), 152.
15. Абрамов, Д.В. Вплив показників якості палива та технічний стан автомобіля під час руху [Текст] / Д.В. Абрамов, В.О. Тесля, А.Б. Гупка, М.Д. Сіправська // Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. – 2023. – Т. 8, № 39, ч. II. – С. 169–175.
16. Способи підвищення показників дизелів тракторів і автомобілів в умовах рядової експлуатації / А. М. Пугач, В. В. Аулін, В. І. Мельниченко [та ін.] // Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - Вип. 8(39). - Ч. 2. - С. 125-133.
17. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С. Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 156 с.
18. Стручок В.С. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.