

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ  
УНІВЕРСИТЕТ


Автомобільний факультет

Кафедра інжинірингу систем автомобільного транспорту  
ім. М.Я. Говорущенко

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
магістра

Дослідження зміни фізико-хімічних показників якості трансмісійної оливи  
при експлуатації автомобіля Volkswagen

Завідувач кафедрою, проф., д.т.н.

 Володимир ВОЛКОВ

Нормо контролер, доц., к.т.н.

 Ігор МАРМУТ

Керівник, доц., к.т.н.

 Михайло НАГЛЮК

Студент гр. А-62-24

 Денис КОСТИЛЄВ

Харків, 2025

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Автомобільний

Кафедра Інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. М.Я. Говорущенко

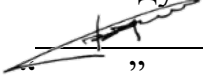
Освітній рівень Магістр

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

Освітня програма Автомобільний транспорт

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

 проф. Волков В.П.  
” \_\_\_\_\_ 2025р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Костилену Денису Олександровичу

1. Тема роботи: Дослідження зміни фізико-хімічних показників якості трансмісійної оливи при експлуатації автомобіля Volkswagen

Затверджена наказом по університету від “08” жовтня 2025 р. № 155

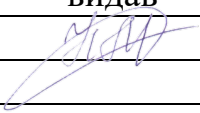
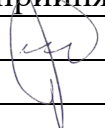
2. Термін здачі студентом закінченої роботи 16 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту Законодавчі і нормативні документи, літературні джерела та інтернет-ресурси за темою роботи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) Вступ. Обґрунтування роботи. Фірми виробники трансмісійних олив. Аналіз бракувальних показників олив. Експериментальне дослідження. Безпека життєдіяльності і охорона праці. Техніко-економічна оцінка. Висновки.


5. Перелік графічного матеріалу Обґрунтування роботи. Фірми виробники трансмісійних олив. Аналіз бракувальних показників олив. Експериментальне дослідження. Експериментальне обладнання. Результати експерименту. Висновки.

6. Консультації по проекту, із зазначенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Всі розділи	доц. Наглюк М.І.		


7. Дата видачі завдання 03.09.2025

Керівник  \_\_\_\_\_  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання  \_\_\_\_\_  
(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	10.09.25	Викононо
2	Обґрунтування роботи	20.09.25	Викононо
3	Фірми виробники трансмісійних олив	30.09.25	Викононо
4	Аналіз бракувальних показників олив	15.10.25	Викононо
5	Експериментальне дослідження	30.10.25	Викононо
6	Безпека життєдіяльності й охорона праці	15.11.25	Викононо
7	Техніко-економічна оцінка	30.11.25	Викононо
8	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	16.12.25	Викононо

Студент-дипломник  \_\_\_\_\_ Костилєв Д.О.  
(підпис)

Керівник доц.  \_\_\_\_\_ Наглюк М.І.  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРМ: 79 сторінок, 4 рисунків, 13 таблиць, 39 джерел, 1 додаток.

ЯКІСТЬ ОЛИВИ, ТРАНСМІСІЙНА ОЛИВА, БРАКУВАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ, ЕКСПЕРИМЕНТ, АГРИГАТ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, АВТОМОБІЛЬ

Об'єкт дослідження – процеси змінювання фізико-хімічних властивостей трансмісійних олив автомобілів.

Мета роботи – оцінка властивостей трансмісійних олив, що дозволяє підвищити ефективність використання автомобілів за рахунок раціонального використання ресурсу трансмісійних олив.

Методи дослідження – експериментальні методи із застосуванням сучасних методик, встановлених у ДСТУ. Обробка отриманих результатів проводилася із використанням методів математичної статистики.

В кваліфікаційній роботі магістра виконанні аналіз фірм виробників, марок трансмісійних олив та існуючих бракувальних показників олив, що працювали. Отримані результати концентрації продуктів зношування, лужного та кислотного числа, температури спалаху та кінематичної в'язкості трансмісійної оливи SAE 75W-90 при експлуатації автомобіля Volkswagen.

## ABSTRACT

Thesis: 79 pages, 4 figures, 13 tables, 1 appendices, 39 sources.

OIL QUALITY, TRANSMISSION OIL, DEFECTIVE INDICATORS,  
EXPERIMENT, UNIT, OPERATION, CAR

The object of study – the processes of changing the physicochemical properties of automobile transmission oils.

The purpose of the work is to assess the properties of transmission oils, which allows to increase the efficiency of automobile use due to the rational use of the resource of transmission oils.

Research methods – experimental methods using modern techniques established in GOST and DSTU. Processing of the obtained results was carried out using the methods of mathematical statistics.

In the master's qualification work, an analysis of manufacturing companies, brands of transmission oils and existing defective indicators of oils in operation was performed. The results obtained were the concentration of wear products, alkaline and acid numbers, flash point and kinematic viscosity of SAE 75W-90 transmission oil during operation of a Volkswagen car.

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Обґрунтування роботи.....	9
1.1 Роль трансмісійної оливи при використанні в агрегатах.....	9
1.2 Особливості експлуатації автомобілів Volkswagen.....	9
1.3 Проблема старіння та деградації оливо.....	10
2 Фірми виробники трансмісійних оливо.....	11
2.1 Світові виробники оливо.....	12
2.2 Специфікації Volkswagen .....	27
2.3 Порівняння виробників оливо.....	27
3 Аналіз бракувальних показників оливо.....	30
3.1 В'язкісно-температурні властивості.....	32
3.2 Критерії бракування оливо.....	33
3.3 Фізико-хімічні властивості.....	36
3.4. Продукти зношування.....	36
3.5. Стабільність до окислення та піноутворення.....	37
3.6 Методи контролю якості.....	37
3.7 Аналіз бракувальних показників трансмісійних оливо.....	38
4 Експериментальні дослідження .....	43
5 Безпека життєдіяльності і охорона праці .....	53
6 Техніко-економічна оцінка.....	60
Висновки.....	63
Перелік посилань.....	65
Додаток А. Ілюстративний матеріал .....	68

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасні автомобілі характеризуються високими навантаженнями на вузли трансмісії, що обумовлює підвищені вимоги до мастильних матеріалів. Трансмісійна олива виконує функцію зменшення тертя, відведення тепла, захисту від корозії та продовження ресурсу агрегатів. Від якості та стабільності її фізико-хімічних властивостей залежить надійність роботи коробки передач і головної передачі автомобіля.

З плином часу в процесі експлуатації олива змінює свої властивості: втрачає в'язкість, накопичує продукти зносу, окислюється. Це може призводити до передчасного виходу з ладу деталей трансмісії, підвищення витрат на ремонт та зниження безпеки руху.

Автомобілі Volkswagen широко експлуатуються в Україні та світі, і для них виробник встановлює суворі вимоги до застосування мастильних матеріалів. Тому актуальним є дослідження змін показників якості трансмісійних оливок при реальній експлуатації та розробка рекомендацій щодо своєчасної їх заміни.

**Зв'язок роботи з науковими планами і темами.** Наукова робота пов'язана з тематикою досліджень кафедри інженерінгу систем автомобільного транспорту. Спрямована на наукову систематизацію й узагальнення основних закономірностей змінення технічного стану транспортних засобів та якості застосовуваних експлуатаційних матеріалів під час експлуатації в різних умовах.

**Мета і завдання роботи.** Мета роботи - оцінка властивостей трансмісійних оливок, що дозволяє підвищити ефективність використання автомобілів Volkswagen за рахунок раціонального використання ресурсу трансмісійних оливок.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасний ринок виробників трансмісійних оливок.
2. Розглянути основні бракувальні показники оливок.
3. Провести експериментальне дослідження змін властивостей оливи у процесі експлуатації.

4. Визначити граничні концентрації продуктів зношування та критичні показники.

**Об'єкт дослідження** – процеси змінювання фізико-хімічних властивостей трансмісійної оливи при експлуатації автомобілів.

**Предмет дослідження** – зміна фізико-хімічних показників якості трансмісійної оливи при експлуатації автомобіля Volkswagen.

**Методи дослідження.** У процесі вивчення стану питання за темою кваліфікаційної роботи застосовувався метод аналізу. При проведенні лабораторних і експлуатаційних досліджень - експериментальні методи із застосуванням сучасних методик, встановлених у ДСТУ. Отримані результати оброблялись із використанням методів математичної статистики.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у методі оцінки фізико-хімічних властивостей трансмісійної оливи під час експлуатації автомобіля Volkswagen.

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропонований підхід під час експлуатації автомобілів у заданих умовах дозволяє:

- робити вибір трансмісійної оливи з урахуванням фізико-хімічних властивостей для конкретних умов експлуатації автомобілів;

- вчасно встановлювати граничні значення показників якості оливи та знижувати кількість раптових відмов через застосування низькоякісних олив під час експлуатації;

- виконувати заміну трансмісійних олив за фактичним станом з урахуванням індивідуальних особливостей конкретного автомобіля й умов експлуатації.

## 1 ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

### 1.1 Роль трансмісійної оливи при використанні в агрегатах

Трансмісійні оливи забезпечують нормальну роботу механічних і автоматичних коробок передач, редукторів та головних передач автомобіля.

Основними функціями є:

- зменшення тертя між деталями;
- відведення тепла;
- зниження шуму і вібрацій;
- захист від корозії та окислення;
- видалення продуктів зношування з поверхні тертя.

Без якісної оливи деталі трансмісії швидко зношуються, а вузли втрачають працездатність.

### 1.2 Особливості експлуатації автомобілів Volkswagen

Volkswagen застосовує різні типи трансмісій:

- механічні коробки передач (МКПП);
- автоматичні гідромеханічні трансмісії (АКПП);
- роботизовані коробки DSG із подвійним зчепленням.

Для кожного типу трансмісії передбачені окремі стандарти мастильних матеріалів (наприклад, VW 501.50, VW 505.50, G052 182 A2). Це пояснюється різними умовами роботи:

- у DSG олива працює одночасно як трансмісійна та робоча рідина гідроприводів;
- у МКПП важливим є збереження в'язкості та протизадирних властивостей;
- у АКПП мастило повинне мати стабільність при високих температурах і низьку пінність.

### 1.3 Проблема старіння та деградації олив

При тривалій експлуатації олива піддається:

- термічному розкладанню;
- окисленню;
- накопиченню продуктів зносу (залізо, мідь, алюміній);
- зростанню кислотності.

Ці зміни знижують мастильну здатність і можуть призвести до аварійної поломки.

Тривалий ресурс автомобільної трансмісії можливий лише за умови правильного підбору мастильного матеріалу. Критичними факторами є:

- відповідність оливи стандартам API, SAE, ACEA, VW;
- стійкість до високих температур і тисків;
- наявність пакету присадок (протиокислювальних, протизносних, протикорозійних);
- стабільність в'язкісно-температурних властивостей.

Дослідження змін цих характеристик в експлуатації дозволяє прогнозувати терміни заміни оливи й попереджати поломки трансмісії.

## 2 ФІРМИ ВИРОБНИКИ ТРАНСМІСІЙНИХ ОЛИВ

Трансмiсiйнi оливи застосовуються для оливи високонавантажених вузлiв автомобiлiв, щоб забезпечити iхню стабiльну роботу протягом тривалого часу. Iхня заміна проводиться через кожнi 60-150 тисяч км пробiгу або через 3-7 рокiв, якщо транспорт використовується нечасто. Щоб трансмiсiйна олива повною мiрою виконувала свої функцiї, вона повинна вiдповiдати особливостям експлуатацiї автомобiля та конструкцiї коробки передач (КПП). Для пiдбору оптимального оливи необхідно знати, до якої категорiї продукцiї вона належить за iснуючими стандартами.

Трансмiсiйнi оливи є критично важливими для довговiчностi й ефективностi вузлiв передачi руху в автомобiлях, промисловiй технiцi та спец-машинах. Вони забезпечують:

- зниження тертя мiж шестернями та пiдшипниками;
- вiдведення тепла, що виникає в процесi роботи коробки передач;
- захист вiд корозii та утворення вiдкладень;
- плавне та точне перемикування передач у механiчних i автоматичних трансмiсiях.

- захист металевих поверхонь вiд зносу та задирiв
- нейтралiзацiя кислот, що утворюються в процесi експлуатацiї
- герметизацiя з'єднань та запобiгання витoku
- змивання та утримування у зваженому станi продуктiв зносу

Трансмiсiйнi оливи повиннi витримувати екстремальний тиск, що виникає в точках контакту шестерень, якi можуть досягати 1000-2000 МПа. Для порiвняння, це багаторазово перевищує тиск у цилiндрах двигуна. Крім того, вони працюють у широкому дiапазонi температур: вiд  $-40^{\circ}\text{C}$  при запуску в зимових умовах до  $+150^{\circ}\text{C}$  та вище за iнтенсивної експлуатацiї.

Кожен механiчний рухомий елемент автомобiля вимагає оливи. У деяких елементах, що мають малу швидкiсть руху або незначну вiдстань змiщення, достатньо закладеного на заводi консистентного оливи або навіть використання вiдповiдних матерiалiв з дуже низькими фрикцiйними властивостями. Але

основні механічні вузли вимагають використання особливих рідких мастильних матеріалів та періодичної їх заміни.

До таких вузлів належать, насамперед вузли, що працюють на високих та змінних швидкостях та навантаженнях: двигун та трансмісія автомобіля: коробки передач, роздавальні коробки, редуктори, диференціали, мехатроніки тощо.

Кожен елемент трансмісії вимагає застосування певних специфічних олив, що відповідають параметрам роботи окремого вузла та забезпечують необхідний рівень властивостей. Ці оливи загалом називають трансмісійну оливу. Олива трансмісійна істотно відрізняється за своїми властивостями від моторних олив, адже умови роботи деталей трансмісії є принципово іншими. Олива для автоматичної коробки передач (або олива для коробки-автомат) дуже відрізняється від оливи для механічної коробки. Більш того, стандарти оливи для АКПП висувають різні вимоги до рівня властивостей для різних «автоматів».

Окрему групу складають сучасні трансмісійні оливи, у яких протизадирні присадки для гіпоїдних передач виготовлені з нових матеріалів, які не агресивні для кольорових металів синхронізаторів механічних коробок передач. Такі присадки мають більш високу собівартість, відповідно на трансмісійне олива ціна дещо вища, проте споживач отримує перевагу в універсальності продукту. Таким оливам є олива Total 75W-90 – Traxium Dual 9 FE SAE 75W-90 або DynaPower Gear Synth 75W-90. Якщо купити оливу 75W-90 з присадками такої технології, то можна обійтися одним продуктом для кількох агрегатів та багатьох авто, що зручно для власників автопарків. Це буде і олива в коробку передач 75W-90, і гіпоїдна олива для редуктора моста.

## 2.1 Світові виробники олив

### Castrol (Велика Британія).

Компанія є офіційним партнером Volkswagen і розробляє оливи відповідно до специфікацій концерну. Популярні продукти: Castrol Syntrax Long Life 75W-90, Castrol Transmax Dual для DSG. Відрізняються високою термостабільністю та збалансованим пакетом присадок.



Рисунок 2.1 – Марки олив Castrol

Компанія Castrol була заснована у 1899 році в Англії Чарльзом Чіаром як частина компанії *CC Wakefield & Company*. Назва “Castrol” походить від слова *castor oil* (касторове олива), яке використовувалося в перших моторних оливах. Сьогодні Castrol є дочірньою компанією корпорації BP (British Petroleum) і постачає мастильні матеріали для легкових автомобілів, вантажного транспорту, авіації, суден і промислового обладнання.

Компанія пропонує широкий вибір олив для механічних і автоматичних коробок передач. Найпопулярніші серії:

- Castrol Transmax Manual — оливи для механічних коробок передач, забезпечують плавне перемикання передач і захист від зносу.
- Castrol Transmax ATF — рідини для автоматичних коробок передач, розроблені відповідно до вимог виробників авто.
- Castrol Syntrax — синтетичні трансмісійні оливи для диференціалів і гіпоїдних передач, відзначаються високою термостійкістю.
- Castrol Axle EPX — мінеральні оливи для мостів і редукторів з важкими умовами роботи.

Основні переваги олив Castrol:

- висока термоокиснювальна стабільність;
- ефективний захист від зносу та корозії;
- відмінна плинність при низьких температурах;
- подовжений термін служби деталей трансмісії;

- сумісність із ущільнювальними матеріалами.

Завдяки використанню сучасних присадок і синтетичних базових олив, продукція Castrol відповідає міжнародним стандартам SAE, API, ACEA і схвалена багатьма автовиробниками, такими як Volkswagen, BMW, Mercedes-Benz, Ford, Volvo тощо.

Castrol приділяє велику увагу екологічності своїх продуктів, зменшуючи викиди шкідливих речовин під час виробництва. Також компанія розробляє енергоефективні оливи, які сприяють зниженню витрати палива і продовженню терміну служби техніки.

Трансмісійні оливи Castrol є прикладом поєднання високих технологій, надійності та інновацій у сфері автомобільного сервісу. Їхнє використання забезпечує ефективну роботу трансмісії, зменшує витрати на ремонт і сприяє економії палива.

Завдяки стабільній якості та відповідності міжнародним стандартам, Castrol залишається одним із провідних брендів у світі мастильних матеріалів.

#### Mobil(США,ExxonMobil).

Один із лідерів ринку мастильних матеріалів. В асортименті – Mobilube 1 SHC 75W-90, Mobil ATF 3309, які схвалені для використання у трансмісіях VW. Компанія Mobil бере початок у 1911 році, коли була створена *Standard Oil Company of New York (Socony)*. Згодом бренд об'єднався з *Vacuum Oil Company* і отримав назву Mobil Oil Corporation. Сьогодні бренд Mobil належить міжнародному енергетичному гіганту ExxonMobil — одному з найбільших виробників мастильних матеріалів у світі.

Продукція Mobil використовується не лише в автомобілях, а й у промисловості, авіації та судноплаванні.

Компанія випускає широкий спектр мастил для різних типів трансмісій. Найвідоміші серії:

- Mobilube HD — мінеральні оливи для механічних коробок передач вантажних автомобілів і спецтехніки;



Рисунок 2.2 – Марки оливи Mobil

- Mobil Delvac 1 Gear Oil — повністю синтетичні оливи з підвищеною термостійкістю та захистом при високих навантаженнях;
- Mobil ATF — серія рідин для автоматичних коробок передач, сумісна з багатьма стандартами автовиробників (Dexron, Mercon тощо);
- Mobil SHC Gear — високотехнологічні синтетичні оливи для гіпоїдних передач, що забезпечують стабільність при екстремальних температурах;
- Mobilube GX-A 80W-90 — популярна трансмісійна олива для легкових і комерційних авто, відповідає стандарту API GL-4.

Основні технічні та експлуатаційні переваги:

- високий рівень захисту від зносу навіть при великих навантаженнях;
- стабільна робота в широкому діапазоні температур;
- захист від корозії, піноутворення та окиснення;
- зниження енергетичних втрат і підвищення ефективності трансмісії;
- тривалий термін служби оливи завдяки стабільним присадкам.

Оливи Mobil сертифіковані за міжнародними стандартами API, SAE, ACEA та схвалені багатьма автовиробниками — Volvo, MAN, Mercedes-Benz, Scania, Renault, ZF, Eaton.

ЕххонMobil активно впроваджує екологічні стандарти у виробництво оливи.

Синтетичні оливи Mobil SHC та Delvac 1 сприяють зменшенню тертя, що веде до зниження витрати палива і зменшення викидів CO<sub>2</sub>. Також компанія розробляє мастильні матеріали, придатні для подовжених інтервалів заміни, що скорочує обсяги відпрацьованої оливи.

Трансмісійні оливи Mobil є прикладом поєднання сучасних технологій, надійності та багаторічного досвіду.

Вони забезпечують бездоганну роботу трансмісії, продовжують строк служби механізмів і допомагають економити паливо.

Бренд Mobil по праву вважається одним із лідерів світового ринку мастильних матеріалів і залишається вибором багатьох автовиробників та професійних механіків у всьому світі.

#### Shell (Нідерланди).

Виробник спеціалізується на синтетичних оливах з високою стійкістю до окислення. Продукт Shell Spirax S5 ATE застосовується в автоматичних коробках передач.



Рисунок 2.3 – Марки олив Shell

Компанія Royal Dutch Shell — одна з найбільших енергетичних корпорацій світу, заснована в 1907 році в результаті об'єднання британської *Shell Transport*

and Trading Company та нідерландської *Royal Dutch Petroleum Company*. Сьогодні Shell Lubricants є світовим лідером у виробництві мастильних матеріалів, постачаючи продукцію для автомобільної, авіаційної, морської та промислової техніки у понад 100 країн світу.

Shell виробляє широкий вибір трансмісійних оливок для механічних і автоматичних коробок передач. Основні серії:

- Shell Spirax S — високоефективні оливи для механічних коробок і редукторів.
- Spirax S4 G 75W-90 — синтетична олива для легкових авто, забезпечує плавне перемикання передач.
- Spirax S6 AXME 75W-90 — синтетичне мастило з енергозберігаючими властивостями, схвалене виробниками MAN, Volvo, ZF, Scania.
- Shell Spirax ATE / ATF — рідини для автоматичних трансмісій, створені з урахуванням специфікацій Dexron і Mercon.
- Shell Donax (попередня назва) — традиційна серія мастил, яка згодом була замінена більш сучасними продуктами лінії Spirax.

Основні технічні переваги:

- Висока термічна та окиснювальна стабільність, що подовжує термін служби оливи;
- Надійний захист від зносу при високих навантаженнях;
- Оптимальна плинність при низьких температурах, що полегшує запуск автомобіля взимку;
- Зниження енергетичних втрат і поліпшення паливної економічності;
- Захист від корозії та піноутворення;
- Сумісність з матеріалами ущільнень і синхронізаторами коробок передач.

Shell активно використовує власну технологію Dynamic Protection Plus, яка підвищує стабільність масляної плівки й ефективність роботи оливи навіть при екстремальних умовах.

Shell приділяє значну увагу екологічній безпеці своєї продукції. Компанія впроваджує енергозберігаючі технології, використовує відновлювані

джерела енергії у виробництві мастил і створює біорозкладні оливи для спеціальної техніки.

Завдяки високій стабільності продуктів Shell можливо подовжити інтервал заміни оливи, що зменшує кількість відходів та вплив на довкілля.

Трансмісійні оливи Shell поєднують у собі передові технології, високу якість та екологічність. Їх використання забезпечує надійний захист трансмісії, стабільну роботу навіть у складних умовах та економію палива. Завдяки постійному розвитку і впровадженню нових технологій, Shell залишається одним із найвпливовіших брендів на світовому ринку мастильних матеріалів.

#### TotalEnergies (Франція).

Пропонує широкий спектр трансмісійних олив, зокрема Total Transmission Dual 9 FE 75W-90, що відповідає вимогам Volkswagen.



Рисунок 2.4 – Марки олив TotalEnergies

TotalEnergies — французька енергетична компанія, заснована у 1924 році. Сьогодні це один із найбільших світових виробників палива, мастильних матеріалів та енергоносіїв.

Під брендами Total і Elf компанія випускає широкий асортимент моторних і трансмісійних олив для легкових, вантажних та промислових транспортних засобів.

TotalEnergies активно співпрацює з автовиробниками, такими як Peugeot, Citroën, Renault, Volvo, MAN, Scania, постачаючи оливи, що повністю відповідають їхнім технічним вимогам.

Компанія розробила кілька лінійок трансмісійних мастил для різних типів техніки:

- Total Transmission Gear — мінеральні та напівсинтетичні оливи для механічних коробок передач і мостів. Наприклад, Total Transmission Gear 8 75W-80 забезпечує легке перемикування передач і високу стійкість до зношування.
- Total Transmission SYN FE 75W-90 — синтетична енергоефективна олива з низьким коефіцієнтом тертя, що знижує витрату палива.
- Total Fluide AT42, ATX, XLD FE — рідини для автоматичних коробок передач, сумісні зі стандартами Dexron та Mercon.
- Total EP (Extreme Pressure) — оливи для важконавантажених трансмісій вантажних автомобілів і спецтехніки.

Основні технічні та експлуатаційні переваги:

- висока термоокиснювальна стабільність — мастило зберігає свої властивості навіть при тривалих навантаженнях;
- зменшення зносу зубчастих передач і підшипників;
- відмінна плинність при низьких температурах, що забезпечує легкий холодний запуск;
- сумісність з ущільнювальними матеріалами;
- енергоощадність — завдяки технології *Fuel Economy*, оливи Total знижують споживання палива на 1–3%;
- довготривалий термін служби трансмісії та збільшений інтервал заміни оливи.

Компанія TotalEnergies приділяє значну увагу екологічності виробництва. Її оливи розробляються з урахуванням концепції Sustainability+, яка включає

зменшення викидів CO<sub>2</sub>, підвищення енергоефективності та переробку відпрацьованих олив.

Технології Fuel Economy і Synthetic Base Oils дозволяють скорочувати втрати енергії та забезпечувати стабільну роботу трансмісії навіть при екстремальних температурах.

Трансмісійні оливи TotalEnergies — це поєднання сучасних технологій, високої якості та турботи про навколишнє середовище. Вони забезпечують надійний захист деталей трансмісії, знижують тертя і втрати енергії, продовжують строк служби механізмів і зменшують витрату палива. Завдяки широкому асортименту та відповідності міжнародним стандартам, TotalEnergies заслужено займає провідне місце серед світових виробників мастильних матеріалів.

#### Liqui Moly (Німеччина).

Одна з найбільш відомих компаній у Європі. Її продукти (Liqui Moly Top Tec ATF 1800, Nupoid Gear Oil TDL) мають сертифікати VW і застосовуються для сучасних DSG.



Рисунок 2.5 – Марки олив Liqui Moly

Компанія Liqui Moly GmbH була заснована у 1957 році в місті Ульм (Німеччина). Її назва походить від літієвої присадки молібдену (MoS<sub>2</sub>), яку почали

використовувати для зменшення тертя та зносу в двигунах і трансмісіях. Сьогодні Liqui Moly є одним із найвідоміших виробників мастильних матеріалів, присадок, технічних рідин і автохімії у світі. Компанія експортує продукцію більш ніж у 150 країн і є офіційним постачальником для автоспорту, включаючи DTM, MotoGP та WorldSBK.

Liqui Moly пропонує широкий вибір мастил для механічних, автоматичних і роботизованих коробок передач. Основні серії:

- Liqui Moly Hypoid Gear Oil — мінеральні та напівсинтетичні оливи для гіпоїдних і конічних передач, забезпечують стабільну роботу при високих навантаженнях.

- Liqui Moly Gear Oil TDL 75W-90 — універсальна синтетична олива, сумісна з системами API GL-4 і GL-5, підходить для легкових і вантажних автомобілів.

- Liqui Moly Top Tec ATF — рідини для автоматичних коробок передач, що відповідають специфікаціям Dexron, Mercon, ZF Lifeguard.

- Liqui Moly GL5 LS SAE 75W-140 — синтетичне мастило для диференціалів з підвищеним тертям (LSD), гарантує стабільність при високих температурах.

- Liqui Moly Central Hydraulic System Oil — спеціальна рідина для гідропідсилювачів керма та трансмісій сучасних автомобілів.

Основні технічні переваги:

- висока термоокиснювальна стабільність — мастило не втрачає властивостей навіть при тривалих навантаженнях;

- зниження шуму та вібрацій трансмісії;

- захист від зносу та корозії навіть у вологому середовищі;

- стабільна в'язкість при екстремально низьких і високих температурах;

- подовжений інтервал заміни;

- технологія MoS<sub>2</sub> (дисульфід молібдену) — створює надміцну захисну плівку, яка зменшує тертя до мінімуму.

Liqui Moly також випускає додаткові присадки до трансмісійних оливок, які покращують змащувальні властивості, очищають систему та продовжують термін служби агрегатів.

Уся продукція Liqui Moly виготовляється виключно в Німеччині за принципом “Made in Germany”, що гарантує суворий контроль якості. Компанія активно впроваджує екологічно безпечні технології, зменшуючи кількість відходів і викидів під час виробництва. Синтетичні оливи мають менший опір тертю, що сприяє зниженню споживання палива та шкідливих викидів CO<sub>2</sub>.

Трансмісійні оливи Liqui Moly — це поєднання німецької якості, передових технологій і надійності. Вони забезпечують довговічну роботу трансмісії, зменшують тертя й витрати палива, захищають деталі від зносу навіть за екстремальних умов. Завдяки використанню високоякісних базових оливок і присадок, Liqui Moly заслужено вважається одним із лідерів на світовому ринку мастильних матеріалів.

#### Ravenol (Німеччина).

Вузькоспеціалізований виробник, що активно співпрацює з VW. Має оливи для DSG (Ravenol DCT/DSG Fluid) та механічних КПП.



Рисунок 2.6 – Марки оливок Ravenol

Компанія Ravensberger Schmierstoffvertrieb GmbH, відома під брендом Ravenol, була заснована у 1946 році в місті Вертер (Німеччина). Спочатку вона займалася виробництвом мастил для промисловості, а згодом — і для автомобільної галузі.

Сьогодні Ravenol є одним із провідних німецьких виробників моторних, трансмісійних і гідравлічних олив, присутній більш ніж у 90 країнах світу. Компанія активно співпрацює з автоспортом — її продукцію використовують у ралі, кільцевих гонках і змаганнях GT.

Ravenol пропонує широкий вибір мастил для різних типів трансмісій: механічних, автоматичних, роботизованих та варіаторних. Основні лінійки:

- Ravenol MTF (Manual Transmission Fluid) — синтетичні оливи для механічних коробок передач. Наприклад, *Ravenol MTF-2 SAE 75W-80* забезпечує плавне перемикання передач і захист синхронізаторів.
- Ravenol ATF (Automatic Transmission Fluid) — рідини для автоматичних коробок передач, створені відповідно до специфікацій Dexron, Mercon, ZF, MB, Toyota, Honda тощо.
- Ravenol DCT / DSG Fluid — спеціальні оливи для роботизованих коробок передач із подвійним зчепленням (Dual Clutch Transmission).
- Ravenol CVT Fluid — оливи для безступеневих варіаторів, що гарантують стабільну роботу ремінно-шківних і ланцюгових механізмів.
- Ravenol Gear Oil EPX / VSG / SLS — синтетичні оливи для редукторів, диференціалів і мостів, з високим захистом від екстремальних навантажень.

Оливи Ravenol мають ряд технічних переваг:

- висока термоокиснювальна стабільність — олива не втрачає властивостей навіть при перегріві;
- низька температура застигання, що забезпечує легкий запуск взимку;
- захист від зносу та корозії навіть при тривалому простої техніки;
- зменшення втрат енергії завдяки стабільній плівці змащення;
- сумісність із ущільнювальними матеріалами;
- подовжений інтервал заміни, що знижує витрати на обслуговування.

У виробництві застосовується технологія CleanSynto®, яка гарантує максимальну чистоту оливи та стабільну роботу трансмісії в екстремальних умовах.

Вся продукція Ravenol виробляється в Німеччині відповідно до міжнародних стандартів ISO 9001, ISO 14001 та ISO/TS 16949. Компанія дотримується принципу “Made in Germany”, що гарантує контроль на всіх етапах виробництва — від вибору базових олив до упаковки. Ravenol постійно вдосконалює технології, знижуючи вплив виробництва на довкілля, а синтетичні оливи сприяють зменшенню витрати палива і викидів CO<sub>2</sub>.

Трансмісійні оливи Ravenol — це поєднання німецької точності, інновацій та стабільної якості. Вони забезпечують ефективну роботу трансмісії, мінімальний знос деталей і тривалий термін служби агрегатів навіть у найважчих умовах експлуатації. Завдяки широкому асортименту та відповідності міжнародним стандартам, Ravenol заслужено входить до числа провідних виробників мастильних матеріалів у світі. В таблиці 2.1 наведені основні виробники трансмісійних олив.

Таблиця 2.1 – Основні світові виробники

Компанія	Країна	Рік заснування	Ключові бренди	Особливості
Shell	Нідерланди/ВБ	1907	Spirax, Donax	Інтегровані R&D-центри; широкий асортимент
ExxonMobil (Mobil)	США	1999	Mobilube, Mobil ATF	Лідер в API GL-5; передові пакети присадок
Castrol	Великобританія	1899	Syntrans, ATF Multivehicle	Піонер синтетичних технологій

Продовження таблиці 2.1

Valvoline	США	1866	Manual, ATF	Фокус на спортивних та високонавантажених оливах
Total Energies	Франція	1924	Transmission, Fluide	Еко-серія; тісна співпраця з європейськими автовиробниками
Liqui Moly	Німеччина	1957	LM Gear, LM ATF	Технологія MoS <sub>2</sub> ; суворий контроль якості
Ravenol	Німеччина	2003	MT-, ATF- лійки	Вузька спеціалізація; високочисті базові оливи
Motul	Франція	1853	Motylgear, Multi ATF	Орієнтація на автоспорт; інноваційні фрикційні добавки
Fuchs	Німеччина	1931	Titan, Renolin	Власне виробництво базових олив; стабільна якість
Chevron	США	1879	Gear Oil, Delo ATF	Спеціалізовані рішення для вантажівок і спецтехніки

Найбільш дешевий у виробництві клас трансмісійних олив, що випускаються на основі продуктів нафтоперегонки. Вони оптимальні для

обслуговування невимогливої та застарілої техніки, особливо в низькооборотних трансмісіях.

Порівняно високий вміст сірки у вихідній сировині не ускладнює технічний цикл виробництва оливи, оскільки сполуки сірки є одними з найпоширеніших присадок протизадирних для механічних трансмісій. Однак мінеральна база не відрізняється сталістю в'язкості і може застосовуватися всесезонно лише за умови введення специфічного пакету присадок, що стабілізують в'язкість найбільш можливому діапазоні температур.

Базові оливи на основі естерів або поліальфаолефінів, а також отримані методом гідрокрекінгу нафти мають найбільш стабільну якість і дозволяють створювати продукцію з високим ресурсом: пакет присадок, що неминуче старіють і руйнуються в процесі експлуатації, потрібно вводити в меншому обсязі. Основні властивості оливи можна «запрограмувати» у складі самої бази, завдяки чому синтетичні трансмісійні оливи за сукупністю експлуатаційних властивостей вважають найкращими.

Але більшість переваг синтетичних трансмісійних олив розкриваються тільки у вимогливих вузлах, що експлуатуються при високих навантаженнях або в екстремальних умовах. Тому синтетичні оливи, що є найдорожчими, не завжди доцільно використовувати, а їхня заливка в агрегати, розраховані на мінеральні варіанти, не дає відчутного зростання ресурсу.

У будь-якого оливи в'язкість неминуче змінюється при зміні температури, тому для всесезонних олив прийнято вимірювати її в двох точках, що умовно імітують роботу взимку без прогріву і влітку на робочих навантаженнях.

В основний застосовуваної зараз класифікації SAE в'язкість заміряється при  $-30$  і при  $100^{\circ}\text{C}$ , маркується умовними класами (від 70W до 85W для низькотемпературної в'язкості та від 80 до 250 для високотемпературної). У оливі сезонного застосування в'язкість вказується лише за однієї температури, що дозволяє легко відрізнити літнє (наприклад, SAE 80) від зимового (SAE 85W).

Індекс низькотемпературної в'язкості дозволяє досить точно передбачити температуру застигання та підібрати трансмісійну оливу під специфіку клімату.

Сучасні мінеральні оливи SINTEC мають достатню якість, щоб успішно застосовуватись у трансмісіях з відповідними вимогами до умов змащення.

Тенденції розвитку ринку:

1. Ріст попиту на повністю синтетичні оливи: краща термостабільність, зниження в'язкості при низьких температурах.
2. Екологічні формули: біорозкладні присадки, зменшення вмісту сірки та фосфору.
3. Універсальні рідини Multi-Vehicle: одна ATF для широкого спектра автомобілів, економія логістики.
4. Цифрові технології й «розумні» упаковки: NFC-мітки для перевірки автентичності; QR-коди з даними про продукт.
5. Посилені OEM-допуски: прямі контракти з автовиробниками, кастомізовані рецептури під конкретні моделі.

## 2.2 Специфікації Volkswagen

Концерн VW для кожного вузла трансмісії затверджує власні специфікації:

- VW G052 171 A2 – для механічних коробок передач;
- VW G055 025 A2 – для автоматичних КПП;
- VW G052 182 A2 – для роботизованих DSG.

Використання оливо, які не відповідають цим вимогам, може призвести до:

- шумів у роботі коробки;
- підвищеного зносу шестерень;
- перегріву та відмови трансмісії.

## 2.3 Порівняння виробників оливо

Volkswagen має власні внутрішні стандарти VW TL 521 71, VW G 052 / G 055 тощо, і використовує як оригінальні оливи (VW Genuine Oil), так і схвалені

бренди-партнери. В таблиці 2.2 зроблено порівняння виробників трансмісійних оливок для автомобіля Volkswagen.

Таблиця 2.2 – Порівняння виробників оливок для Volkswagen

Виробник	Приклад продукту	Тип КПП	Особливості	Схвалення Volkswagen
Castrol	Syntrax Long Life 75W-90	МКПП	Довгий інтервал заміни	Так
Shell	Spirax S5 ATE	АКПП	Синтетична, низька пінність	Так
Liqui Moly	Top Tec ATF 1800	DSG	Збалансовані присадки	Так
Ravenol	DCT/DSG Fluid	DSG	Спеціально для VW DSG	Так
Азмол	TM-5 80W-90	МКПП	Доступна ціна	Частково
KremenOil	Gear Oil GL-4	МКПП	Базовий рівень	Ні
Mobil	Mobilube 1 SHC 75W-90	МКПП	Висока термостійкість	Так

Правильний вибір виробника трансмісійної оливи забезпечує довготривалу роботу коробки передач, зменшує експлуатаційні витрати та ризики поломок. Серед світових лідерів — Shell, Mobil, Castrol та Valvoline, які володіють найпотужнішими лабораторіями та широкими продуктовими лініями. В

Україні найбільш помітні — LUKOIL і SINTEC, що пропонують доступні рішення з урахуванням регіональних реалій. Головні напрямки розвитку ринку — синтетика найвищого класу, екологічність та інтеграція цифрових технологій.

Таким чином, на ринку представлені як світові, так і локальні виробники, але для автомобілів Volkswagen найбільш рекомендованими є Castrol, Ravenol, Liqui Moly, Mobil та Shell, оскільки вони мають офіційні схвалення концерну.

### 3 АНАЛІЗ БРАКУВАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ОЛИВ

Автомобільна техніка сучасного покоління характеризується високим рівнем навантаження на трансмісійні вузли, що вимагає застосування високоякісних мастильних матеріалів. Одним із найважливіших елементів, який забезпечує ефективну, надійну і довговічну роботу трансмісії, є трансмісійна олива.

Трансмісійна олива виконує низку ключових функцій — зменшення тертя між зубчастими передачами, відведення тепла, запобігання зносу та корозії деталей, а також забезпечення плавності та безшумності роботи механізмів.

Однак у процесі експлуатації оливи зазнають фізико-хімічних змін: окиснення, забруднення продуктами зносу, втрати присадок, підвищення кислотності тощо. Ці процеси призводять до погіршення експлуатаційних властивостей і, зрештою, до бракування мастильного матеріалу.

Аналіз бракувальних показників трансмісійних олив дає змогу оцінити ступінь деградації оливи, визначити оптимальні терміни його заміни та попередити передчасний знос агрегатів трансмісії.

Актуальність теми полягає в тому, що своєчасне виявлення бракувальних показників дозволяє не лише продовжити строк служби вузлів автомобіля, а й знизити витрати на ремонт і технічне обслуговування.

Трансмісійні оливи відіграють ключову роль у забезпеченні надійної та довговічної роботи трансмісії автомобіля. Недостатня або надмірна мастильна здатність, зміна властивостей чи забруднення призводять до підвищеного зносу, корозії деталей, шуму, перегрівання та, врешті-решт, до поломок. У сучасних умовах експлуатації авто із великими навантаженнями й температурами, особливо в містах із інтенсивним рухом, контроль якості трансмісійних олив є питанням як безпеки, так і економічної доцільності.

Бракувальними показниками трансмісійних олив є, зокрема, неправильний рівень (занадто низький або занадто високий) та порушення в'язкості за

класифікацією SAE або класу якості API GL, що призводить до неефективного змащення, перегріву, підвищеного зносу, а в автоматичних коробках передач – до некоректної роботи. В оливі також можуть бути неприпустимі домішки, які знижують її захисні властивості.

Аналіз бракувальних показників олив передбачає виявлення причин та наслідків відхилень параметрів оливи від стандартних вимог, що може включати аналіз в'язкості, складу, наявності забруднень або інших показників, що впливають на продуктивність та довговічність двигунів.

Важливість аналізу бракувальних показників:

- Безпека експлуатації: нестабільна в'язкість чи підвищена кислотність призводять до підвищеного тертя та корозії.
- Економічна ефективність (своєчасна заміна оливи на підставі об'єктивних даних знижує витрати на ремонт і простий техніки).
- Екологічний аспект (відхилення, що сприяють надмірному споживанню палива, збільшують викиди шкідливих речовин).
- Контроль якості виробництва (дозволяє виявити відхилення на стадії випуску оливи та підвищити рівень довіри кінцевого споживача).

Бракувальні показники олив – це відхилення певних фізико-хімічних властивостей оливи (наприклад, в'язкості, хімічного складу, рівня забруднень) від значень, встановлених стандартами якості (наприклад, класифікацією SAE).

Трансмісійні оливи працюють у важких умовах — при високих тисках у зоні контакту зубців, під дією значних механічних навантажень і перепадів температур. Тому вони повинні мати певні властивості:

- достатню в'язкість для утворення міцної мастильної плівки;
- термоокиснювальну стабільність, що запобігає старінню оливи;
- антикорозійні властивості;
- протизадирні та протизносні властивості;
- сумісність з матеріалами ущільнень;
- стабільність характеристик у широкому діапазоні температур.

Таблиця 3.1 – Основні показники якості трансмісійних олив

№	Показник	Одиниця виміру	Характеристика
1	Кінематична в'язкість при 100 °С	мм <sup>2</sup> /с	Визначає плинність і здатність утворювати мастильну плівку
2	Індекс в'язкості	–	Характеризує зміну в'язкості залежно від температури
3	Температура спалаху	°С	Визначає стійкість оливи до перегріву
4	Температура застигання	°С	Мінімальна температура, при якій олива зберігає текучість
5	Кислотне число	мг КОН/г	Показник окиснення і наявності кислотних продуктів
6	Масова частка механічних домішок	%	Визначає ступінь забруднення оливи
7	Вміст води	%	Погіршує мастильні властивості, сприяє корозії
8	Колір і запах	–	Суб'єктивні, але важливі ознаки старіння

### 3.1 В'язкісно-температурні властивості

В'язкість є головним параметром, що визначає здатність оливи утворювати мастильну плівку між деталями.

- Висока в'язкість → забезпечує добрий захист від зношування, але може призвести до збільшення втрат на тертя.
- Низька в'язкість → зменшує опір руху, але знижує міцність мастильної плівки.

Для трансмісійних олив застосовується класифікація SAE J306. Наприклад:

- 75W-90 – універсальна синтетична олива для цілорічного використання;
- 80W-90 – традиційна мінеральна олива з добрим захистом улітку;
- 75W-140 – для важких умов експлуатації.

### 3.2 Критерії бракування олив

Олива вважається такою, що підлягає бракуванню, якщо хоча б один із показників перевищує гранично допустимі значення, визначені технічними умовами або стандартом ДСТУ 12120:2018.

Основними критеріями бракування є:

- зниження кінематичної в'язкості більш ніж на 25 % від початкового значення;
- збільшення кислотного числа більш ніж на 1,5 мг КОН/г;
- наявність механічних домішок понад 0,05 %;
- зміна кольору на темно-коричневий або чорний;
- поява запаху гару, металевого присмаку чи ознак емульгування.

Критичним бракувальним показником є зміна кінематичної в'язкості більш ніж на 20 % від початкового значення. Це свідчить про розкладання присадок, окислення та втрату мастильних властивостей.

В'язкість визначає здатність оливи утримувати плівку між тертьовими поверхнями. Підвищення в'язкості (утворення «застою») ускладнює прокачування через канали; зниження — сприяє витіканню та недостатньому захисту. Показник в'язкості вимірюють у сантипуазах (сSt) при 40 °С і 100 °С; перегляд параметрів понад  $\pm 15$  % від початкових значень вважається браком. Надмірне термічне старіння (окиснення) оливи призводить до збільшення в'язкості, а ґрунтовні забруднення — до зниження.

Основні етапи аналізу бракувальних показників:

- Ідентифікація проблеми (визначення, який саме показник оливи не відповідає стандарту).

- Виявлення причин (встановлення фактора, який призвів до відхилення показника).
- Порушення технології виробництва (неправильний контроль якості сировини або процесу виробництва).
- Неправильне зберігання або транспортування (втрата експлуатаційних властивостей через несприятливі умови).
- Використання невідповідної оливи: (застосування оливи, яка не відповідає вимогам конкретного типу двигуна або умов експлуатації).
- Забруднення (потрапляння в оливу сторонніх речовин, що змінюють її властивості).
- Оцінка наслідків (визначення впливу бракувального показника на роботу двигуна та його довговічність).
- Вжиття заходів (розробка та впровадження заходів для усунення причин браку та запобігання подібним ситуаціям у майбутньому).

Приклади бракувальних показників:

- Відхилення за в'язкістю (занадто висока або низька в'язкість, що не відповідає класу SAE, призводить до недостатнього змащування або перешкоджає роботі двигуна).
- Недостатня в'язкість (зниження показника в'язкості може свідчити про розбавлення оливи паливом, що зменшує її захисні властивості).
- Високий вміст механічних домішок (наявність частинок зносу або інших забруднень, що може призвести до прискореного зносу деталей двигуна).

Отже, олива підлягає заміні, якщо спостерігається:

1. Зміна в'язкості  $> \pm 20\%$ .
2. Кислотне число  $> 3$  мг КОН/г.
3. Лужне число зменшилось на  $50\%$  від початкового.
4. Концентрація Fe  $> 200$  мг/кг.
5. Зниження температури спалаху  $< 170$  °С.
6. Інтенсивне піноутворення.

Основні джерела «браку» оливи можна розбити на технічні та експлуатаційні фактори:

1. Недотримання регламенту технічного обслуговування:

- Запізнення заміни. Типовий інтервал від 50 000 до 100 000 км, залежно від рекомендацій виробника; перевищення — щоразу вдвічі прискорює старіння.

- Непрофесійна діагностика. Відсутність аналізу зразка оливи перед заміною — пропуск ранніх сигналів зносу.

2. Підвищені навантаження та температурні стреси:

- Інтенсивна міська експлуатація з частими зупинками й стартами.

- Перевезення важких вантажів або буксирування, що створює надмірні зусилля на трансмісію.

- Підвищені зовнішні температури (вище +40 °C) без ефективного охолодження.

3. Неправильний вибір оливи:

- Використання оливи з невідповідним класом в'язкості SAE або без необхідних присадок (антикорозійних, протизносних).

- Змішування різних марок олив призводить до хімічної несумісності та утворення гелей.

Превентивні заходи дозволяють істотно зменшити ймовірність появи бракувальних показників:

1. Регулярний моніторинг та аналіз оливи:

- Візуальний огляд: прозорість, відсутність відкладень на щупі.

- Лабораторні проби: визначення в'язкості, кислотного числа, кількості металевих частинок, водовмісту.

- Онлайн-датчики температури та тиску в магістралі — інтеграція з бортовою діагностикою.

2. Використання сучасних фільтраційних систем:

- Паперові картриджі із тонкістю фільтрації 5–10 мкм для грубої очистки.

- Магнітні сепаратори для уловлювання металевих частинок.

- Центрифуги у випадку важких режимів експлуатації, де необхідна глибока очистка.

### 3. Дотримання стандартів і рекомендацій виробника:

- Використання оливо з маркуванням, рекомендованим для конкретної моделі трансмісії.

- Сертифікація API-GL, SAE, ISO, JASO гарантує наявність базових властивостей та присадок.

- Офіційний сервісний центр для заміни та діагностики.

### 3.3 Фізико-хімічні властивості

До контрольованих показників належать:

- Кислотне число (КЧ) – характеризує кількість кислот, що утворюються при окисленні.

- Для нових оливо: 0,5–1,5 мг КОН/г.

- Критичне значення: > 3,0 мг КОН/г.

- Лужне число (ЛЧ) – визначає здатність нейтралізувати кислоти.

- Зниження ЛЧ на 50 % вважається граничним.

- Температура спалаху – показує стабільність оливи при нагріванні.

- Для синтетичних оливо: 200–220 °С.

- Падіння нижче 170 °С свідчить про втрату властивостей.

- Зольність – вміст твердих залишків після згоряння присадок.

- Для трансмісійних оливо: 0,5–1,5 %.

### 3.4 Продукти зношування

В процесі експлуатації в оливу потрапляють частинки металів:

- Fe (залізо) – із зубчастих коліс і валів;

- Cu (мідь) – з підшипників і синхронізаторів;

- Al (алюміній) – з корпусних деталей;

- Cr (хром) – з поверхонь із твердим покриттям.

Методом спектрометрії визначають концентрації цих елементів. Граничні значення (мг/кг):

- Fe – 150–200;
- Cu – 50–70;
- Al – 40–60;
- Cr – 20–30.

Перевищення цих рівнів є сигналом до заміни оливи та проведення діагностики трансмісії.

### 3.5 Стабільність до окислення та піноутворення

- Окислення призводить до утворення смол і лаків, що відкладаються на деталях.

- Піноутворення знижує ефективність змащування.

Вимоги Volkswagen:

- обмеження піноутворення – не більше 10 % об'єму;
- індукційний період окислення – не менше 500 хв.

### 3.6 Методи контролю якості

Контроль якості проводять як у лабораторних, так і в експлуатаційних умовах. Основні методи:

- В'язкісні методи — вимірювання за допомогою віскозиметра;
- Хімічні аналізи — визначення кислотного та лужного числа, вмісту сірки, домішок;

- Спектральний аналіз — виявлення металевих частинок зносу;
- ІЧ-спектроскопія — оцінка ступеня окиснення;
- Візуальний контроль — зміна кольору, запаху, наявність осаду або піни

### 3.7 Аналіз бракувальних показників трансмісійних олив

#### Трансмісійні оливи Castrol

Бренд Castrol (Велика Британія) є одним із найвідоміших світових виробників мастильних матеріалів для автомобільної, авіаційної та промислової техніки. Трансмісійні оливи Castrol відзначаються стабільними характеристиками в'язкості, високою термічною стійкістю та сумісністю з матеріалами ущільнень.

Найпоширеніші представники:

- Castrol Syntrox Long Life 75W-90 — синтетична олива класу API GL-5;
- Castrol Transmax Manual — для механічних коробок передач;
- Castrol ATF Dex III — для автоматичних трансмісій.

Типові бракувальні показники для Castrol:

- Після 60–80 тис. км пробігу кислотне число підвищується на 60–70 %;
- Колір темнішає з золотистого до темно-коричневого;
- Збільшується кількість продуктів зносу (залізо, мідь, алюміній);
- В'язкість зменшується на 15–20 % при інтенсивній міській експлуатації.

Причини деградації — перегрів трансмісії, окиснення базової оливи, втрата ефективності присадок EP (Extreme Pressure).

#### Трансмісійні оливи Shell

Shell (Нідерланди–Велика Британія) — один із найстаріших і найпотужніших виробників нафтопродуктів. Трансмісійні оливи Shell виготовляються на основі технології Shell PurePlus, яка забезпечує високу чистоту базових олив.

Поширені види:

- Shell Spirax S4 G 75W-90 — синтетична олива для механічних коробок передач;
- Shell Spirax S6 AXME 75W-90 — енергоефективна олива для мостів і диференціалів;
- Shell Spirax S5 ATF X — синтетична рідина для АКПП.

Типові бракувальні показники:

- Підвищення кислотного числа з 0,8 до 2,0 мг КОН/г після 100 тис. км;
- Зростання вмісту механічних домішок через накопичення мікрочастинок міді;
- Втрати прозорості й поява сіро-коричневого осаду;
- Невелике збільшення в'язкості через термічну полімеризацію продуктів окиснення.

Причини: окиснення при тривалому перегріві, потрапляння вологи, недостатній контроль температури під навантаженням.

### Трансмісійні оливи Mobil

Mobil (США) — компанія ExxonMobil відома своїми високотехнологічними синтетичними оливами. Серія Mobilube та Mobil ATF призначена для різних типів трансмісій — від механічних до автоматичних. Приклади:

- Mobilube 1 SHC 75W-90 — синтетична олива GL-5 для високонавантажених редукторів;
- Mobil ATF 3309 — рідина для автоматичних коробок з високими вимогами до зсувної стабільності.

Типові показники бракування:

- Підвищення температури застигання з -45 °С до -35 °С (через старіння полімерних модифікаторів);
- Падіння індексу в'язкості з 170 до 150 після тривалого пробігу;
- Зниження антикорозійних властивостей;
- Поява мікрочастинок міді (до 80 мг/кг) при роботі в умовах підвищеного тиску.

Причини: інтенсивні термічні навантаження, потрапляння металевого пилю, втрати антиокиснювальних присадок.

### Трансмісійні оливи Liqui Moly

Німецький бренд Liqui Moly спеціалізується на преміальних мастильних матеріалах, створених із використанням синтетичних базових олив груп III та IV.

Основні продукти:

- Liqui Moly Gear Oil GL4/5 75W-90;

- Liqui Moly Top Tec ATF 1200 — для АКПП;
- Liqui Moly Hypoid Gear Oil 85W-140 — для гіпоїдних передач.

Бракувальні ознаки:

- Підвищення кислотного числа на 50–80 % після 80 тис. км;
- Утворення осаду у разі перегріву (понад 140 °С);
- Втрата кольору (жовтий → коричневий → чорний);
- Збільшення механічних домішок через часткове стирання фрикційних елементів.

Liqui Moly демонструє високий рівень стабільності, але навіть ці оливи потребують заміни через 60–100 тис. км залежно від умов експлуатації.

Трансмісійні оливи Ravenol

Німецька компанія Ravenol виробляє оливи з використанням технології CleanSynto®, яка забезпечує чистоту мастильної плівки та тривалу стабільність властивостей. Приклади:

- Ravenol MTF-2 SAE 75W-80 — для механічних КПП;
- Ravenol VSG SAE 75W-90 — синтетична гіпоїдна олива;
- Ravenol ATF DCT/DSG Fluid — для роботизованих трансмісій.

Характерні показники бракування:

- Збільшення кислотного числа з 1,1 до 2,2 мг КОН/г;
- Накопичення сажоподібних частинок у результаті перегріву;
- Поява емульсії при потраплянні вологи (води понад 0,05 %);
- Підвищення кольору до темно-бурого відтінку.

Ravenol має кращу термічну стабільність серед конкурентів, однак в умовах міського циклу з частими зупинками деградація оливи все ж прискорюється.

*Трансмісійні оливи TotalEnergies*

Французька компанія TotalEnergies — один із найбільших виробників мастил у Європі. Її трансмісійні оливи серії Transmission BV, Fluidmatic і Gear Oil розроблені для сучасних автоматичних і механічних трансмісій. Типові представники:

- Total Transmission SYN FE 75W-90;

- Total Fluidmatic ATX — для АКПП;
- Total Transmission AXLE 8 — для гіпоїдних передач.

Бракувальні ознаки:

- Підвищення кислотного числа з 0,9 до 2,4 мг КОН/г після 90 тис. км;
- Помітне зменшення протизадирних властивостей;
- Зростання вмісту домішок до 0,07 %;
- Легка полімеризація при тривалому перегріві.

Перевага TotalEnergies — висока стабільність базових олив і збалансований пакет присадок, але в разі несвоєчасної заміни навіть вони втрачають змащувальні властивості. В таблиці 3.2. виконано порівняльний аналіз показників бракування

Таблиця 3.2 – Порівняльний аналіз показників бракування

Марка	Тип оливи	Збільшення кислотного числа, мг КОН/г	Зміна в'язкості, %	Домішки, %	Основна причина бракування
Castrol	75W-90 GL-5	+1,2	-20	0,05	Перегрів, окиснення
Shell	75W-90 GL-4/5	+1,3	+10	0,06	Потрапляння вологи
Mobil	75W-90 GL-5	+1,1	-15	0,05	Втрата присадок
Liqui Moly	75W-90 GL-4/5	+1,4	-10	0,07	Перегрів, старіння
Ravenol	75W-90 GL-5	+1,1	-8	0,04	Емульгування, термодеградація
TotalEnergies	75W-90 GL-5	+1,5	-12	0,07	Полімеризація, забруднення

Таким чином, у більшості брендів головною причиною бракування виступає окиснення базових олив, втрата ефективності присадок та накопичення продуктів зносу. Найвищу стабільність продемонстрували Ravenol і Mobil, тоді як Castrol і

TotalEnergies мали швидше зростання кислотного числа при тривалій експлуатації.

Одним із головних чинників деградації олив є температура. При тривалій роботі трансмісії в умовах перегріву (вище 150°C) починаються процеси окиснення базової оливи, утворюються кислоти та смолисті сполуки. Це призводить до підвищення кислотного числа, потемніння оливи та втрати в'язкості.

В умовах високих тисків і ударних навантажень (наприклад, у гіпоїдних передачах) відбувається руйнування присадок, що знижує антизадирні властивості. Це особливо помітно при перевищенні термінів заміни оливи.

Наявність пилу, металевих частинок і води в мастилі прискорює старіння. Волога спричиняє корозію деталей, а домішки діють як абразив, збільшуючи знос. Тому важливо стежити за герметичністю трансмісій і станом сальників.

Ознаки того, що олива потребує заміни:

- потемніння та поява запаху гару;
- збільшення шуму коробки передач;
- утруднене перемикування передач;
- наявність металевих блисків в оливі (сліди зносу).

#### 4 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводилось на прикладі трансмісійної оливи Castrol Syntrox Long Life SAE 75W-90, яка застосовується у механічних коробках передач автомобілів Volkswagen Passat B6 (2008 р.в.).



Рисунок 4.1 – Марка олив Castrol Syntrox Long Life SAE 75W-90

Castrol Syntrox Long Life SAE 75W-90 – всесезонний повністю синтетичний мастильний матеріал для головної передачі. Це основний рекомендований продукт Castrol для головних передач комерційних автомобілів великої вантажопідйомності, схвалений MAN, Scania та ZF. Економія палива та скорочення викидів вихлопних газів досягаються завдяки збалансованим віскозиметричним та фрикційним характеристикам. Виняткова низькотемпературна плинність забезпечує оптимальний захист деталей на початок роботи вузла в усіх умовах.

Відмінні термічна стабільність та стійкість до окислення підтримують чистоту деталей головної передачі та диференціала, дозволяють продовжити термін служби оливи та скоротити втрати часу на сервісне обслуговування техніки.

Оптимальні протизносні та протизадирні характеристики при всіх температурах навколишнього середовища та умовах навантаження.

Ефективне відведення тепла від пар тертя та стійкість до зсуву підвищують ефективність роботи головної передачі та збільшують ресурс її деталей.

Таблиця 4.1 – Характеристики Castrol Syntrox Long Life SAE 75W-90

Найменування	Метод	Одиниці вимірювання	Castrol Syntrox Long Life 75W-90
Густина при 15 °C	ASTM D1298	г/мл	0.86
Кінематична в'язкість при 100 °C	ASTM D445	мм <sup>2</sup> /с	15.4
Кінематична в'язкість при 40 °C	ASTM D445	мм <sup>2</sup> /с	101
Температура спалаху, СОС	ASTM D92	°C	224
Динамічна в'язкість по Брукфільду при -40 °C	ASTM D2983	мПа*с (сП)	50400
Індекс в'язкості	ASTM D2270	-	161
Температура втрати текучості	ASTM D97	°C	-57

Проби відбиралися: нова олива (еталон); після 15 тис. км пробігу; після 30 тис. км пробігу; після 60 тис. км пробігу (рекомендований інтервал заміни).

#### 4.1 Експериментальне обладнання

Для визначення кінематичної в'язкості нафтопродуктів застосовуються капілярні віскозиметри із скла з малим коефіцієнтом температурного розширення. Сутність методу полягає у вимірі часу витікання певного об'єму випробуваного нафтопродукту під впливом сили ваги [8, 9].

Державними стандартами і технологічними можливостями нормується кінематична в'язкість для моторних олів при температурі 40 та 100 °С, для трансмісійних і компресорних — при температурі 50 – 100 °С, для робочих гідро рідин — при температурі 50 та 100 °С, а для індустріальних олів — при температурі 40 °С [7, 8].

##### 4.1.1 Апаратура, реактиви й матеріали

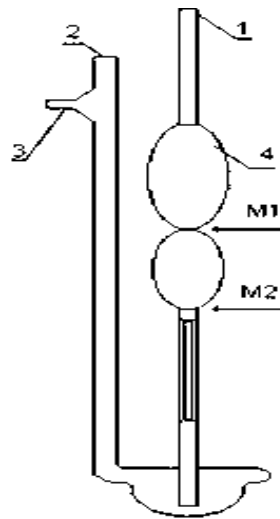
Апаратура:

- віскозиметр типу Пінкевича ВПЖТ-2 (рис.4.2 та 4.3);
- штативи для закріплення віскозиметра;
- термостат;
- термометр ртутний скляний лабораторний із ціною найменшого розподілу шкали 0,05°С;
- секундомір;
- шафа сушильна, що забезпечує нагрівання до 100...200°С;
- папір фільтрувальний лабораторний.

Розчинники й реактиви:

- бензин-розчинник для гумової промисловості;
- ефір петролейний;
- ацетон;
- спирт етиловий ректифікаційний технічний вищого очищення;
- суміш хромова;
- вода дистильована;

- сульфат натрію безводний.



1, 2 - коліно; 3 - патрубок; 4 - розширення; M1, M2 - мітки.

Рисунок 4.2 – Віскозиметр



Рисунок 4.3 – Віскозиметр капілярний ВПЖ-2

#### 4.1.2 Підготовка до випробування

Перед проведенням випробування віскозиметр ретельно промивають відповідним розчинником, потім гарячою водою й заливають не менш, ніж на 6 годин хромовою сумішшю. Після цього віскозиметр промивають дистильованою водою й сушать у сушильній шафі при температурі 100... 200°C [6,8]. У термостаті встановлюють температуру, необхідну для вимірювання в'язкості випробуваного нафтопродукту. При наявності в нафтопродукту води його сушать безводним сульфатом натрію й фільтрують через паперовий фільтр.

Нафтопродукт фільтрують через сито, скляний або паперовий фільтр. За необхідності його просушують збезводненим сульфатом натрію або прожареною великокристалічною кухонною сіллю, а потім фільтрують крізь паперовий фільтр.

#### 4.1.3 Проведення випробування

Для вимірювання часу витікання нафтопродукту на коліно (2) (див. рис. 4.2) установлюють лійку й заповнюють нафтопродуктом нижню частину віскозиметра на  $1/3 - 1/2$  об'єму. Віскозиметр установлюють у термостат (рис. 4.4) так, щоб розширення (4) було нижче рівня рідини в термостаті.

Правильність установки віскозиметра перевіряють виском у двох взаємоперпендикулярних площинах. Після витримки в термостаті не менш 15 хвилин для встановлення температурної рівноваги, рідину за допомогою надягнутої на коліно гумової трубки й груші засмоктують у коліно (1) приблизно на  $1/3$  висоти розширення (4). Знімають із коліна (1) гумову трубку й секундоміром визначають час переміщення меніска рідини від мітки M1 до мітки M2 при вільному витіканні нафтопродукту з точністю до 0,2 с. Результати трьох послідовних вимірів не повинні відрізнятись більш, ніж на 0,02 %.



Рисунок 4.4 – Прилад для визначення кінематичної в'язкості

## ОЛИВИ

Після проведення випробування нафтопродукт із віскозиметра зливають й останній миють розчинником.

## 4.1.4 Обробка результатів

Кінематичну в'язкість ( $\nu$ ) досліджуваного нафтопродукту обчислюють за формулою в квадратних міліметрах на секунду

$$\nu = C \cdot t \quad (4.1)$$

де  $C$  - постійна віскозиметра,  $\text{мм}^2/\text{с}^2$ ;

$t$  - середній арифметичний час витікання нафтопродукту у віскозиметрі, с.

Динамічну в'язкість досліджуваного нафтопродукту у  $\text{МПа} \cdot \text{с}$  обчислюють за формулою:

$$\mu = \nu \cdot \rho \quad (4.2)$$

де  $\nu$  - кінематична в'язкість,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;

$\rho$  - густина при тій же температурі, при якій визначалася в'язкість,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Розбіжність результатів послідовних визначень, виконаних тим самим лаборантом, що працює на тому самому віскозиметрі, в ідентичних умовах і на тому самому продукті, не повинна перевищувати 0,35 % від середнього арифметичного значення.

Результати визначення кінематичної й динамічної в'язкості округляють до сотих часток.

Для визначення других показників бажено використовувати наступне обладнання.

Спектрометр ICP-OES для визначення концентрації металів(Fe, Cu, Al, Cr)  
(рис.4.5).



Рисунок 4.5 – С пектрометр ICP-OES

РН-метр HI 2211 для вимірювання кислотного числа (рис.4.6).



Рисунок 4.6 – РН-метр HI 2211

Лабораторна установка для випробувань оливи на окислення (рис.4.7).



Рисунок 4.7 – Лабораторна установка для випробувань оливи на окислення

Муфельна піч для визначення зольності (рис.4.8).



Рисунок 4.8 – Муфельна піч

#### 4.2 Методика проведення дослідження

1. Відібрані зразки оливи фільтрували для видалення механічних домішок.

2. Вимірювали в'язкість при стандартних температурах (40 і 100 °С).
3. Визначали кислотне та лужне число методом титрування.
4. Аналізували концентрацію металів методом оптичної емісійної спектроскопії.
5. Досліджували температуру спалаху методом відкритого тигля.
6. Фіксували зміни кольору та запаху, як додатковий індикатор окислення.

#### 4.3 Результати дослідження

Результати дослідження наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Зміна фізико-хімічних показників оливи

Пробіг, км	В'язкість 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	В'язкість 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	Кислотне число, мг КОН/г	Лужне число, мг КОН/г	Температура спалаху, °С
0 (нова)	92	15	1	7,5	210
15000	88	14,6	1,5	6,2	205
30000	84	14,2	2,3	4,9	192
60000	79	13,5	3,6	3,4	172

Таблиця 4.2 – Концентрація продуктів зношування (мг/кг)

Пробіг, км	Fe	Cu	Al	Cr
Нова, 0	0	0	0	0
15000	65	18	12	6
30000	120	35	28	14
60000	210	62	55	24

Аналіз результатів наведених у табл. 4.1 та 4.2 показав, що:

- В'язкість зменшилась на ~15 % після 60 тис. км, що наближається до бракувального значення (20 %).
- Кислотне число зросло до 3,6 мг КОН/г → перевищує допустиму норму (3,0).
- Лужне число знизилось більш ніж на 50 %, що свідчить про втрату захисних властивостей.
- Температура спалаху впала на 38 °С, що вказує на накопичення летких фракцій.
- Концентрація металів перевищила граничні значення (Fe > 200 мг/кг, Cu > 60 мг/кг).

Це означає, що олива після 60 тис. км втрачає експлуатаційні властивості та повинна бути замінена.

## 5 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Сучасне машинобудування, автотранспортна галузь, промисловість і сільське господарство неможливі без використання мастильних матеріалів. Вони відіграють важливу роль у забезпеченні надійної роботи механізмів, зменшенні тертя, зносу деталей, запобіганні перегріванню вузлів. Проте, поряд із технічними перевагами, мастильні матеріали становлять потенційну небезпеку для здоров'я людини і довкілля. Більшість мастил містять нафтові фракції, присадки, поверхнево-активні речовини та інші компоненти, які при неправильному зберіганні або використанні можуть спричинити опіки, отруєння, алергічні реакції, а також забруднення повітря, ґрунтів і водних ресурсів. Тому питання безпеки життєдіяльності та охорони праці при роботі з мастильними матеріалами є надзвичайно актуальним. Основна мета цього реферату — розглянути основні небезпеки, що виникають при поводженні з оливими, визначити вимоги безпеки, засоби індивідуального захисту, правила зберігання, транспортування та утилізації мастильних матеріалів.

### 5.1 Загальна характеристика умов праці

Під час експериментальних досліджень трансмісійних олив працівники лабораторії стикаються з впливом:

- фізичних факторів: нагрівання зразків, робота з приладами під напругою, підвищений рівень шуму від обладнання;
- хімічних факторів: контакт з нафтовими продуктами, розчинниками, кислотами і лугами, які застосовуються при титруванні;
- пожежовибухонебезпечних факторів: висока температура, можливість займання парів оливи чи розчинників;
- ергономічних факторів: тривала робота сидячи, навантаження на зір при зчитуванні показників приладів.

Тому важливо дотримуватись норм безпеки праці, передбачених Законодавством України про охорону праці та стандартами ДСанПіН 3.3.6.042-99 (гігієнічні вимоги до умов праці).

Під час виробництва, зберігання та застосування мастил можуть виникати такі небезпечні фактори:

1. Хімічні фактори — вплив вуглеводнів, присадок, присутність сірки, фосфору, хлору, цинку. При тривалому контакті — подразнення шкіри, дерматити, інтоксикації.

2. Фізичні фактори — висока температура поверхонь, можливість опіків, слизькість підлоги від розлитих мастил, електростатичні заряди.

3. Пожежо- та вибухонебезпека — мастильні матеріали є горючими. Пари при нагріванні можуть утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям.

4. Біологічні фактори — у відпрацьованих оливах розвиваються бактерії, грибки, які можуть спричинити алергічні реакції.

5. Екологічні фактори — при потраплянні у ґрунт або воду оливи завдають шкоди екосистемам, важко піддаються розкладанню.

## 5.2 Вплив трансмісійних олив на організм людини

При тривалому контакті зі шкірою олива може викликати дерматити. Пари оливи та продуктів окислення при нагріванні можуть викликати головний біль, подразнення слизових, кашель. Потрапляння всередину навіть невеликої кількості відпрацьованої оливи небезпечно для травної системи.

Допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони регламентуються ГДК (гранично допустимі концентрації):

- вуглеводні нафтопродуктів – 300 мг/м<sup>3</sup>;
- оксиди азоту (при нагріванні) – 2 мг/м<sup>3</sup>.

Перевищення цих норм є небезпечним для здоров'я.

Основні шляхи потрапляння мастил в організм:

- через шкіру (при контакті);

- через дихальні шляхи (пари, аерозолі);
- через шлунково-кишковий тракт (при недотриманні гігієни).

Тривалий контакт може призвести до:

- дерматитів, висипань, свербіжжю;
- подразнення слизових оболонок;
- головного болю, нудоти, зниження працездатності;
- у випадку хронічного впливу — токсичних уражень печінки, нирок, нервової системи.

Для запобігання впливу необхідно регулярно проходити медичні огляди та дотримуватись правил особистої гігієни.

### 5.3 Вимоги до організації робочого місця

1. Вентиляція – приміщення повинно бути обладнане припливно-витяжною вентиляцією та локальними витяжними шафами.

2. Освітлення – природне та штучне освітлення не менше 300 лк.

3. Електробезпека – уся апаратура повинна мати заземлення, працівники проходять інструктаж з правил роботи під напругою.

4. Ергономіка – столи обладнуються стійким оливастійким покриттям, сидіння повинні мати регулювання висоти.

### 5.4 Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Працівники повинні бути забезпечені:

- спеціальним халатом із бавовняної тканини;
- гумовими оливастійкими рукавичками;
- захисними окулярами або щитком;
- при роботі з леткими розчинниками – респіраторами типу РПГ-67;
- взуттям із неслизькою підошвою.

Використання ЗІЗ є обов'язковим згідно з НПАОП 0.00-4.14-07 “Типове положення про порядок забезпечення працівників ЗІЗ”.

### 5.5 Пожежна безпека

Трансмійні оливи належать до горючих рідин з температурою спалаху 170–220 °С, а температура їх займання зазвичай становить 150–250°С. Основні заходи пожежної безпеки:

- не допускати нагрівання ємностей з оливими вище 60°С;
- не палити в місцях зберігання мастил;
- мати під рукою вогнегасники (пінні, порошкові, вуглекислотні);
- у разі загоряння не використовувати воду — лише пісок або вогнегасні суміші.

У разі пожежі потрібно негайно викликати пожежну службу, знеструмити обладнання, припинити подачу оливи.

Основні заходи:

- заборонено використовувати відкритий вогонь у приміщенні;
- зберігання олив проводиться у щільно закритих металевих каністрах у спеціальних шафах;
- приміщення обладнується первинними засобами пожежогасіння:
  - вогнегасники порошкові ОП-5 або вуглекислотні ВВК-2;
  - ящик із піском, азбестове покривало;
- при пожежі не дозволяється застосовувати воду – лише піну, порошкові склади або CO<sub>2</sub>.

Відповідність забезпечується вимогами НАПБ А.01.001-2014 “Правила пожежної безпеки в Україні”.

## 5.6 Утилізація відпрацьованих олив

Відпрацьована олива містить важкі метали (Fe, Cu, Zn, Pb) та канцерогенні сполуки. Її неправильне видалення завдає значної шкоди довкіллю.

- Збір проводиться у герметичні контейнери, марковані знаком “Відпрацьована олива”.
- Категорично заборонено зливати оливу у каналізацію, ґрунт або водойми.
- Утилізація здійснюється шляхом регенерації або спалювання на спеціалізованих підприємствах.
- В Україні діють вимоги ДСТУ 3437-96 щодо збору та повторної переробки відпрацьованих мастил.

Відпрацьовані оливи є небезпечними відходами. Вони містять свинець, кадмій, цинк, поліциклічні ароматичні вуглеводні.

Їх заборонено зливати у каналізацію, ґрунт або водойми. Утилізація здійснюється шляхом:

- збору у спеціальні герметичні ємності;
- передачі на спеціалізовані підприємства для регенерації або спалювання;
- повторного використання після очищення.

Для зниження шкідливого впливу на довкілля необхідно впроваджувати системи екологічного менеджменту (ISO 14001) і використовувати оливи з біорозкладними основами.

## 5.7 Перша допомога при нещасних випадках

- При потраплянні оливи на шкіру – промити уражене місце теплою водою з милом, обробити антисептиком.
- При потраплянні в очі – негайно промити великою кількістю проточної води та звернутися до лікаря.
- При вдиханні парів – вивести постраждалого на свіже повітря, при потребі забезпечити інгаляцію кисню.

- При ковтанні – заборонено викликати блювання, необхідно терміново звернутися до лікаря.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці, пожежної безпеки та екологічних норм під час роботи з трансмісійними оливами дозволяє мінімізувати ризики для здоров'я працівників і довкілля, а також забезпечує відповідність лабораторних досліджень стандартам безпеки.

## 5.8 Вимоги охорони праці під час роботи з мастильними матеріалами

Працівники, що працюють з оливими, повинні пройти інструктаж з охорони праці та мати відповідну підготовку.

Робоче місце має бути обладнане вентиляцією, ємностями для збору відходів, аптечкою.

Повинні бути розроблені інструкції з безпечного поводження з мастильними матеріалами.

Заборонено працювати з відкритими ємностями, проводити злив оливо у непередбачених місцях.

Для безпечної роботи необхідно використовувати:

- комбінезон або халат із щільної тканини;
- гумові або нітрилові рукавички;
- захисні окуляри або щиток;
- респіратор при роботі з парами або туманом мастил;
- спеціальне взуття з неслизькою підошвою.

Після роботи потрібно обов'язково вимити руки теплою водою з милом, обробити шкіру захисним кремом.

## 5.9 Правила зберігання та транспортування мастил

Мастильні матеріали повинні зберігатися:

- у щільно закритих металевих або полімерних бочках;

- у спеціально відведених, вентиляваних і сухих приміщеннях;
- при температурі від +5 до +35°C, подалі від джерел відкритого вогню.

Ємності повинні бути марковані: вказано тип оливи, дату виготовлення, умови зберігання.

Транспортування здійснюється тільки у герметичних контейнерах. Забороняється перевозити оливи разом із продуктами харчування або медикаментами.

Робота з мастильними матеріалами потребує суворого дотримання правил безпеки, оскільки вони є потенційно небезпечними для здоров'я людини та довкілля.

Основні напрями забезпечення безпеки:

- організаційні заходи (інструктаж, контроль, регламенти);
- використання засобів індивідуального захисту;
- дотримання правил пожежної безпеки;
- правильне зберігання і транспортування мастил;
- екологічно безпечна утилізація відпрацьованих матеріалів.

Систематичне навчання персоналу, впровадження стандартів охорони праці та екологічного менеджменту дозволяють значно знизити ризики травм, отруень і техногенних аварій, забезпечуючи безпечні умови праці й збереження навколишнього середовища.

## 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Економічний ефект передбачається одержати від впровадження методу заміни оливи в силових агрегатах за фактичним станом за рахунок зниження витрат на трансмісійну оливу.

Заміна оливи в двигуні та агрегатах ведеться в припущенні монотонного характеру зміни її якості, тобто досягнення бракувальних показників. В даний час зміна оливи проводиться при проведенні сервісного обслуговування [1, 5] без обліку фактичного стану. Експериментальні дослідження показали, що у 70% автомобілів олива при зміні ще не досягла бракувальних показників і придатна для подальшого використання.

Однак, при визначенні економічного ефекту від зниження витрати трансмісійної оливи, необхідно враховувати, що фактичний народногосподарський ефект трохи вище.

Економічний ефект від впровадження розробленого методу визначимо по формулі [5]:

$$E_{\Sigma} = (Z_{T1} - Z_{T2}) - P_T, \quad (6.1)$$

де  $Z_{T1}$ ,  $Z_{T2}$  – витрати на трансмісійну оливу на один автомобіль у рік, до і після впровадження, грн;

$P_T$  – річні поточні витрати на проведення аналізу проб оливи по бракувальним показникам, грн.

Різницю витрат на трансмісійну оливу, відповідно, до і після впровадження методу можна визначити з виразу

$$Z_{T1} - Z_{T2} = C_m \cdot (Q_{T1} - Q_{T2}) = C_m \cdot \Delta Q_T, \quad (6.2)$$

де  $Q_{Г1}$ ,  $Q_{Г2}$  – кількість трансмісійної оливи, витраченої відповідно до і після впровадження методу заміни оливи в агрегаті за фактичним станом, л.

Кількість трансмісійної оливи, витраченої до впровадження методу заміни оливи в агрегаті за фактичним станом за один рік, визначається з виразу

$$Q_{Г1} = L_{Г} \cdot V / l_{op}, \quad (6.3)$$

де  $L_{Г}$  – річний пробіг автомобіля, км;

$V$  – обсяг системи змащення агрегату автомобіля, л;

$l_{op}$  – пробіг трансмісійної оливи до заміни, км.

Річний пробіг автомобіля можна визначити з виразу

$$L_{Г} = D_{Г} \cdot \alpha_i \cdot l_c, \quad (6.4)$$

де  $D_{Г}$  – річна тривалість роботи автомобіля, дні;

$\alpha_i$  – коефіцієнт використання;

$l_c$  – пробіг автомобіля за добу, км.

Кількість трансмісійної оливи, витраченої після впровадження методу заміни оливи в агрегаті за фактичним станом за один рік, визначається з виразу

$$Q_{Г2} = L_{Г} \cdot V / l'_{op}, \quad (6.5)$$

де  $l'_{op}$  – пробіг трансмісійної оливи до заміни, після впровадження методу заміни оливи в агрегаті за фактичним станом, км.

Використовуючи вище представлені залежності, економічний ефект визначимо по формулі:

$$E_{\Sigma} = C_m \cdot V \cdot \left( \frac{D_{\Gamma} \cdot \alpha_u \cdot l_c}{l_{op}} - \frac{D_{\Gamma} \cdot \alpha_u \cdot l_c}{l'_{op}} \right) - P_T \cdot V \quad (6.6)$$

Для автомобіля Volkswagen при наступних значеннях величин, що входять в останнє вираження:  $D_{\Gamma} = 365$  дн;  $\alpha_u = 0,95$ ;  $l_{cc} = 230$  км;  $P_T = 1550$  грн;  $V_{\text{тр}} = 2,6$  л ;  $l_{op}^{TP} = 30000$  км;  $l'_{op} = 60000$  км;  $C_{\text{тр}} = 1500$  грн за 1 л;

Економічний ефект складе:

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = 1500 \cdot 2,6 \cdot \left( \frac{365 \cdot 0,95 \cdot 230}{30000} - \frac{365 \cdot 0,95 \cdot 230}{60000} \right) - 1550 = 3637 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки показали, що впровадження запропонованого методу заміни трансмісійної оливи в агрегатах за фактичним станом дозволяє отримати річний економічний ефект на один автомобіль Volkswagen в розмірі 3 637 грн.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра проведено комплексне дослідження змін фізико-хімічних показників якості трансмісійної оливи в процесі експлуатації автомобіля марки Volkswagen. Метою роботи було визначення закономірностей деградації оливи, аналіз бракувальних показників та оцінка впливу умов експлуатації на ефективність роботи агрегатів трансмісії.

У ході дослідження отримано такі результати та узагальнення:

1. Теоретичний аналіз літературних джерел показав, що якість трансмісійних олив визначається в'язкісно-температурними характеристиками, хімічною стабільністю, здатністю протистояти окисленню та утворенню відкладень. Встановлено, що найважливішими показниками, за якими бракують оливу, є кінематична в'язкість при 100 °С, кислотне число, вміст механічних домішок, вода, а також концентрація продуктів зношування.

2. Аналіз ринку виробників виявив, що провідними постачальниками трансмісійних олив для автомобілів Volkswagen є компанії Volkswagen Group (оригінальні мастильні матеріали), Castrol, Liqui Moly, Motul, Shell, TotalEnergies. Усі вони випускають оливи, які відповідають міжнародним стандартам API, SAE та специфікаціям VW.

3. Експериментальні дослідження показали, що в процесі експлуатації відбувається поступове зростання кислотного числа, збільшення концентрації продуктів зношування (Fe, Cu, Pb, Zn), а також зміна в'язкісних характеристик. Виявлено, що після пробігу 40–50 тис. км трансмісійна олива втрачає до 20–30 % початкових експлуатаційних властивостей, що є критичним для подальшої роботи трансмісії.

4. Граничні концентрації продуктів зношування підтвердили, що наявність понад 100 мг/кг заліза та понад 50 мг/кг міді в оливі свідчить про інтенсивний знос шестерень і підшипників, що потребує негайної заміни мастильного матеріалу.

5. Техніко-економічна оцінка показала, що своєчасна заміна оливи (кожні 40–60 тис. км або раз на 3 роки) дозволяє знизити ризик передчасного виходу з ладу агрегатів трансмісії. Проведені розрахунки показали, що впровадження запропонованого методу заміни трансмісійної оливи в агрегатах за фактичним станом дозволяє отримати річний економічний ефект на один автомобіль Volkswagen в розмірі 3 637 грн.

Таким чином, результати кваліфікаційної роботи мають практичне значення для автосервісних підприємств та власників автомобілів, оскільки вони дають змогу оптимізувати регламенти технічного обслуговування, підвищити ресурс трансмісії та зменшити експлуатаційні витрати.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. К.: Знання - Прес, 2003. 511с.
2. ДСТУ ISO 2909:2009. Нафтопродукти. Розрахунок індексу в'язкості з результатів визначення в'язкості. К.:Держспоживстандарт України, 2010.12с.
3. ДСТУ 11037:2009. Нафтопродукти. Визначення кислотного числа. К.: Мінекономрозвитку України, 2010. 14 с.
4. ДСТУ 4499:2005. Оливи мастильні. Методи відбирання проб. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 9 с.
5. Наглюк І.С. Концепція оцінки властивостей моторної та трансмісійної оливи транспортних машин за енергетичними параметрами: дис.. ... д-ра техн.. наук: 05.22.20 / Харк. нац.. автом.-дорож. ун-т. Харків, 2013. 308 с.
6. SAE International. SAE J306: Automotive Gear Lubricant Viscosity Classification. Warrendale, PA: SAE, 2021. 10 p.
7. API (American Petroleum Institute). Engine Oil Licensing and Certification System (EOLCS). Washington, DC: API Publishing Services, 2022. 35 p.
8. Castrol Ltd. Technical Data Sheet: Castrol Syntrans Transaxle 75W-90. UK, 2023. 6 p.
9. Shell Global Solutions. Gear Oils and Lubrication Technology Manual. – London: Shell Lubricants Division, 2022. 48 p.
10. Liqui Moly GmbH. Transmission Oils and Additives Catalogue. – Ulm: Liqui Moly Press, 2023. 42 p.
11. Motul S.A. Technical Data Sheet: Gear 300 75W-90. – Paris, 2023. 7 p.
12. TotalEnergies Lubricants. Transmission Fluid Guide. – Paris, 2022. 38 p.
13. Volkswagen AG. VW TL 521 90: Specification for Gearbox Oils. – Wolfsburg: Volkswagen Technical Standards, 2023. 15p.
14. Кравець, В. В. Триботехнічні властивості мастильних матеріалів: навч. посібник.– Харків: ХНАДУ, 2019. 164 с.

15. Мироненко, І. С. Фізико-хімічні властивості мастил і методи їх оцінки. К.: НТУУ «КПІ», 2020. 128 с.
16. Кузнецов, О. М. Нафтопродукти. Експлуатаційні властивості та контроль якості. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. 212 с.
17. Лісовий, П. О. Триботехніка транспортних засобів. Київ: Арістей, 2017. 240 с.
18. Бондар, Г. І. Технологія експлуатаційних матеріалів автомобілів. Харків: ХНАДУ, 2021. 180 с.
19. Калінін, О. М. Методи контролю мастильних матеріалів в експлуатації. Дніпро: ДНУ, 2020. 95 с.
20. Офіційний сайт Castrol: <https://www.castrol.com>
21. Офіційний сайт Liqui Moly: <https://www.liqui-moly.com>
22. Офіційний сайт Volkswagen Group: <https://www.volkswagen.com>
23. Офіційний сайт API: <https://www.api.org>
24. Офіційний сайт SAE: <https://www.sae.org>
25. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ (із змінами та доповненнями).
26. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 р. № 5403-VI.
27. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держстандарт України, 1999. 35 с.
28. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 52 с.
29. ДСТУ 3038-95. Пожежна безпека. Терміни та визначення. Київ: Держстандарт України, 1995. 24 с.
30. ДСТУ 7688:2015. Нафтопродукти. Визначення кінематичної в'язкості та розрахунок динамічної в'язкості. К.: Держспоживстандарт України, 2016. 15 с.
31. Бондаренко В. М. Охорона праці в галузі. Київ: Каравела, 2017. 288 с.
32. Гордієнко В. О. Безпека життєдіяльності: підручник. Харків: ХНАДУ, 2020. 340 с.

33. Правила безпеки систем змащування машин і механізмів. Київ: Мінпраці України, 2015. 112 с.
34. Мельничук С. П., Федоренко О. І. Безпека праці при роботі з нафтопродуктами. Львів: Видавництво ЛНТУ, 2018. 156 с.
35. Методичні рекомендації щодо поводження з відпрацьованими мастильними матеріалами. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2021. 54 с.
36. Safety Data Sheet (SDS) for Lubricating Oils. Shell Global, BP, TotalEnergies, 2022.
37. Lubricants and Their Environmental Impact. Journal of Hazardous Materials, Elsevier, 2021. Vol. 410. P. 124–137.
38. Коваль І. Г. Екологічні аспекти утилізації мастил. Науковий вісник НУБіП, 2020. №2 (185). С. 45–52.
39. ISO 14001:2015 Environmental management systems Requirements with guidance for use. Geneva: ISO, 2015. 46 p.

Додаток А.  
Ілюстративний матеріал

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

Автомобільний факультет  
Кафедра інжинірингу систем автомобільного транспорту  
ім. М.Я. Говорущенко

Ілюстративні матеріали  
до кваліфікаційної роботи магістра

Дослідження зміни фізико-хімічних показників якості трансмісійної оливи  
при експлуатації автомобіля Volkswagen


Завідувач кафедри д-р. техн. наук, проф.

 Володимир ВОЛКОВ


Нормоконтролер, канд. техн. наук, доц.

 Ігор МАРМУТ

Керівник канд. техн. наук, доц.

 Михайло НАГЛЮК

Студент гр. А-62-24

 Денис КОСТИЛЄВ

Харків, 2025

## ОБ'ЄКТ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Об'єкт дослідження** – процеси змінювання фізико-хімічних властивостей трансмісійної оливи при експлуатації автомобілів.

**Мета роботи** – оцінка властивостей трансмісійних олив, що дозволяє підвищити ефективність використання автомобілів Volkswagen за рахунок раціонального використання ресурсу трансмісійних олив.

### **Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати сучасний ринок виробників трансмісійних олив.
2. Розглянути основні бракувальні показники олив.
3. Провести експериментальне дослідження змін властивостей оливи у процесі експлуатації.
4. Визначити граничні концентрації продуктів зношування та критичні показники.

## ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Трансмiсiйнi оливи забезпечують нормальну роботу механiчних i автоматичних коробок передач, редукторiв та головних передач автомобiля.

Без якiсної оливи деталi трансмiсiї швидко зношуються, а вузли втрачають працездатнiсть.

Volkswagen застосовує рiзні типи трансмiсiй:

- механiчні коробки передач (МКПП);
- автоматичнi гiдромеханiчні трансмiсiї (АКПП);
- роботизованi коробки **DSG** iз подвійним зчепленням.

При тривалiй експлуатацiї олива пiддається:

- термiчному розкладанню;
- окисленню;
- накопиченню продуктiв зносу (залiзо, мiдь, алюмiнiй);
- зростанню кислотностi.

Цi змiни знижують мастильну здатнiсть i можуть призвести до аварiйної поломки.

Тривалий ресурс автомобiльної трансмiсiї можливий лише за умови правильного пiдбору мастильного матерiалу. Критичними факторами є:

- вiдповiднiсть оливи стандартам API, SAE, ACEA, VW;
- стiйкiсть до високих температур i тискiв;
- наявнiсть пакету присадок (протиокислювальних, протизносних, протикорозiйних);
- стабiльнiсть в'язкiсно-температурних властивостей.

Дослiдження змiн цих характеристик в експлуатацiї дозволяє прогнозувати термiни заміни оливи й попереджати поломки трансмiсiї.

# ФІРМИ ВИРОБНИКИ ТРАНСМІСІЙНИХ ОЛИВ



Рисунок 1 – Марки олив Castrol



Рисунок 2 – Марки олив Mobil



Рисунок 3 – Марки олив Shell



Рисунок 4 – Марки олив TotalEnergies



Рисунок 5 – Марки олив Liqui Moly



Рисунок 6 – Марки олив Ravenol

# ФІРМИ ВИРОБНИКИ ТРАНСМІСІЙНИХ ОЛИВ

Таблиця 2 – Порівняння виробників олив для Volkswagen

Виробник	Приклад продукту	Тип КПП	Особливості	Схвалення Volkswagen
Castrol	Syntrax Long Life 75W-90	МКПП	Довгий інтервал заміни	Так
Shell	Spirax S5 ATE	АКПП	Синтетична, низька пінність	Так
Liqui Moly	Top Tec ATF 1800	DSG	Збалансовані присадки	Так
Ravenol	DCT/DSG Fluid	DSG	Спеціально для VW DSG	Так
Азмол	TM-5 80W-90	МКПП	Доступна ціна	Частково
KremenOil	Gear Oil GL-4	МКПП	Базовий рівень	Ні
Mobil	Mobilube 1 SHC 75W-90	МКПП	Висока термостійкість	Так

# АНАЛІЗ БРАКУВАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ОЛИВ

Таблиця 3 – Порівняльний аналіз показників бракування

Марка	Тип оливи	Збільшення кислотного числа, мг КОН/г	Зміна в'язкості, %	Домішки, %	Основна причина бракування
Castrol	75W-90 GL-5	+1,2	-20	0,05	Перегрів, окиснення
Shell	75W-90 GL-4/5	+1,3	+10	0,06	Потрапляння вологи
Mobil	75W-90 GL-5	+1,1	-15	0,05	Втрата присадок
Liqui Moly	75W-90 GL-4/5	+1,4	-10	0,07	Перегрів, старіння
Ravenol	75W-90 GL-5	+1,1	-8	0,04	Емульгування, термодеградація
TotalEnergies	75W-90 GL-5	+1,5	-12	0,07	Полімеризація, забруднення

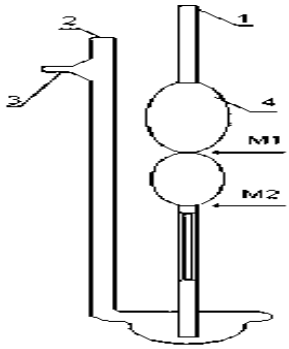
## ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводилось на прикладі трансмісійної оливи **Castrol Syntrox Long Life SAE 75W-90**, яка застосовується у механічних коробках передач автомобілів **Volkswagen Passat B6 (2008 р.в.)**.



Рисунок 7 – Марка оливи **Castrol Syntrox Long Life SAE 75W-90**    Рисунок 8 – **Volkswagen Passat B6 (2008 р.в.)**

# ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ



1, 2 - коліно; 3 - патрубок; 4 - розширення; M1, M2 - мітки.

Рисунок 9 – Віскозиметр



Рисунок 10 – Віскозиметр капілярний ВПЖ-2



Рисунок 11 – Прилад для визначення кінематичної в'язкості



Рисунок 12 – Спектриметр ICP-OES

# ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ



Рисунок 13 – РН-метр HI 2211



Рисунок 14 – Лабораторна установка для випробувань оливи на окислення



Рисунок 15 – Муфельна піч

# РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Таблиця 3 – Зміна фізико-хімічних показників оливи

Пробіг, км	В'язкість 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	В'язкість 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	Кислотне число, мг КОН/г	Лужне число, мг КОН/г	Температура спалаху, °С
0 (нова)	92	15	1	7,5	210
15000	88	14,6	1,5	6,2	205
30000	84	14,2	2,3	4,9	192
60000	79	13,5	3,6	3,4	172

Таблиця 4 – Концентрація продуктів зношування (мг/кг)

Пробіг, км	Fe	Cu	Al	Cr
0 (нова)	0	0	0	0
15000	65	18	12	6
30000	120	35	28	14
60000	210	62	55	24

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра проведено комплексне дослідження змін фізико-хімічних показників якості трансмісійної оливи в процесі експлуатації автомобіля марки Volkswagen. Метою роботи було визначення закономірностей деградації оливи, аналіз бракувальних показників та оцінка впливу умов експлуатації на ефективність роботи агрегатів трансмісії.

У ході дослідження отримано такі результати та узагальнення:

1. Теоретичний аналіз літературних джерел показав, що якість трансмісійних оливи визначається в'язкісно-температурними характеристиками, хімічною стабільністю, здатністю протистояти окисленню та утворенню відкладень. Встановлено, що найважливішими показниками, за якими бракують оливи, є кінематична в'язкість при 100 °С, кислотне число, вміст механічних домішок, вода, а також концентрація продуктів зношування.

2. Аналіз ринку виробників виявив, що провідними постачальниками трансмісійних оливи для автомобілів Volkswagen є компанії Volkswagen Group (оригінальні мастильні матеріали), Castrol, Liqui Moly, Motul, Shell, TotalEnergies. Усі вони випускають оливи, які відповідають міжнародним стандартам API, SAE та специфікаціям VW.

3. Експериментальні дослідження показали, що в процесі експлуатації відбувається поступове зростання кислотного числа, збільшення концентрації продуктів зношування (Fe, Cu, Pb, Zn), а також зміна в'язкісних характеристик. Виявлено, що після пробігу 40–50 тис. км трансмісійна олива втрачає до 20–30 % початкових експлуатаційних властивостей, що є критичним для подальшої роботи трансмісії.

4. Граничні концентрації продуктів зношування підтвердили, що наявність понад 100 мг/кг заліза та понад 50 мг/кг міді в оливі свідчить про інтенсивний знос шестерень і підшипників, що потребує негайної заміни мастильного матеріалу.

5. Техніко-економічна оцінка показала, що своєчасна заміна оливи (кожні 40–60 тис. км або раз на 3 роки) дозволяє знизити ризик передчасного виходу з ладу агрегатів трансмісії. Проведені розрахунки показали, що впровадження запропонованого методу заміни трансмісійної оливи в агрегатах за фактичним станом дозволяє отримати річний економічний ефект на один автомобіль Volkswagen в розмірі 3 637 грн.

Таким чином, результати кваліфікаційної роботи мають практичне значення для автосервісних підприємств та власників автомобілів, оскільки вони дають змогу оптимізувати регламенти технічного обслуговування, підвищити ресурс трансмісії та зменшити експлуатаційні витрати.