

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГИЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Підвищення ефективності технічного обслуговування
двигунів внутрішнього згоряння на основі оцінки витрати
оливи»**

Виконав: студент групи Ат-44 сп
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Віктор САВІЦЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

Керівник: _____

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 656.075

Савіцький Віктор Володимирович. Підвищення ефективності технічного обслуговування двигунів внутрішнього згоряння на основі оцінки витрати оливи. Кваліфікаційна робота. Кваліфікаційна робота. Львів: Львівський НУВМБ ім. Степана ГЖИЦЬКОГО, 2025. 70 с.

Табл. 14; рис. 16; бібліогр. джерел 23.

У роботі розглянуто конструктивні особливості двигунів внутрішнього згоряння, зокрема циліндро-поршневої групи та системи мащення, визначають ефективність роботи, економічність та довговічність силового агрегату. Аналіз режимів роботи двигуна й нормативів витрати ПММ свідчить, що правильний підбір оливи, якісний технічний стан системи мащення та своєчасне обслуговування дозволяють суттєво знизити витрати, покращити надійність і зменшити шкідливі викиди.

Стандартизовані випробування (NEDC, WLTC) не можуть повною мірою врахувати змінність дорожніх, кліматичних та експлуатаційних умов. Використання додаткових систем (кондиціонер, обігрівач) та рух із додатковими навантаженнями підвищує споживання пального на 10–20%.

Зношування циліндро-поршневої групи веде до втрати компресії та зростання витрат пального і оливи до 40–50% у порівнянні з новим двигуном. Сучасні адаптивні системи обслуговування базуються на контролі фактичних параметрів: компресії, витрати оливи, діагностики зазорів, що дозволяє планувати систему ТО. Запропонована адаптивна система ТО для Peugeot 301 і Volkswagen Polo передбачає: контроль компресії кожні 40 тис. км; скорочення інтервалу заміни оливи при зростанні її витрати, виконання капремонту ЦПГ при пробігу 350–400 тис. км чи досягненні критичних параметрів.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1.	
СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1. Особливості конструкції двигунів внутрішнього згоряння.....	9
1.2. Класифікація моторних олив і їх вплив на роботу двигуна.....	16
1.3. Нормативи втрати ПММ автомобілями.....	21
1.4. Визначення ефективності витрат палива та рівня та викидів автомобілями.....	24
Висновки за розділом.....	26
РОЗДІЛ 2.	
РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	27
2.1. Визначення паливної економічності автомобілів залежно від експлуатаційних умов.....	27
2.2. Розрахунок факторів, що впливають на витрату паливо-мастильних матеріалів	31
Висновки за розділом.....	35
РОЗДІЛ 3.	
МЕТОДИКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМАНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	36
3.1. Аналіз існуючих систем і методів технічного обслуговування автомобільних двигунів	36
3.2. Оцінка витрат паливо-мастильних матеріалів залежно від стану циліндро-поршневої групи та пробігу автомобіля.....	40
3.3. Пропонована адаптивна система технічного обслуговування автомобілів залежно від стану двигуна	49
Висновки за розділом.....	53
РОЗДІЛ 4.	
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	54

4.1.	Небезпечні чинники і фактори під час технічного обслуговування двигунів внутрішнього згоряння	54
4.2.	Розрахунок системи мікроклімату ремонтної дільниці з обслуговування двигунів внутрішнього згоряння.....	55
	Висновки за розділом.....	57
РОЗДІЛ 5		
	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	58
5.1.	Техніко-економічне обґрунтування розширення фронту робіт дільниці з обслуговування автомобілів	58
5.2.	Розрахунок основних та виробничих фондів.....	59
5.3.	Розрахунок змінних затрат на обслуговування автомобілів.....	61
	Висновки за розділом.....	66
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	67
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

ВСТУП

Актуальність дослідження. В сучасних умовах експлуатації автомобільного транспорту особливе значення має забезпечення надійної роботи двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), оскільки саме двигун є найбільш навантаженим вузлом транспортного засобу. Його надійність та працездатність визначаються, насамперед, своєчасним і якісним технічним обслуговуванням, що напряду впливає на ефективність використання автомобілів, витрати на їх утримання та ремонт.

Серед основних показників, що визначають технічний стан двигуна, важливе місце займає витрата моторної оливи. Підвищені витрати оливи свідчать про зношеність деталей циліндро-поршневої групи, порушення герметичності ущільнень і прокладок, а також можуть бути пов'язані з несправностями систем змащення. Така ситуація призводить не лише до збільшення експлуатаційних витрат, але й до зниження ефективності та скорочення ресурсу двигуна. В умовах економічних викликів, коли автопідприємства змушені шукати шляхи зменшення витрат, питання контролю і нормування витрати оливи набуває додаткової актуальності.

Напрями роботи щодо підвищення ефективності технічного обслуговування двигунів внутрішнього згоряння на основі оцінки витрати моторної оливи є актуальною та своєчасною. Аналіз витрат моторних оливи дозволяє не тільки своєчасно виявляти проблеми двигуна на ранніх стадіях їх розвитку, але й оптимізувати процедури технічного обслуговування, що забезпечує більш ефективну та економічну експлуатацію автомобільного парку підприємств [1], [13], [14].

Також необхідною є оцінка факторів, що впливають на витрати моторних оливи у двигунах внутрішнього згоряння та розробка рекомендацій щодо вдосконалення технології їх технічного обслуговування для зниження експлуатаційних витрат і підвищення ресурсу.

Для досягнення поставленої мети визначені такі основні завдання: аналіз особливостей конструкції сучасних двигунів, виявлення та систематизація основних факторів, що впливають на витрати моторної оливи; експериментальне визначення витрати оливи в експлуатаційних умовах на прикладі реальних автопідприємств; оцінка впливу стану циліндро-поршневої групи на витрату моторної оливи; розробка заходів щодо зменшення витрат моторних оливи на основі оптимізації технології технічного обслуговування та ремонту двигунів.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Особливості конструкції двигунів внутрішнього згоряння

Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) є основним джерелом механічної енергії для автомобільного транспорту. Вони перетворюють хімічну енергію палива в механічну за рахунок згоряння паливно-повітряної суміші безпосередньо в робочих камерах двигуна. Конструкція сучасних ДВЗ значною мірою визначається вимогами щодо ефективності роботи, економічності витрат палива та оливи, зниження викидів шкідливих речовин і загальної надійності.

Основними конструктивними елементами будь-якого ДВЗ є циліндро-поршнева група, система змащення, система охолодження, система живлення паливом, система запалювання (для бензинових двигунів), а також газорозподільний механізм. У дизельних двигунах замість системи запалювання використовується високий ступінь стиснення, що забезпечує самозапалювання палива [1], [13], [15]..

Циліндро-поршнева група є найбільш критичним вузлом у двигуні, від конструктивних особливостей і стану якої залежать витрати моторної оливи та ресурси двигуна. До складу цієї групи входять блок циліндрів, поршні, поршневі кільця, шатуни та колінчастий вал. Матеріал блоку циліндрів зазвичай чавун або алюмінієві сплави з додатковими гільзами. Поршні виконуються із алюмінієвих сплавів, що забезпечує зменшення маси та підвищення теплопровідності.

Поршневі кільця мають вирішальне значення для герметизації камери згоряння, а отже, для ефективності згоряння паливно-повітряної суміші. Верхні компресійні кільця забезпечують герметичність камери, середні – підтримують заданий рівень компресії, а маслоснімні кільця контролюють товщину мастильного шару на стінках циліндрів, запобігаючи надмірній витраті оливи.

Поршневі кільця є важливими конструктивними елементами поршневої групи двигуна внутрішнього згоряння, що суттєво впливають на його експлуатаційні характеристики. Вони забезпечують ущільнення камери згоряння, регулюють витрату моторної оливи та відводять тепло від поршня до стінок циліндрів. Якість та ефективність роботи кілець значною мірою визначають ресурс двигуна, рівень витрати пального, кількість шкідливих викидів та витрату моторної оливи.

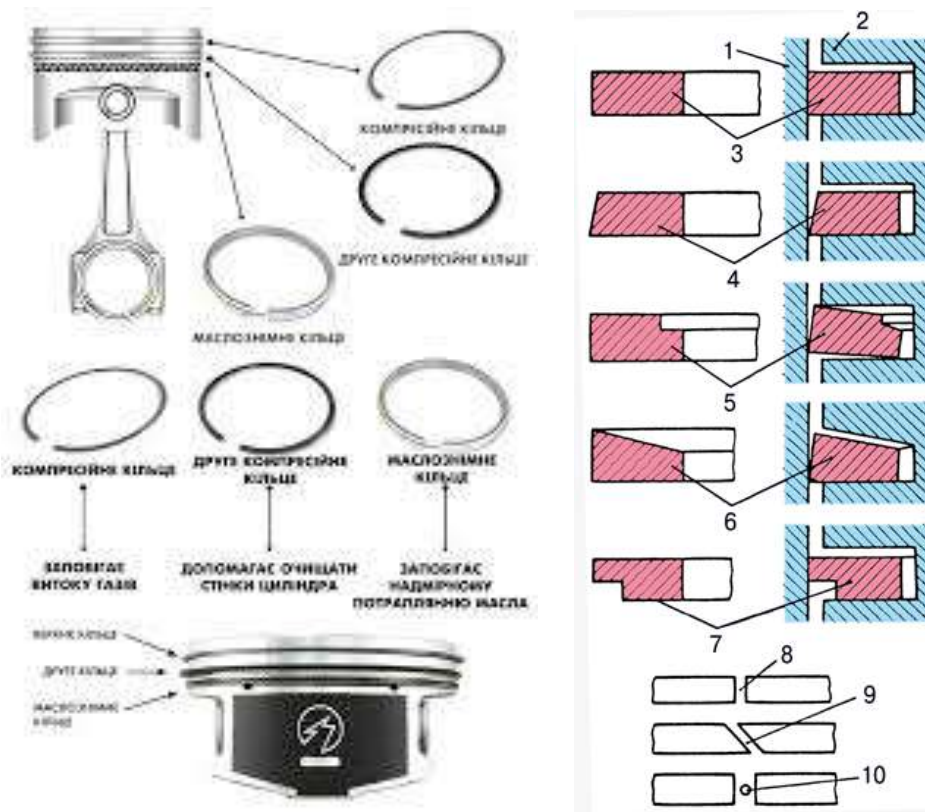
За конструкцією поршневі кільця ділять на компресійні та оливознімні. Як правило, на поршні встановлюють два компресійних кільця та одне оливознімне. Компресійні кільця герметизують камеру згоряння, утримуючи тиск газів під час тактів стиснення та розширення. Оливознімне кільце відповідає за видалення зайвої оливи зі стінок циліндра та контроль її витрати [1], [16].

Компресійні кільця зазвичай мають прямокутний або трапецієподібний переріз. Їх висота коливається в діапазоні від 1,0 до 3,0 мм, залежно від типу двигуна, робочого об'єму та режимів експлуатації. Від товщини кільця залежать його пружність, зносостійкість та здатність швидко адаптуватися до форми стінок циліндра. Оптимальний вибір розмірів кілець впливає на мінімізацію витоку газів і досягнення належної герметичності в камері згоряння.

Оливознімні кільця мають складнішу конструкцію, вони складаються з двох тонких сталевих пластин і розширювача між ними, який забезпечує необхідне притискання кілець до стінок циліндра. Висота такого кільця переважно становить 2,0–4,0 мм. Спеціальна конфігурація канавок і отворів у поршні дозволяє ефективно видаляти зайву оливу назад до картера двигуна.

Верхнє компресійне кільце, яке розташовується найближче до днища поршня, зазвичай виконується із прямокутним перерізом. Саме така форма забезпечує кільцю найбільшу контактну площу зі стінками циліндра, що суттєво покращує тепловідведення від поршня, ефективно знижуючи ризик перегріву та деформації поршневого комплексу. Виробництво прямокутних

кільце не викликає технологічних складнощів, завдяки чому вони є економічно вигідним рішенням. Для уникнення помилок при встановленні такі кільця мають спеціальну мітку, яка вказує правильне орієнтування верхньою стороною до днища поршня.



1 – стінка циліндр; 2 – поршень; 3, 4, 5 і 6 –прямокутна, конусна, торсійна і трапецеєподібна форма поперечного перерізу кільця; 7 – виточка по зовнішньому діаметру; 8 і 9 – прямий і косий замки кільця;
10 – замок з фіксатором

Рисунок 1.1 – Конструктивні особливості компресійних кілець

Конусні компресійні кільця мають характерну форму, яка звужується до нижньої кромки. Така конструкція створює високий питомий тиск на стінку циліндра, забезпечуючи прискорене та ефективне притирання кільця. Під час робочого циклу гостра нижня кромка кільця, рухаючись вниз, знімає зайве масло, тоді як при русі поршня вгору забезпечує розподіл масла по стінках циліндра, що суттєво покращує мащення та знижує зношення.

Кільця з внутрішньою фаскою, відомі як торсійні, мають особливість деформуватись у процесі монтажу. Завдяки цьому вони притискаються до стінки циліндра переважно своєю нижньою поверхнею. Конструктивна особливість торсійних кілець забезпечує менші вертикальні рухи в канавці поршня, покращуючи при цьому герметизацію та знижуючи витрату оливи. Торсійні кільця зазвичай встановлюються таким чином, щоб фаска чи виточка була направлена до верхньої частини поршня [17].

Трапецеїдні компресійні кільця мають канавки відповідної форми в поршні, які забезпечують їх рухливість у радіальному напрямку. Під час роботи двигуна ці кільця постійно переміщуються, завдяки чому запобігають накопиченню нагару та закоксовуванню. Особливо ефективними такі кільця виявляються у дизельних двигунах, де умови роботи характеризуються підвищеним температурним навантаженням.

Кільця з зовнішньою виточною у нижній частині поверхні ефективно видаляють надлишок оливи зі стінок циліндра, мінімізуючи її витрату. Така конструкція кілець має особливе значення у двигунах, де критичним є контроль за споживанням оливи, наприклад, у сучасних бензинових і дизельних двигунах.

З метою збільшення терміну експлуатації та зниження коефіцієнта тертя, робочі поверхні верхніх компресійних кілець зазвичай покривають шаром хрому. Хромоване покриття має пористу структуру, яка забезпечує краще утримання моторної оливи і зменшує зношення контактних поверхонь.

Оптимальне число компресійних кілець для сучасних двигунів зазвичай знаходиться в межах 3-4 штук. Збільшення кількості кілець позитивно впливає на герметизацію поршневого вузла, однак призводить до збільшення механічних втрат через тертя.

Маслознімні кільця мають окрему функцію – вони встановлюються нижче компресійних кілець і забезпечують контроль за кількістю моторної оливи, яка потрапляє у камеру згоряння. Конструкція маслознімних кілець

передбачає наявність спеціальних каналів для відведення зайвої оливи назад у картер.

Коробчасті маслоснімні кільця з зовнішньою кільцевою канавкою мають зменшену контактну площу, завдяки чому досягається високий питомий тиск, що покращує їхню ефективність. Надлишкова олива збирається і виводиться через спеціальні отвори у внутрішній порожнині поршня.

Маслоснімні кільця скребкового типу встановлюються парами і покриваються хромом, завдяки чому вони ефективно адаптуються до поверхні циліндра, суттєво знижуючи споживання моторної оливи.

Збірні маслоснімні кільця оснащуються додатковими пружинними елементами – осьовими та радіальними розширювачами, які забезпечують постійний притиск кілець до стінок циліндра, підвищуючи ефективність роботи та стабільність експлуатації двигуна.

Зазори поршневих кілець є критично важливими для їхньої правильної роботи та підбираються відповідно до рекомендацій виробників двигунів. Найважливішими є зазори в замку кільця, які забезпечують компенсацію температурних розширень. Типовий зазор у замку компресійних кілець для легкових автомобілів становить 0,25–0,50 мм, тоді як для оливознімних кілець – близько 0,20–0,45 мм. Недостатній зазор у замку кільця може призводити до заклинювання поршня при нагріванні двигуна, тоді як надмірний зазор викликає витік газів та підвищену витрату оливи.

Матеріалом для виготовлення поршневих кілець переважно є спеціальні чавуни з високим вмістом графіту, а також сталеві сплави. Сірий чавун марки СЧ-24 або легований чавун з підвищеним вмістом нікелю та молібдену забезпечує необхідні властивості тертя та зносостійкості. Сталеві кільця відрізняються більшою жорсткістю та здатністю витримувати високі температурні та механічні навантаження.

Важливу роль у підвищенні зносостійкості та зменшенні тертя відіграють спеціальні покриття поршневих кілець. Найбільш

розповсюдженими покриттями є хром, молібден та керамічні матеріали. Хромування (товщина 20–40 мкм) дозволяє значно знизити тертя, підвищити зносостійкість та термостійкість кільця. Молібденове покриття (товщина 70–100 мкм) забезпечує найкраще прилягання кільця до стінок циліндрів навіть при нерівностях поверхні. Керамічні та комбіновані покриття використовують у сучасних високонавантажених двигунах з високим ступенем стиснення і турбонаддувом для максимального продовження ресурсу кілець.

Система мащення двигуна внутрішнього згоряння є критично важливим елементом його конструкції, що забезпечує нормальні умови роботи всіх деталей, які зазнають тертя та підвищених навантажень. Від ефективності цієї системи залежить довговічність двигуна, його паливна економічність, екологічні показники, а також стабільність експлуатаційних характеристик протягом тривалого періоду.

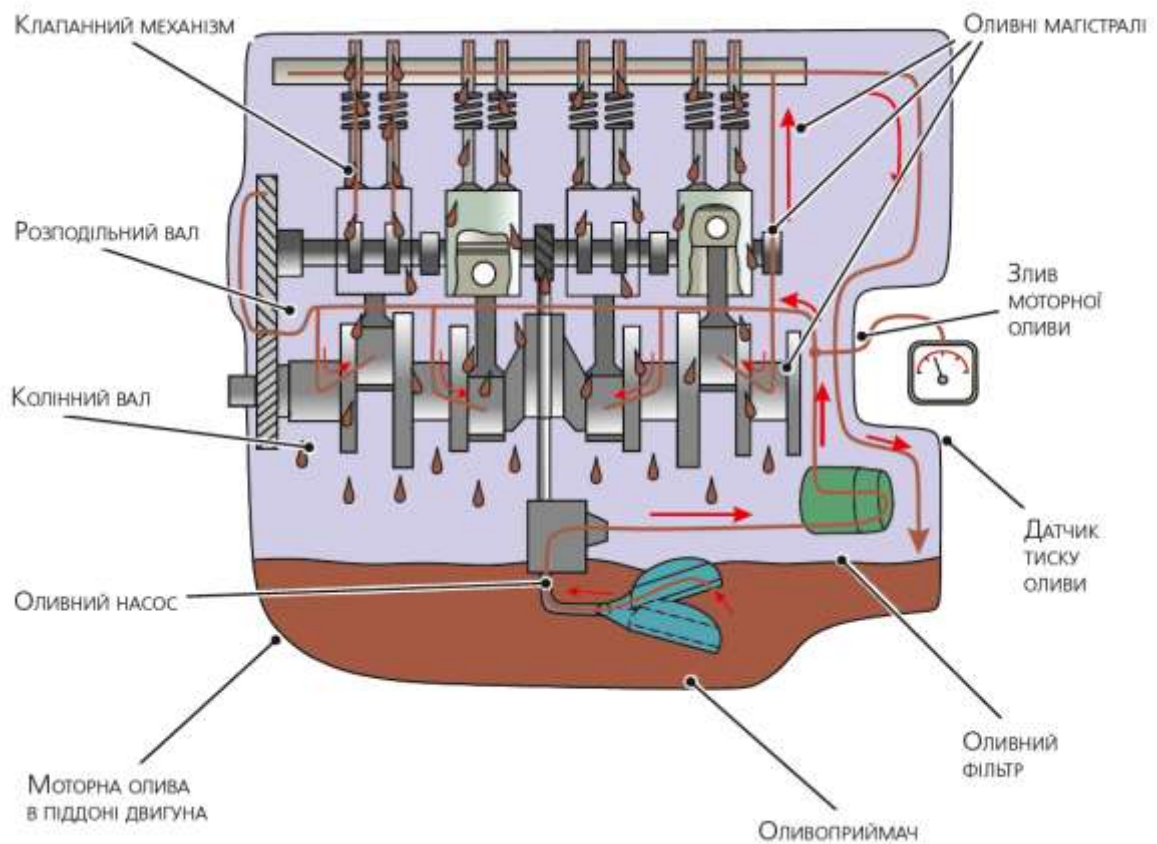


Рисунок 1.2 – Система мащення двигуна

Основним завданням системи мащення є подача моторної оливи до всіх деталей і вузлів двигуна, що перебувають у контакті та рухаються один відносно одного. Зокрема, це підшипники колінчастого і розподільних валів, поршневі кільця, стінки циліндрів, елементи клапанного механізму тощо. Завдяки мащенню зменшується тертя між рухомими поверхнями, запобігається їх передчасному зносу та перегріву, а також забезпечується герметичність робочих зон (особливо це актуально для поршневих кілець).

Більшість сучасних двигунів автомобілів мають комбіновану систему мащення, яка поєднує примусове (під тиском) і розбризкувальне (розпилення) мащення. Основною частиною є примусове мащення під тиском, коли моторна олива, що знаходиться в картері двигуна, нагнітається спеціальним насосом у масляні канали і потрапляє до найважливіших зон тертя. Другорядні елементи, такі як поршні й стінки циліндрів, мащуються шляхом розбризкування або стікання оливи з інших деталей двигуна.

Одним із ключових елементів системи мащення є масляний насос. Найчастіше в автомобільних двигунах використовують шестеренні, рідше – роторні (героторні або трохоїдні) насоси. Шестеренні насоси є найбільш поширеними через простоту конструкції, надійність та ефективність роботи. Насос зазвичай встановлюють у нижній частині двигуна та приводять у дію від колінчастого вала за допомогою шестерні або ланцюгової передачі.

Робота масляного насоса полягає в тому, що моторна олива з піддона картера надходить у його порожнину, а потім витісняється в канали системи під тиском. Важливо зазначити, що стабільність тиску є однією з головних умов правильної роботи системи мащення. Для регулювання цього тиску в системі використовуються спеціальні перепускні (редукційні) клапани, що підтримують необхідний рівень тиску, навіть при зміні обертів двигуна або в'язкості оливи [1], [16].

Робочий тиск оливи зазвичай становить 2-6 бар, що є оптимальним для більшості сучасних двигунів. При зниженні тиску нижче норми (наприклад, через зношення насоса, забруднення каналів або зменшення кількості оливи)

відбувається недостатнє змащення деталей двигуна, що спричиняє їх знос і пошкодження. Навпаки, надмірний тиск може викликати підвищене навантаження на ущільнення і прокладки, що призводить до витоків оливи.

Подача оливи здійснюється через систему каналів і отворів у корпусі двигуна, а також через форсунки спеціального призначення, які забезпечують точкове і точне мащення. Форсунки, наприклад, застосовуються для подачі оливи на днища поршнів у високонавантажених двигунах з турбонаддувом, що дозволяє ефективно охолоджувати ці деталі.

1.2 Класифікація моторних олив і їх вплив на роботу двигуна

Моторна олива, що використовується в системах мащення двигунів внутрішнього згоряння, має надзвичайно складний склад і відіграє вирішальну роль у забезпеченні їх тривалої та надійної роботи. Основна функція оливи полягає у створенні мастильної плівки між деталями, що взаємодіють під високими навантаженнями й температурами. Від характеристик цієї плівки залежить не лише коефіцієнт тертя між деталями, а й швидкість їх зношування, ефективність відведення тепла, а також захист робочих поверхонь від корозії та забруднення.

Класифікація моторних олив здійснюється на основі кількох ключових ознак: в'язкості, типу базової основи, експлуатаційних властивостей і відповідності сучасним стандартам. В'язкість є одним із найважливіших параметрів, оскільки вона визначає стабільність мастильної плівки за різних температурних і динамічних навантажень. Для вимірювання в'язкості найчастіше використовують класифікацію SAE (Society of Automotive Engineers), де, наприклад, олива класу SAE 10W-40 забезпечує збереження оптимальної плинності як при низьких, так і високих температурах, що важливо для запуску двигуна взимку та стабільного мащення у спекотний період. Вибір оливи із занадто низькою в'язкістю може призвести до порушення гідродинамічного режиму мащення при

зростанні температури, що загрожує утворенням сухого тертя в зоні найбільших навантажень, таких як шийки колінчастого валу або поршнева група [16].

Ще одним критично важливим фактором є хімічний склад базової оливи та наявність пакета присадок. Сучасні синтетичні оливи мають набагато вищі антиокислювальні, миючі та протизношувальні властивості, порівняно з мінеральними, що особливо актуально для двигунів із турбонаддувом або системою безпосереднього впорскування пального. Такі агрегати працюють у режимах підвищених температур і тисків, що спричиняє швидке старіння мастила та підвищене утворення нагару на поршнях і клапанах. Додаткові присадки дозволяють протистояти окисленню, утворенню відкладень і лаку, а також сприяють стабільності роботи гідрокомпенсаторів, турбін і системи вентиляції картера.

Міжнародні стандарти API та ACEA визначають рівень експлуатаційних характеристик моторних олив, класифікуючи їх за рівнем захисту від зношування, сумісністю з каталізаторами, стійкістю до високотемпературного окислення та впливом на економічність роботи двигуна. Сучасні оливи класу API SP або ACEA C3 повинні забезпечувати збереження чистоти поршневих канавок, низьке утворення золистих відкладень і оптимальне змащування навіть при збільшених міжсервісних інтервалах.

Технічний вплив моторної оливи на роботу двигуна проявляється у зміні рівня тертя й температури в зонах найбільших контактних навантажень, формуванні газощільного шару між циліндром і поршнем, а також у мінімізації проникнення продуктів згоряння до картера. Олія з недостатньою стійкістю до зсуву або зі зниженими миючими властивостями сприятиме зростанню шламоутворення, погіршенню роботи поршневих кілець та клапанів, підвищенню витрати оливи та пального. Наприклад, у дизельних двигунах, що експлуатуються в режимах частих запусків і зупинок, при використанні малов'язких або неякісних олив спостерігається

швидке залягання компресійних кілець, утворення нагару та підвищене споживання пального внаслідок зниження компресії.

Рівень кінематичної в'язкості моторної оливи розраховується як відношення її динамічної в'язкості до густини при робочій температурі. Від цього параметра залежить не лише плинність, а й здатність оливи утримуватись на вертикальних поверхнях гільзи та забезпечувати швидке надходження у зону мащення при холодному запуску. Формально цей показник розраховується за формулою $\nu = \eta / \rho$, де ν – кінематична в'язкість ($\text{м}^2/\text{с}$), η – динамічна в'язкість ($\text{Па}\cdot\text{с}$), ρ – густина ($\text{кг}/\text{м}^3$). Синтетичні оливи преміум-класу мають стабільну кінематичну в'язкість навіть після тривалої роботи в екстремальних умовах.

Таблиця 1.1 - Основні характеристики і склад різних типів моторних олив

Показник / Тип оливи	Мінеральна	Напівсинтетична	Синтетична
Базова основа	Нафтові дистиляти	Суміш мінеральних і синтетичних баз	Синтетичні вуглеводні основи (ПАО, естери)
В'язкість (SAE)	10W-30, 15W-40	10W-40, 5W-30	0W-30, 5W-40, 0W-20
Індекс в'язкості	90–110	120–140	140–180
Зміст присадок	10–15%	15–25%	20–35%
Миючі (детергентні)	Середні	Підвищені	Високі
Диспергуючі	Слабкі	Середні	Високі
Протизношувальні	Середні	Підвищені	Високі
Протикорозійні	Середні	Підвищені	Високі
Окислювальна стабільність	Помірна	Вища за мінеральну	Висока
Температура застигання, °C	–18...–25	–27...–35	–40...–55
Робочий інтервал, км	3 000–5 000	7 000–10 000	12 000–25 000
Вартість	Найнижча	Середня	Вища
Кількість сірки	До 0,6%	0,1–0,5%	<0,1

До протизношувальних і протиугарних присадок у моторних оливах відносять спеціальні хімічні компоненти, які забезпечують захист деталей двигуна від надмірного зношування та втрат металу під час тертя в умовах високих температур і навантажень. Такі присадки відіграють ключову роль у збереженні ресурсу двигуна, особливо у сучасних ДВЗ із високим ступенем форсування. До них відносять.

Діалкілідитіофосфати цинку (ZDDP, Zinc Dialkyldithiophosphate) – це найпоширеніші присадки, які ефективно знижують зношування та попереджають задири, утворюючи на поверхні деталей міцну фосфатну захисну плівку. Крім того, вони мають антиокислювальні властивості, захищаючи оливу від термічного руйнування.

Фосфорвмісні сполуки – застосовуються разом із ZDDP або окремо; фосфор утворює міцну захисну плівку на металевих поверхнях, знижуючи тертя і знос у зоні контакту.

Сполуки кальцію, магнію, барію, крім нейтралізуючих властивостей, солі кальцію або магнію часто виконують функцію додаткових протизношувальних присадок, а їх комплексні формули (наприклад, феноляти кальцію) покращують стабільність оливи при високих температурах.

Молібденовмісні присадки (органічний молібден, молібдат натрію) – формують на поверхні деталей особливо міцну протизношувальну плівку, що стійка до високих температур, додатково знижують коефіцієнт тертя і запобігають задирам навіть у режимах «сухого тертя». Молібден у формі молібдену дисульфід (MoS₂) є класичним прикладом.

Присадки на основі бору утворюють дуже міцні захисні плівки, підвищують протиугарні властивості оливи, покращують стійкість до навантажень і підвищують експлуатаційний ресурс поршневих груп.

Органічні естери та поліолефіни – використовуються у преміальних синтетичних оливах, мають властивості модифікаторів тертя, сприяють зниженню зношування і підвищують протиугарну стійкість.

При використанні оливи з високим вмістом ZDDP та молібденових присадок у двигунах, схильних до інтенсивного зношування (наприклад, при коротких міських поїздках або в гоночних режимах), спостерігається суттєве зниження втрат металу на поршневих кільцях, штовхачах клапанів і розподільних валах. Антифрикційний ефект молібдену дозволяє значно зменшити коефіцієнт тертя, а борвмісні добавки покращують збереження плівки оливи навіть за критичних навантажень.

Робота двигунів внутрішнього згоряння характеризується широким діапазоном режимів, кожен із яких по-своєму впливає на витрату моторної оливи. До основних режимів належать пуск і прогрів, холостий хід, часткові навантаження, повне навантаження (максимальне прискорення), тривала робота під навантаженням та гальмування двигуном. Особливості кожного режиму визначають інтенсивність тертя в циліндропоршневій групі, температуру деталей, тиск газів у картері та умови змащування. Олизовитрати змінюються під впливом багатьох експлуатаційних і конструктивних факторів.

На холостому ході витрата оливи зазвичай мінімальна. Температура двигуна нижча, тиск газів у картері зменшений, а швидкість переміщення поршнів незначна, що забезпечує стабільний стан масляної плівки та мінімальне проривання газів у картер. Проте при тривалій роботі на холостому ході через недостатній прогрів можливе накопичення конденсату та розрідження оливи, що призводить до підвищення її витрати при подальших навантаженнях.

У режимі часткових навантажень двигун працює з оптимальними показниками тиску та температури, ефективно ущільнюються поршневі кільця, утримується стабільна масляна плівка, а втрати оливи є типовими для даного агрегату. При цьому суттєве значення мають технічний стан двигуна, ступінь зносу циліндрів і кілець, а також якість моторної оливи.

Робота двигуна під повним навантаженням, особливо при максимальному прискоренні або підйомі, призводить до зростання тиску

газів у камері згоряння, збільшення температури і навантаження на деталі. Це сприяє підвищеному прориванню газів у картер, перегріву циліндропоршневої групи та збільшенню випаровування і вигорання оливи. Інтенсивність втрати оливи зростає внаслідок порушення стабільності масляної плівки, особливо за умов зношування поршневих кілець чи циліндрів.

Під час тривалої роботи під навантаженням або в умовах буксування, коли двигун працює на межі своїх можливостей, спостерігається накопичення продуктів згоряння, утворення лаку і нагару на кільцях та поршнях, що ускладнює зворотній рух оливи у картер і провокує її потрапляння в камеру згоряння.

Гальмування двигуном пов'язане з різким зменшенням тиску у циліндрі, що може призводити до підсмоктування оливи через зношені сальники клапанів або прокладки. Особливо це проявляється у двигунах із великим пробігом.

На витрату оливи також впливають низка факторів: ступінь зносу циліндро-поршневої групи і направляючих клапанів, технічний стан маслоснімних ковпачків, тиск і температура у системі мащення, якість і клас моторної оливи, конструкція поршневих кілець, умови експлуатації (часті короткі поїздки, робота у запиленому середовищі), режим прогріву, температурні перепади, а також стиль керування транспортним засобом.

1.3. Нормативи втрати ПММ автомобілями

В Україні порядок визначення витрати пального та експлуатаційних матеріалів для автотранспортних підприємств чітко регламентується відповідними нормативно-правовими актами. Основним документом є Положення «Про затвердження Змін до Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті», що затверджується Міністерством інфраструктури України на підставі розробок ДП "Державтотранс НДІ

проект". Цей документ не лише уніфікує підходи до розрахунку витрат ПММ, а й враховує актуальні особливості експлуатації сучасного рухомого складу, способи встановлення додаткового обладнання та їх вплив на споживання ресурсів.

Нормування охоплює всі види автотранспортних засобів – від легкових автомобілів до вантажних автопоїздів та спецтехніки, незалежно від їх цільового призначення. Наприклад, для бензинових двигунів внутрішнього згоряння базова норма витрати пального на транспортні роботи становить 2,0 л/100 т·км, а для дизельних – 1,3 л/100 т·км. Для руху на дорогах із твердим покриттям, коли не застосовуються коригувальні коефіцієнти, ці показники зменшуються відповідно до 1,4 л/100 т·км (бензин) і 0,9 л/100 т·км (дизель). У разі використання альтернативних палив, наприклад, скрапленого чи стисненого газу, необхідно додатково застосовувати перевідні коефіцієнти, що відображають енергетичний еквівалент споживаного ресурсу.

Серед спеціальних розрахунків виділяється встановлення додаткових нормативів для транспортних засобів, обладнаних автономними опалювачами чи кондиціонерами. Наприклад, норма витрат для роботи автономного обігрівача визначається залежно від температури навколишнього середовища і може досягати 80% від обсягу, спожитого за годину роботи в найхолодніших умовах. Це дозволяє врахувати особливості зимової експлуатації транспорту та запобігти непередбаченим втратам пального [21], [22].

Окремо встановлюються норми на маневрування під час навантажувально-розвантажувальних операцій. Наприклад, для кожного циклу руху з вантажем обраховується додаткова витрата пального за формулою $H_z = 0,02 \times G_e$, де G_e – вантажопідйомність автомобіля, т. Для бензинових двигунів ця величина збільшується ще на 20–25%. При розрахунках витрати палива на одиницю спорядженої маси автомобіля (H_g) також враховується конструкція кузова та тип шасі.

Важливим фактором для дотримання об'єктивності є застосування температурних, висотних, дорожніх та інших поправочних коефіцієнтів. Наприклад, для роботи за низьких температур паливоподача збільшується на 4–10%, а для роботи в гірській місцевості на висотах понад 800 м – до 15%. Аналогічно, для експлуатації у великих містах з інтенсивним рухом або частими зупинками витрати пального можуть збільшуватися на 5–15%.

Окрім цього, нормативна база регламентує підвищення витрат для нових і капітально відремонтованих двигунів (до 10%) або при значному пробігу автомобіля, а також для транспортних засобів, що виконують маршрути з великою кількістю розгонів, гальмувань, роботою у заторах чи низькошвидкісних умовах руху.

Для точності розрахунків нормативи можуть коригуватися на підставі даних телематичних систем, бортових комп'ютерів, а також актів технічного стану автомобіля. Всі такі зміни документуються, затверджуються відповідним наказом та заносяться у маршрутні листи, що забезпечує прозорість та обґрунтованість у визначенні витрат ПММ.

Типові формули розрахунків, як-от $H_z = 0,02 \times G_g$ для витрати на маневрування чи $Q_{он} = H_{он} \times 0,01 \times KT \times t_{он}$ для роботи автономного обігрівача, є частиною комплексного підходу до формування витратних нормативів. Вони дають змогу врахувати індивідуальні умови експлуатації, сезонні та регіональні особливості, а також конструктивні відмінності автотранспортної техніки.

Графічно залежність питомої витрати пального від швидкості руху автомобіля має вигляд параболи – за збільшення швидкості вище економічної (приблизно 70–90 км/год) витрати зростають непропорційно через підвищення аеродинамічного опору. Це важливо враховувати при плануванні маршрутів, організації перевезень та оптимізації витрат на підприємстві.

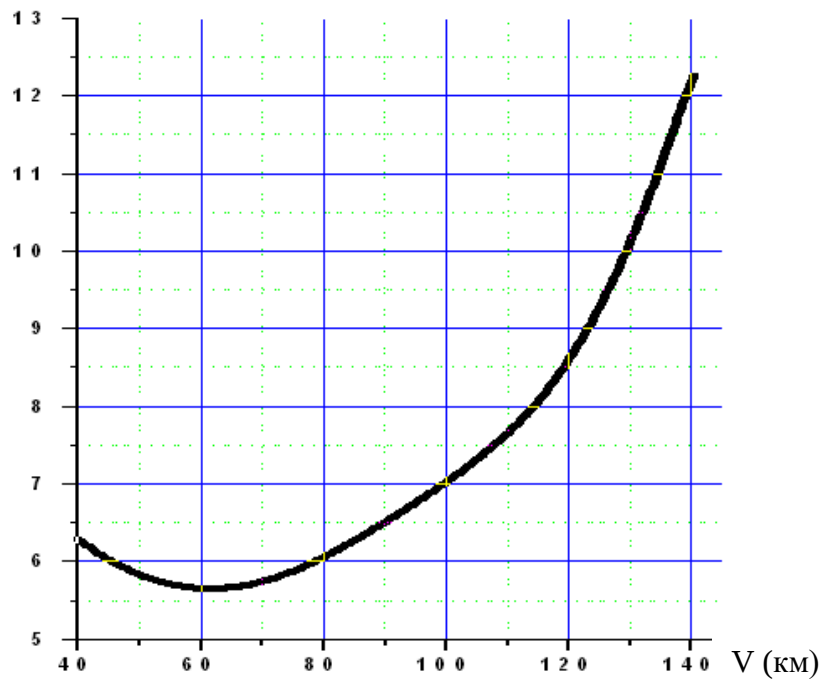


Рисунок 1.3 - Приріст витрати палива автомобілем зі зміною швидкості руху

Нормативна база дає змогу підприємствам забезпечувати економічну, безпечну та екологічну експлуатацію транспортних засобів, сприяє зниженню нераціональних витрат і підвищенню ефективності використання ресурсів на автотранспорті.

1.4 Визначення ефективності витрат палива та рівня та викидів автомобілями

Експлуатаційні характеристики автомобіля у реальних умовах суттєво відрізняються від офіційних лабораторних даних виробника. Головна причина – відмінності методик сертифікаційних тестів (NEDC, WLTP) від дійсних дорожніх ситуацій. У реальних умовах на ефективність витрат палива та рівень шкідливих викидів впливає значна кількість чинників, серед яких – аеродинаміка, маса автомобіля, дорожні умови, клімат, якість пального, технічний стан, стиль водіння тощо. Оцінка кожного з цих факторів дозволяє планувати заходи з підвищення паливної економічності й зниження екологічного впливу [21], [22].

Таблиця 1.2 – Порівняння впливу основних факторів на витрату палива і викидів

Фактор	Величина впливу, % на витрату палива (NEDC)	Величина впливу, % на витрату палива (WLTP)
Відкриті вікна (130 км/год)	+4,3	+5,1
Багажник/бокс на даху	+6,5	+9,7
Боковий вітер	+2,2	+2,7
Зниження аеродинамічного опору на 10%	–2,5	–3,6
Підвищення маси на 100 кг	+5–7	+5–8
Буксирування причепа	+30–35	+30–36
Агресивне водіння	+25	+28
Температура повітря – 10°C	+8	+10
Опади (дощ, сніг)	+20–25	+20–30
Низький тиск у шинах (–0,2 бар)	+1,5	+1,7
Заміна масла на менш в'язке	–2,2	–2,5
Забруднення повітряного фільтра	+3–5	+4
Рух у заторі, холостий хід	+15–20	+20–30
Якість та склад пального	–1...+2	–1...+2

Зіставлення даних різних лабораторних і реальних випробувань засвідчує, що у більшості випадків офіційно заявлені дані про витрату пального та викиди CO₂ є заниженими відносно до середньостатистичних показників під час експлуатації. Найбільш вагомий вплив мають режими руху (особливо міський цикл), агресивний стиль керування, а також маса автомобіля й наявність додаткових конструктивних елементів. У реальних умовах під час руху по трасі з боковим вітром та завантаженням даху, приріст витрати палива може досягати 10–15% до паспортних значень.

Порівняння типів пального та двигунів показує, що дизельні та гібридні автомобілі залишаються найекономічнішими в умовах однакової маси та

стилю водіння. У міському циклі витрата збільшується на 15–25% через часті зупинки, прогріви, додаткове навантаження на допоміжні системи. Відповідно, суттєве значення має якість пального й мастильних матеріалів, своєчасне технічне обслуговування, вибір шин із низьким опором коченню та підтримання оптимального тиску.

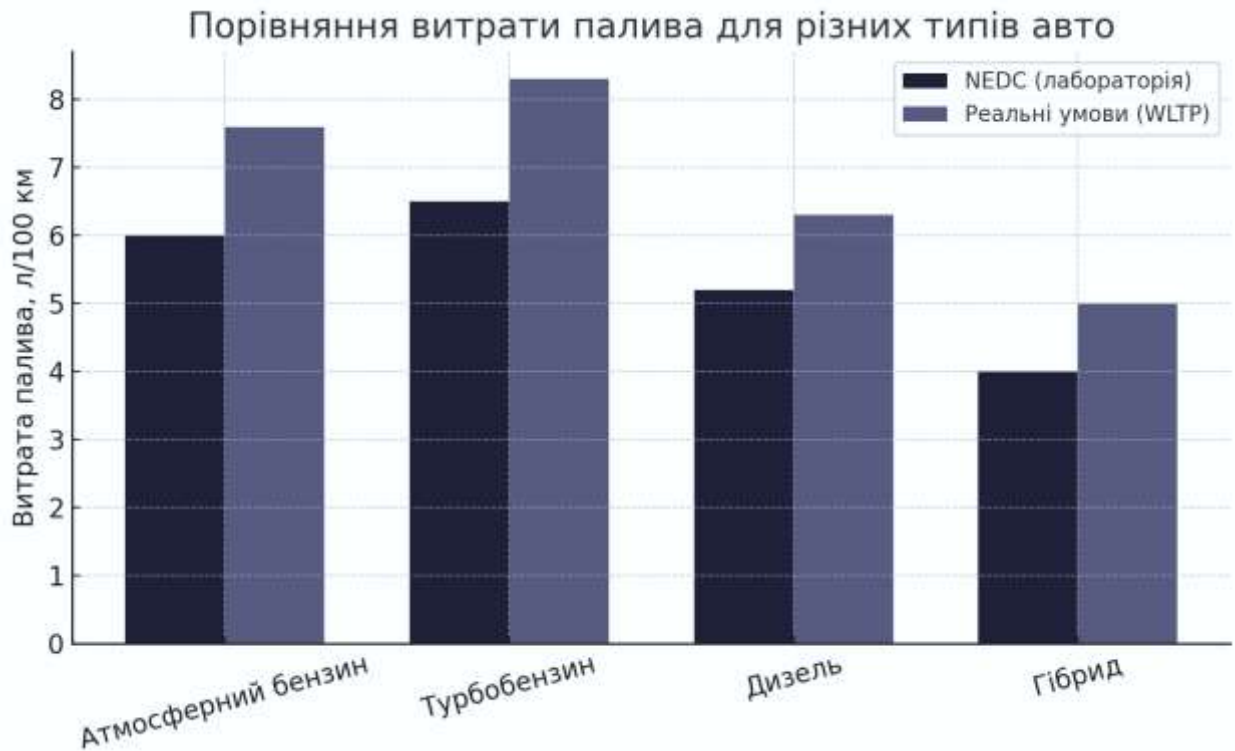


Рисунок 1.4 - Випробування транспортних засобів за відповідними процедурами

Робота при низьких температурах, опади, вітер значно збільшують витрату пального, що потрібно враховувати при плануванні ресурсів підприємства. Проведене порівняння показує, що навіть сучасні лабораторні процедури (WLTP) не можуть у повній мірі відтворити реальної експлуатації, що підкреслює важливість використання комплексного підходу для оцінки ефективності й екологічності автотранспорту.

Висновки за розділом

1. Конструктивні особливості двигунів внутрішнього згорання, зокрема циліндро-поршневої групи та системи мащення, визначають ефективність

роботи, економічність та довговічність силового агрегату. Якість і тип поршневих кілець, їхній матеріал і покриття безпосередньо впливають на витрату моторної оливи, ущільнення камери згоряння і тепловідведення. Значну роль у мінімізації зносу відіграють сучасні синтетичні моторні оливи з протизношувальними присадками.

2. Аналіз режимів роботи двигуна й нормативів витрати ПММ свідчить, що правильний підбір оливи, якісний технічний стан системи мащення та своєчасне обслуговування дозволяють суттєво знизити витрати, покращити надійність і зменшити шкідливі викиди. Дотримання сучасних стандартів та рекомендацій виробників забезпечує стабільну та економічну роботу автомобільних двигунів у різних умовах експлуатації.

1. Конструктивні особливості двигунів внутрішнього згоряння, зокрема циліндро-поршневої групи та системи мащення, визначають ефективність роботи, економічність та довговічність силового агрегату. Якість і тип поршневих кілець, їхній матеріал і покриття безпосередньо впливають на витрату моторної оливи, ущільнення камери згоряння і тепловідведення. Значну роль у мінімізації зносу відіграють сучасні синтетичні моторні оливи з протизношувальними присадками.

2. Аналіз режимів роботи двигуна й нормативів витрати ПММ свідчить, що правильний підбір оливи, якісний технічний стан системи мащення та своєчасне обслуговування дозволяють суттєво знизити витрати, покращити надійність і зменшити шкідливі викиди. Дотримання сучасних стандартів та рекомендацій виробників забезпечує стабільну та економічну роботу автомобільних двигунів у різних умовах експлуатації.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Визначення паливної економічності автомобілів залежно від експлуатаційних умов

Автомобільний транспорт є не лише основою глобальної мобільності, а й головним споживачем традиційних енергоносіїв, нафти та нафтопродуктів. У контексті зростання автопарку, тенденцій до підвищення потужності та комфорту автомобілів, проблема оптимізації витрат пального та зменшення негативного екологічного впливу набуває особливої актуальності. Впродовж останніх десятиліть акценти змістилися з простого зниження витрат пального на забезпечення комплексної паливної, енергетичної та екологічної ефективності транспортних засобів.

У 1960–90-х роках спостерігався перехід до дизельних двигунів у вантажному та пасажирському транспорті, що дозволило значно зменшити питомі витрати палива на одиницю транспортної роботи. Дизельні ДВЗ вирізняються вищим коефіцієнтом корисної дії, покращеним термічним ККД і меншими питомими викидами CO₂ на одиницю спожитої енергії. Це стало можливим завдяки впровадженню турбонаддуву, сучасних систем подачі пального та поліпшення аеродинаміки транспортних засобів.

Водночас, посилення міжнародних екологічних стандартів та загроза дефіциту енергоресурсів призвели до розвитку альтернативних концепцій двигунобудування, впровадження електрифікації, гібридних схем та оптимізації організації перевезень. Для цього в країнах ЄС впроваджуються обов'язкові процедури вимірювання витрат пального та викидів за єдиною системою сертифікації (NEDC, WLTC), які є критерієм якості й основою для податкового та екологічного регулювання [21], [22].

Лабораторні сертифікаційні цикли NEDC і WLTC відрізняються за тривалістю, профілем швидкості, частотою прискорень і зупинок, а також умовами навколишнього середовища. Так, цикл NEDC моделює ідеалізовану

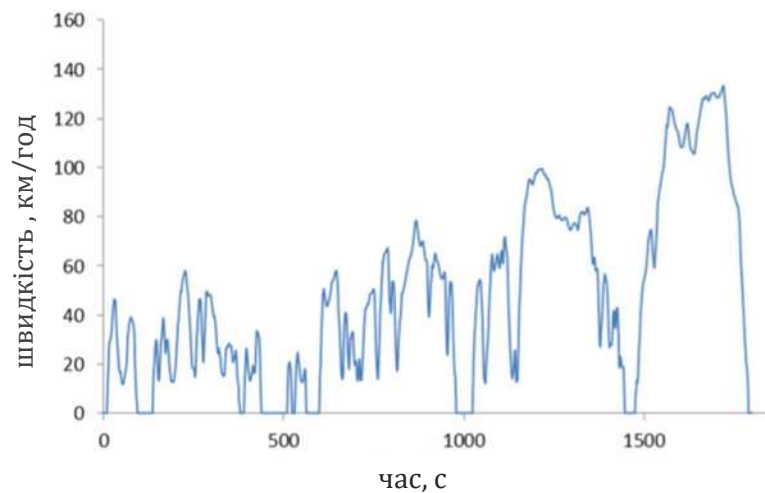
міську та позаміську їзду при середній температурі 20–26°C, низькому рівні навантаження допоміжних систем і мінімальній масі автомобіля. В результаті виміряні лабораторно витрати пального зазвичай на 15–30% нижчі, ніж реальні експлуатаційні показники, що спостерігаються на дорогах загального користування.

Основними причинами такої розбіжності є спрощена траєкторія їздового циклу, відсутність впливу погодних факторів, низький рівень навантаження кліматичних і електричних систем, а також відмінності в манері керування автомобілем. Дослідження показали, що на витрати пального та викиди істотно впливають зовнішні температури, опади, тиск, вітер, профіль дороги, стан покриття, завантаженість, а також стиль керування – від агресивного до економного. В умовах міста різке прискорення, зупинки, затори, використання кондиціонера чи підігрівача можуть збільшити споживання пального на 15–40% у порівнянні з паспортними даними.

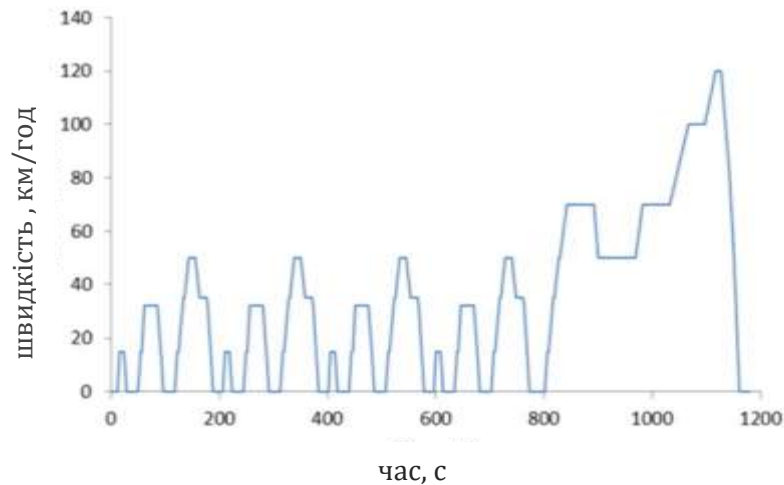
Вагомий внесок у загальні витрати пального має аеродинамічний опір, який на швидкостях понад 90 км/год становить понад 40% від загальної спожитої енергії. При встановленні на дах багажників, боксів, антикрил аеродинамічний коефіцієнт збільшується, що фіксується експериментально й за допомогою моделювання. Наприклад, збільшення площі лобової поверхні автомобіля на 0,1 м² може підвищити споживання пального на 2–3% при русі зі швидкістю 110–130 км/год [1], [16].

Вплив температури навколишнього середовища проявляється через зміну в'язкості моторної оливи, щільності повітря, коефіцієнта зчеплення шин та ефективності охолодження двигуна. При зниженні температури нижче 0°C паливоподача збільшується внаслідок погіршення сумішоутворення, втрат тепла і збільшення опору коченню. Згідно з лабораторними тестами та реальними замірами, на кожні 10°C зниження температури навколишнього повітря витрата пального може зрости на 4–8% в залежності від типу двигуна та моделі автомобіля.

Використання допоміжних систем, таких як кондиціонер, електропідігрівачі, вентилятори, підсилювачі керма, призводить до додаткового споживання енергії, що еквівалентно 0,3–0,8 л/100 км у середньому. В експлуатаційних дослідженнях зазначено, що увімкнений кондиціонер на максимальній потужності збільшує витрату пального на 7–15% у міському циклі (рис. 2.1).



а) - WLTC



б) – NEDC

Рисунок 2.1 – Узгоджені цикли випробувань легких транспортних засобів

Для забезпечення коректності порівняння різних моделей автомобілів у різних умовах експлуатації використовуються стандартизовані індекси паливної економічності, розраховані з урахуванням маси, площі лобової поверхні, потужності двигуна і типу трансмісії. Коефіцієнт енергетичної ефективності (Fuel Economy Index, FEI) визначається як відношення пройденої відстані до витраченого пального за стандартним циклом. Для коректного моделювання необхідно враховувати всі ключові фактори, що мають стохастичний характер і можуть змінюватися залежно від сезону, регіону, стилю їзди, технічного стану автомобіля [21], [22].

Практичне моделювання впливу експлуатаційних умов на витрату пального здійснюється за допомогою багатофакторних регресійних моделей, у яких витрата пального (Q) розглядається як функція таких параметрів:

За результатами реальних вимірювань і статистичних досліджень для типових легкових автомобілів встановлені наступні орієнтовні значення коригувальних коефіцієнтів:

- Збільшення маси на 100 кг призводить до зростання витрати пального на 5–8%;
- Увімкнення кондиціонера – додатково +0,4–0,8 л/100 км;
- Встановлення багажника/бокса на дах – +4–10% залежно від швидкості;
- Агресивний стиль водіння – +20–30%;
- Робота на низьких температурах (нижче -10°C) – +8–15%;
- Їзда у заторах та з частими зупинками – +15–25%.

Графічна інтерпретація залежності питомої витрати пального від швидкості руху підтверджує, що мінімальні значення витрат фіксуються у діапазоні 70–90 км/год. Подальше підвищення швидкості призводить до різкого зростання витрат внаслідок квадратичного характеру аеродинамічного опору. Аналіз експлуатаційних даних дає підстави стверджувати, що впровадження економічного стилю їзди, використання сучасних низьков'язких синтетичних моторних олиф, правильний вибір шин і

регулярне обслуговування здатні знизити витрату пального на 10–20% навіть у межах однієї моделі автомобіля.

Таким чином, моделювання та порівняння лабораторних і реальних умов експлуатації свідчать про необхідність урахування широкого спектра зовнішніх і внутрішніх факторів для забезпечення об'єктивної оцінки паливної економічності автомобілів. Комплексний підхід, що враховує особливості сертифікаційних випробувань, параметри дорожньої мережі, сезонні і кліматичні фактори, єдиний стиль технічного обслуговування та поведінку водія, дозволяє максимально наблизити теоретичні розрахунки до реальної експлуатації і зробити ефективні висновки щодо шляхів зниження витрат пального й підвищення енергетичної ефективності автотранспорту.

2.2 Розрахунок факторів, що впливають на витрату паливо-мастильних матеріалів

Для аналізу візьмемо три основних стани двигуна Peugeot 301 (1.6 л, бензин), а витрати палива та оливи розрахуємо залежно від зносу циліндро-поршневої групи. Визначимо наступні умови [1], [16]:

- новий двигун (компресія $C_n = 13,0$ бар);
- двигун із середнім зносом ($C_{sep} = 11,0$ бар);
- двигун із значним зносом ($C_{min} = 9,0$ бар).

Розрахуємо витрату палива (Q_p).

Зі зменшенням компресії ККД двигуна падає, і витрата пального зростає. Розрахунок можна вести за співвідношенням:

$$Q_p = Q_n \times (C_n / C_{f_{akt}}) \quad (2.1)$$

де Q_p – фактична витрата пального, л/100 км;

Q_n – паспортна витрата пального, л/100 км;

C_n – номінальна компресія, бар;

$C_{f_{akt}}$ – фактична компресія, бар;

Для Peugeot 301 у новому стані $Q_n = 6,0$ л/100 км.

Новий двигун ($C_n = 13,0$ бар):

$$Q_{p1} = 6,0 \times (13,0 / 13,0) = 6,0 \text{ л/100 км.}$$

Середній знос ($C_{\text{сеп}} = 11,0$ бар):

$$Q_{p2} = 6,0 \times (13,0 / 11,0) = 7,1 \text{ л/100 км.}$$

Значний знос ($C_{\text{мін}} = 9,0$ бар):

$$Q_{p3} = 6,0 \times (13,0 / 9,0) = 8,7 \text{ л/100 км.}$$

Витрата моторної оливи Q_{ol} значною залежить від зношення кілець і циліндрів спричиняє зростання її витрати. Врахуємо відносне зростання k_{zn} :

$$Q_{ol} = Q_{oln} \times (1 + k_{zn}) \quad (2.2)$$

де Q_{ol} – фактична витрата оливи, л/10 000 км;

Q_{oln} – номінальна витрата оливи, л/10 000 км;

k_{zn} – коефіцієнт зростання витрати оливи залежно від зносу.

Для Peugeot 301 у новому стані $Q_{oln} = 0,15$ л/10 000 км.

Середній знос ($k_{zn} = 0,7$):

$$Q_{ol2} = 0,15 \times (1 + 0,7) = 0,26 \text{ л/10 000 км}$$

Значний знос ($k_{zn} = 2,5$):

$$Q_{ol3} = 0,15 \times (1 + 2,5) = 0,53 \text{ л/10 000 км.}$$

Якщо зазор у замку компресійного кільця зростає з 0,30 мм (норма) до 0,70 мм, це веде до падіння компресії та різке підвищення витрати оливи:

$$Q_{ol4} = 0,15 \times (1 + 4,0) = 0,75 \text{ л/10 000 км.}$$

Водночас витрата пального може зрости до 9,0 л/100 км і більше.

Таблиця 2.1 - Витрати палива та оливи залежно від зносу циліндро-поршневої групи автомобіля Peugeot 301

Стан двигуна	Компресія, бар	Витрата пального, л/100 км	Витрата оливи, л/10 000 км
Новий	13,0	6,0	0,15
Середній знос	11,0	7,1	0,26
Значний знос	9,0	8,7	0,53
Критичний знос	8,0	9,0	0,75

Як бачимо з таблиці 2.1. Зниження компресії та зростання зазорів у поршневих кільцях Peugeot 301 призводить до підвищення витрат пального на 18–45% та підвищення витрати оливи у 2–5 разів. Контроль технічного стану ЦПГ і своєчасна заміна поршневих кілець є вирішальними для збереження паливної економічності й ресурсу двигуна.

Розрахуємо витрати палива та оливи Volkswagen Polo залежно від зносу ЦПГ. Для цього використаємо наступні вихідні дані.

Витрата пального $Q_n = 6,2$ л/100 км.

Витрата моторної оливи $Q_{oln} = 0,18$ л/10 000 км.

Компресія новий двигун: $C_n = 13,0$ бар.

Компресія середній знос: $C_{sep} = 11,0$ бар.

Компресія значний знос: $C_{min} = 9,0$ бар.

Розрахунок витрати пального Q_p автомобілем:

$$Q_p = Q_n \times (C_n / C_{f_{akt}}) \quad (2.3)$$

Новий двигун ($C_n = 13,0$ бар):

$$Q_{p1} = 6,2 \times (13,0 / 13,0) = 6,2 \text{ л/100 км.}$$

Середній знос ($C_{sep} = 11,0$ бар):

$$Q_{p2} = 6,2 \times (13,0 / 11,0) = 7,3 \text{ л/100 км.}$$

Значний знос ($C_{min} = 9,0$ бар):

$$Q_{p3} = 6,2 \times (13,0 / 9,0) = 9,0 \text{ л/100 км.}$$

Розрахунок витрати моторної оливи Q_{ol}

$$Q_{ol} = Q_{oln} \times (1 + k_{zn}) \quad (2.4)$$

Для нового двигуна:

$$Q_{ol1} = 0,18 \times (1 + 0) = 0,18 \text{ л/10 000 км.}$$

Для середнього зносу ($k_{zn} = 0,8$):

$$Q_{ol2} = 0,18 \times (1 + 0,8) = 0,32 \text{ л/10 000 км.}$$

Для значного зносу ($k_{zn} = 2,8$):

$$Q_{ol3} = 0,18 \times (1 + 2,8) = 0,68 \text{ л/10 000 км.}$$

Вплив зазору в кільцях

При збільшенні зазору в замку компресійного кільця з 0,25 мм (норма) до 0,60 мм (знос), витрата оливи може зрости до $Q_{ol4} = 0,18 \times (1 + 4,0) = 0,90$ л/10 000 км. Водночас витрата пального Q_{p4} може сягати 9,5–10,0 л/100 км через втрату компресії.

Таблиця 2.2 - Витрати палива та оливи залежно від зносу циліндро-поршневої групи автомобіля Volkswagen Polo

Стан двигуна	Компресія, бар	Витрата пального, л/100 км	Витрата оливи, л/10 000 км
Новий	13,0	6,2	0,18
Середній знос	11,0	7,3	0,32
Значний знос	9,0	9,0	0,68
Критичний знос	8,0	9,5–10,0	0,90

Зношування циліндро-поршневої групи Volkswagen Polo призводить до зростання витрат пального майже на 50% та витрати оливи у 4–5 разів у порівнянні з новим двигуном. Це підтверджує критичну важливість контролю за компресією та зазорами у поршневих кільцях для економічної та надійної експлуатації двигуна.

Висновки за розділом

1. У процесі експлуатації легкових автомобілів встановлено, що реальна паливна економічність значною мірою залежить не лише від конструкції та базових характеристик транспортного засобу, а й від комплексу зовнішніх та внутрішніх факторів. Стандартизовані лвипробування (NEDC, WLTC) не можуть повною мірою врахувати змінність дорожніх, кліматичних та експлуатаційних умов. Використання додаткових систем (кондиціонер, обігрівач) та рух із додатковими навантаженнями підвищує споживання пального на 10–20%.

2. Зношування циліндро-поршневої групи веде до втрати компресії та зростання витрат пального і оливи до 40–50% у порівнянні з новим двигуном.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМАНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Аналіз існуючих систем і методів технічного обслуговування автомобільних двигунів

Технічне обслуговування двигунів внутрішнього згоряння залишається базовою умовою для забезпечення надійної, економічної та довговічної експлуатації автотранспорту. Протягом останніх десятиліть системи й методи ТО зазнали значних змін, що пов'язано з ускладненням конструкції сучасних двигунів, впровадженням електронних систем керування та підвищенням вимог до екологічних стандартів [12], [13].

У класичній системі технічного обслуговування, яка застосовувалась у радянській школі експлуатації транспорту, обслуговування виконувалось згідно з жорстко регламентованими інтервалами (кількість кілометрів пробігу чи мотогодини). Для бензинових і дизельних двигунів типовими були такі види ТО:

Щоденне обслуговування (ЩО) — контроль рівня оливи, перевірка системи охолодження, візуальний огляд;

ТО-1 і ТО-2 — періодична заміна моторної оливи, масляного фільтра, перевірка зазорів у клапанному механізмі, очистка або заміна повітряного фільтра;

Сезонне обслуговування — зміна типу оливи, перевірка систем підігріву, заміна охолоджувальної рідини.

Основною перевагою такої системи була простота впровадження, можливість уніфікації графіків для різних типів транспортних засобів та прогнозованість витрат. Однак регламентне обслуговування не враховує реальний стан двигуна й умови експлуатації, що призводить до перевитрат матеріалів або пропуску критичних дефектів при інтенсивній чи екстремальній роботі [17], [23].

Сучасні адаптивні методи ТО. В умовах постійного ускладнення конструкції сучасних ДВЗ та підвищених вимог до екологічної безпеки все більшого значення набувають адаптивні або станоорієнтовані системи ТО – система СВМ. Їх суть полягає у виконанні технічного обслуговування відповідно до фактичного технічного стану агрегату, що визначається шляхом моніторингу контрольних параметрів:

- аналіз якості моторної оливи (визначення залишкового ресурсу за вмістом металевих домішок, кислотного числа, в'язкості);
- діагностика компресії та тиску у циліндрах;
- вимірювання тиску оливи та рівня вакууму у впускному колекторі;
- використання телематичних систем для обліку режимів експлуатації (кількість холодних запусків, тривалість роботи під навантаженням, пробіги без зупинок).

Перевага СВМ полягає у можливості ефективного використання ресурсу деталей, скороченні простоїв, оптимізації витрат матеріалів та підвищенні надійності агрегатів. Недоліком є вища вартість впровадження, потреба у спеціалізованому обладнанні та підготовці персоналу.

Впровадження систем діагностики та профілактики передбачає суттєвий вплив на якість ТО має рівень автоматизації процесів і наявність систем ранньої діагностики. Сучасні автомобілі обладнуються електронними блоками керування (ECU), які збирають і аналізують дані з великої кількості сенсорів (температура, тиск, лямбда-зонд, датчики детонації, датчики положення колінчастого й розподільного валу тощо). Це дає змогу оперативно виявляти відхилення у роботі, реєструвати зростання витрати пального, фіксувати падіння компресії або тиску оливи. Система самодіагностики OBD-II дозволяє зчитувати коди несправностей і проводити ремонт у найкоротші терміни, мінімізуючи ризик серйозних поломок.

На великих автотранспортних підприємствах дедалі ширше впроваджуються комплексні системи моніторингу технічного стану парку (Fleet Management), які об'єднують дані бортової телематики з даними

сервісної історії та виконують аналітику для визначення оптимальних інтервалів ТО.

Зіставлення класичних і сучасних методів ТО свідчить, що саме впровадження інтелектуальних діагностичних систем дозволяє максимально адаптувати обслуговування до реальних умов експлуатації, знижуючи витрати на ремонт та мінімізуючи ризики аварійних зупинок двигуна. Це особливо важливо для комерційних транспортних засобів, де тривалість простою безпосередньо впливає на фінансові результати підприємства.

Однак для дрібних автопідприємств і приватних власників залишається актуальним періодичний регламентний підхід через простоту, дешевизну та можливість виконання ТО власними силами.

Вплив витрати оливи на технічний стан двигуна внутрішнього згоряння є комплексним і багатоаспектним питанням, що стосується не лише поточної працездатності агрегату, але й його довговічності, паливної економічності та екологічних характеристик. У сучасних умовах, коли ресурсоощадливість і надійність стають визначальними критеріями для експлуатації автотранспорту, своєчасне виявлення підвищеної витрати оливи та її наслідків є ключовим для технічної політики підприємства чи власника.

Під витратою моторної оливи розуміють сумарний об'єм оливи, що споживається двигуном протягом певного пробігу або робочого циклу. Основними шляхами втрати оливи є: вигорання в камері згоряння, просочування через ущільнення, випаровування при високих температурах і втрати внаслідок нещільностей у системі мащення. У нормативних документах (зокрема, інструкціях заводів-виробників) допустима витрата моторної оливи для легкових автомобілів становить 0,1–0,3% від витрати пального, для дизельних двигунів — до 0,5%.

Зростання витрати оливи може свідчити про низку дефектів у циліндро-поршневій групі двигуна. Зокрема, причинами надмірної витрати є зношення поршневих кілець, циліндрів, направляючих клапанів, а також

втрати ущільнень у прокладках і сальниках. Збільшення зазорів між поршковими кільцями та стінкою циліндра сприяє прориву картерних газів і перетоку оливи в камеру згоряння, що супроводжується появою характерного димлення, зниженням компресії й погіршенням показників потужності.

Підвищена витрата оливи негативно впливає на екологічність та економічність роботи двигуна. Надлишок оливи, що потрапляє у камеру згоряння, призводить до утворення нагару на клапанах, поршнях та свічках запалювання (у бензинових двигунах), а у дизельних - сприяє закоксуванню кілець і форсунок. Такі відкладення знижують ефективність згоряння, підвищують токсичність відпрацьованих газів і збільшують ризик виникнення детонації.

Крім того, надмірна витрата оливи свідчить про погіршення умов мащення - можливе локальне зниження тиску в системі, зменшення товщини масляної плівки та збільшення тертя між деталями. Це призводить до прискореного зносу підшипників, шийок колінчастого вала, розподільних валів і розширює спектр можливих відмов у системі мащення.

На практиці вплив витрати оливи на технічний стан двигуна можна оцінити за такими ознаками:

- падіння компресії у циліндрах (нижче 0,8 від номінального значення) вказує на зношення кілець чи циліндрів, що супроводжується зростанням олизовитрати.

- поява блакитного або сизого диму з вихлопної труби є ознакою потрапляння оливи у камеру згоряння.

- підвищене споживання пального через погіршення герметичності та зростання втрат енергії на тертя.

- утворення нагару на робочих поверхнях, що супроводжується погіршенням тепловідведення та ризиком заклинювання поршкових кілець.

– зростання кислотного числа і вмісту металевих домішок у оливі (визначається лабораторним аналізом), що свідчить про інтенсивний знос деталей.

Можна стверджувати, що із збільшенням зазору у замку поршневого кільця або зменшенням висоти кільця коефіцієнт проникнення оливи у камеру згоряння пропорційно зростає.

3.2. Оцінка витрат паливо-мастильних матеріалів залежно від стану циліндро-поршневої групи та пробігу автомобіля

Для комплексної оцінки надійності та експлуатаційної ефективності легкових автомобілів Peugeot 301 та Volkswagen Polo було проведено дослідження технічного стану їхніх двигунів залежно від пробігу, з акцентом на зміну витрат моторної оливи й пального, а також компресії у циліндрах.

На основі аналізу сервісної статистики для Peugeot 301 (двигун NFR EC5, об'єм 1598 см³, потужність 90 к.с.) визначено динаміку зміни основних параметрів залежно від пробігу, що відображено у таблиці 3.1 [19], [20].

Таблиця 3.1 – Динаміка зміни витрати ПММ і компресії для Peugeot 301 залежно від пробігу

Пробіг, км	150 000	200 000	250 000	300 000	350 000	400 000	450 000	500 000
Витрата оливи, г/10 000 км	160	260	370	550	780	1 050	1 350	1 700
Зазор у кільцях, мм	0,44	0,50	0,62	0,85	1,18	1,47	1,82	2,00
Компресія, бар	13,1	12,8	12,3	11,6	10,8	9,8	9,2	8,7
Витрата пального, л/100 км	6,5	6,8	7,1	7,4	7,8	8,1	8,4	8,8

Аналіз отриманих даних засвідчує закономірне зростання витрати моторної оливи з пробігом: від 160 г/10 000 км на початку експлуатації до 1

700 г/10 000 км на межі критичного зносу циліндро-поршневої групи. Збільшення зазору в кільцях супроводжується поступовим падінням компресії та підвищенням витрат пального. На рисунках 3.1–3. 4 наведено співвідношення між основними діагностичними параметрами.

Встановлено, що при зростанні зносу кілець до 2 мм та компресії, що впала до 8,7 бар, витрата пального зростає майже на 35% порівняно з нормативною, а залишковий ресурс двигуна фактично вичерпано.

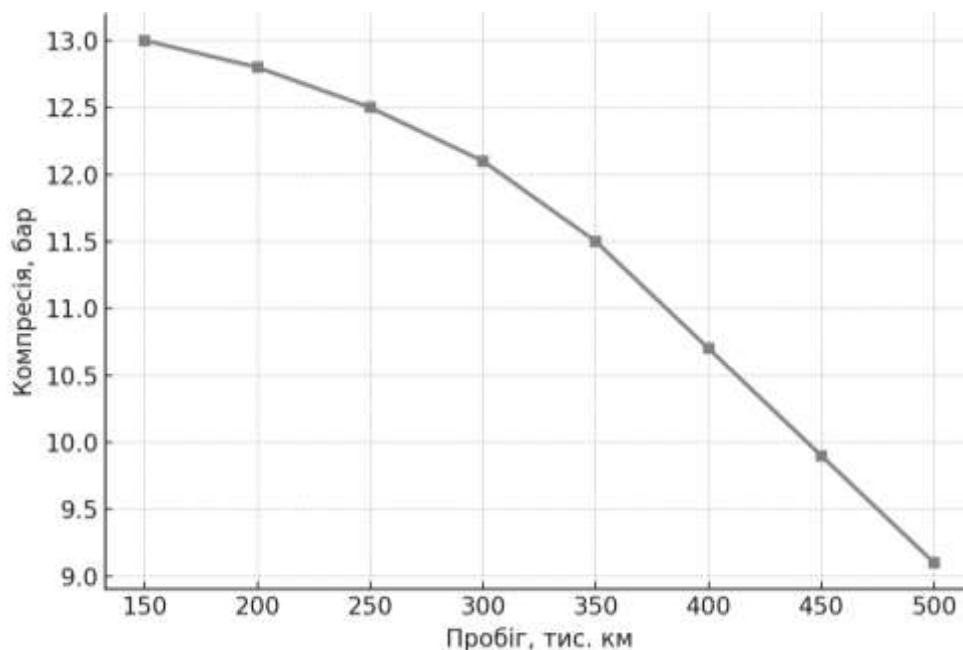


Рисунок 3.1 - Залежність між рівнем компресії й пробігом автомобіля

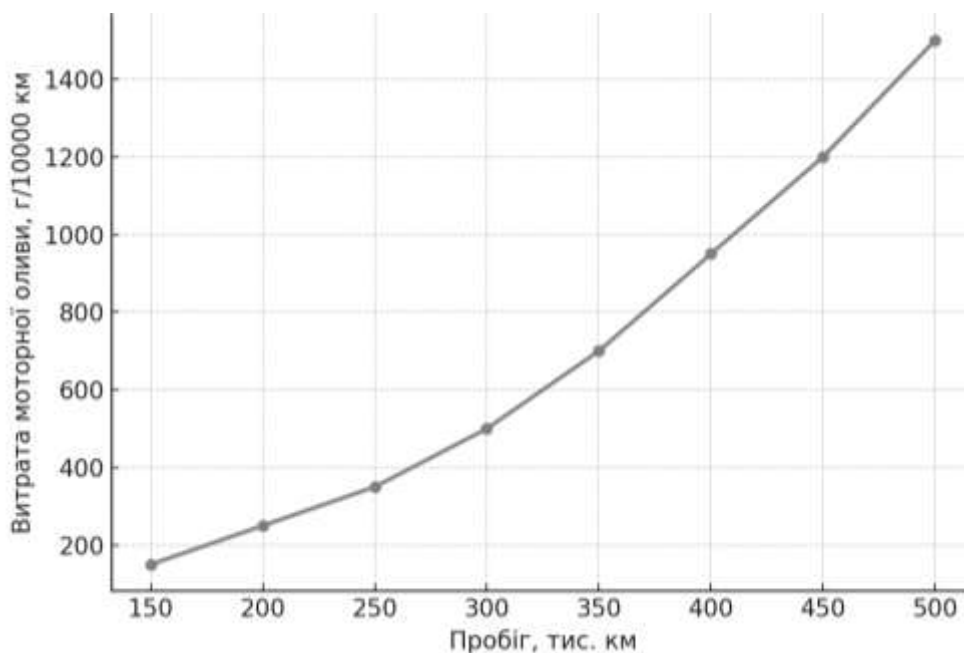


Рисунок 3.2 - Залежність між рівнем витрати оливи й пробігом автомобіля

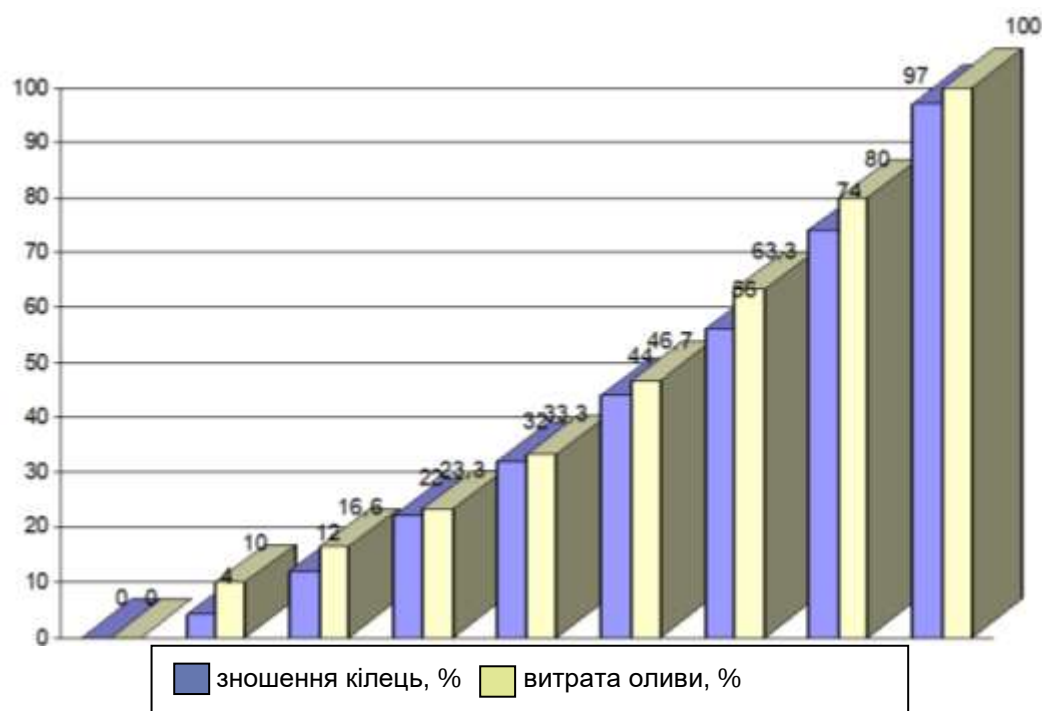


Рисунок 3.3 – Зміна витрати оливи залежно від зносу поршневих кілець

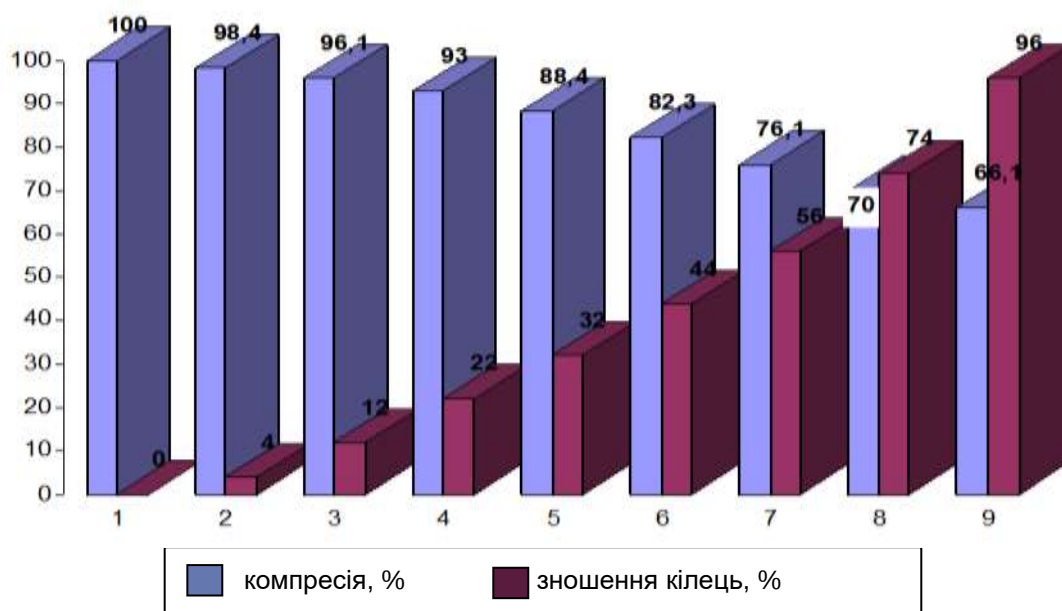


Рисунок 3.4 – Зміна компресії в циліндрах залежно від зносу поршневих кілець

Встановлено, що в двигуна автомобіля Peugeot 301 при зростанні зносу кілець до 2 мм та компресії, що впала до 8,7 бар, витрата пального зростає майже на 35% порівняно з нормативною, а залишковий ресурс двигуна фактично вичерпано

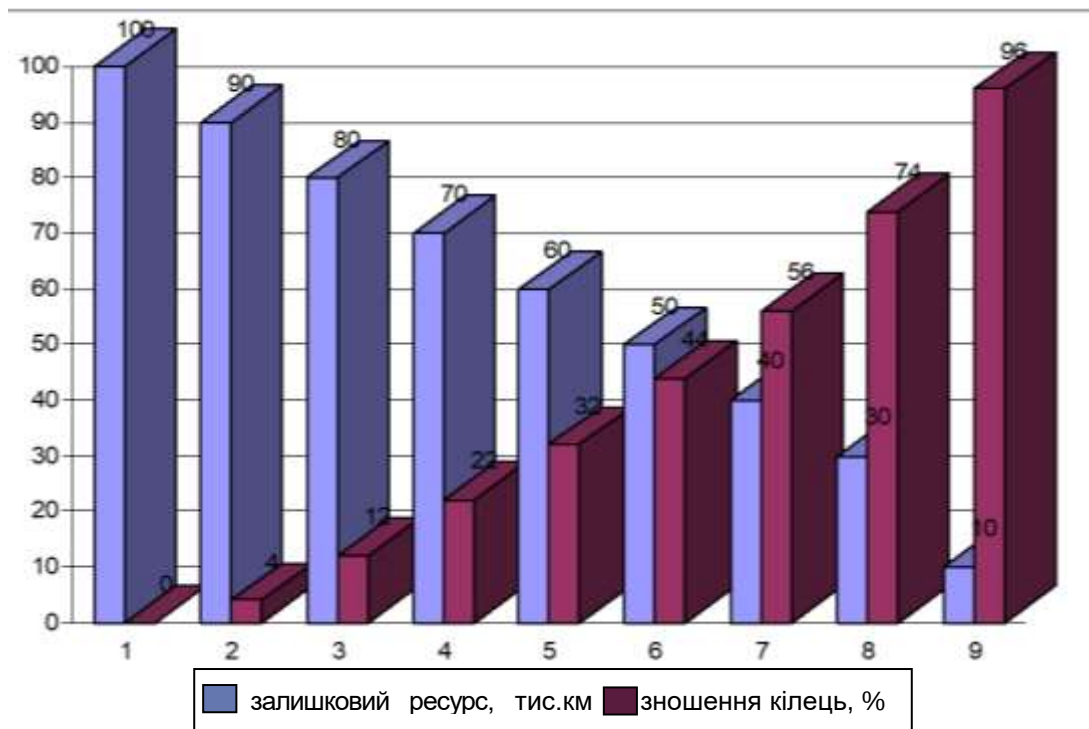


Рисунок 3.5 – Зміна залишкового ресурсу двигуна відносно стану поршневих кілець у %

На початкових етапах експлуатації (пробіг до 150–200 тис. км) автомобіль характеризується низькою витратою оливи, яка складає близько 150–250 г на 10 000 км, середній тепловий зазор поршневих кілець становить 0,45–0,52 мм, а компресія тримається на рівні 13–12,8 бар. Це свідчить про добрий технічний стан циліндро-поршневої групи, що забезпечує оптимальні умови ущільнення в циліндрах, мінімальні втрати оливи та ефективне використання пального.

Із зростанням пробігу до 300–400 тис. км спостерігається помітне збільшення витрати моторної оливи до 500–950 г на 10 000 км, зростає тепловий зазор до 0,9–1,43 мм, а компресія поступово знижується до 10,7–12,1 бар. Такі зміни є характерними для двигуна, який піддається тривалому

навантаженню та природному зносу поршневих кілець. Збільшення зазору призводить до погіршення ущільнення, часткового прориву газів у картер, інтенсифікації зносу та зростання витрат ПММ.

Коли пробіг перевищує 450–500 тис. км, витрата оливи сягає 1200–1500 г на 10 000 км, зазор у кільцях збільшується до 1,8–1,97 мм, а компресія падає до 9,1 бар. За таких умов зношення поршневих кілець перевищує 70%, що призводить до критичного погіршення герметизації камери згоряння, різкого зростання втрати оливи через проникнення її в камеру згоряння та підвищення викидів відпрацьованих газів. Фактично це сигналізує про досягнення граничного зносу циліндро-поршневої групи та необхідність проведення капітального ремонту двигуна.

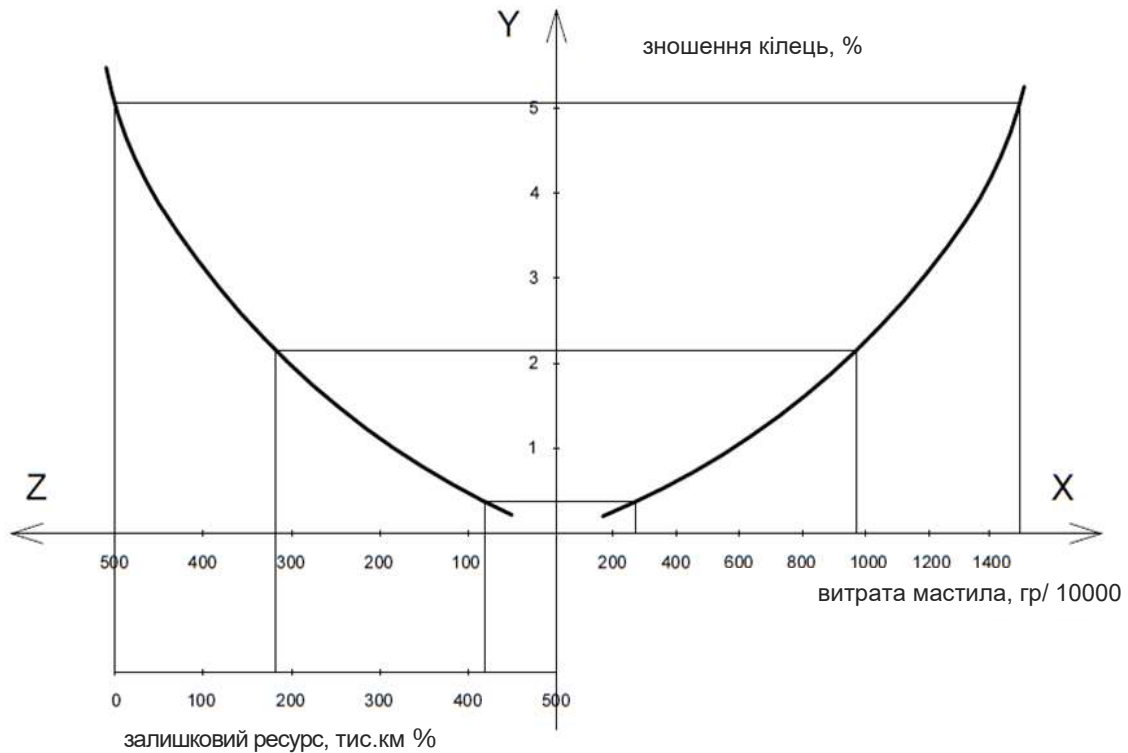


Рисунок 3.6 – Вплив основних параметрів зміни технічного стану ЦПГ на залишковий ресурс двигуна автомобіля Peugeot 301

Аналогічний аналіз виконано для Volkswagen Polo (двигун AUB 127250, об'єм 1390 см³, потужність 100 к.с.). Дані досліджень подано у таблиці 3.2 [19], [20].

Таблиця 3.2 – Динаміка зміни витрати ПММ і компресії для Volkswagen Polo залежно від пробігу

Пробіг, км	150 000	200 000	250 000	300 000	350 000	400 000	450 000	500 000
Витрата оливи, г/10 000 км	180	280	410	600	850	1 200	1 500	1 850
Зазор у кільцях, мм	0,46	0,53	0,68	0,92	1,25	1,55	1,95	2,20
Компресія, бар	13,2	12,9	12,4	11,9	11,2	10,2	9,4	8,5
Витрата пального, л/100 км	6,7	7,0	7,2	7,6	7,9	8,3	8,6	9,0

На початкових етапах експлуатації (пробіг до 150–200 тис. км) автомобіль характеризується низькою витратою оливи, яка складає близько 150–250 г на 10 000 км, середній тепловий зазор поршневих кілець становить 0,45–0,52 мм, а компресія тримається на рівні 13–12,8 бар. Це свідчить про добрий технічний стан циліндро-поршневої групи, що забезпечує оптимальні умови ущільнення в циліндрах, мінімальні втрати оливи та ефективне використання пального.

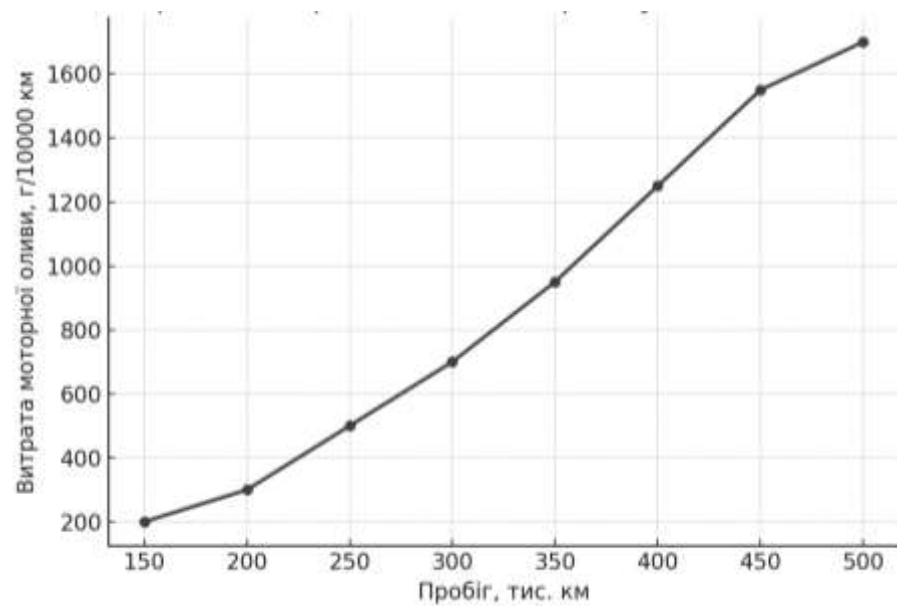


Рисунок 3.7 - Залежність між рівнем витрати оливи й пробігом автомобіля

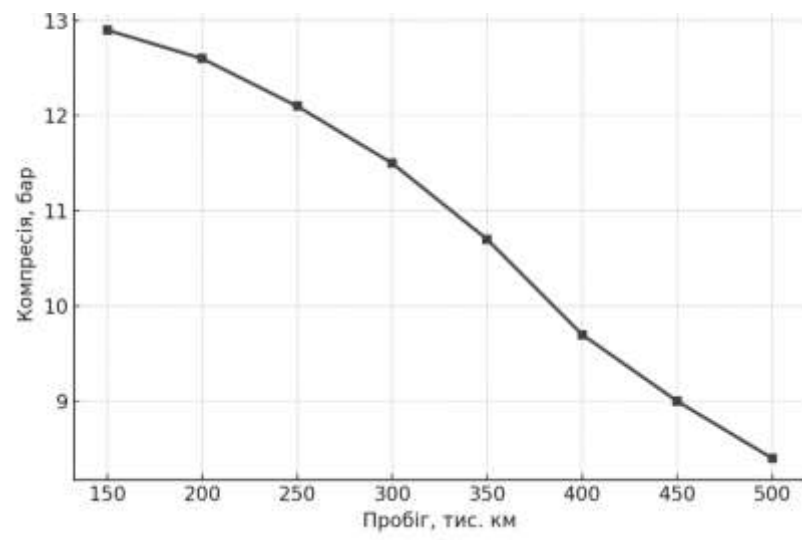


Рисунок 3.2 - Залежність між рівнем компресії й пробігом автомобіля

Із зростанням пробігу до 300–400 тис. км спостерігається помітне збільшення витрати моторної оливи до 500–950 г на 10 000 км, зростає тепловий зазор до 0,9–1,43 мм, а компресія поступово знижується до 10,7–12,1 бар. Такі зміни є характерними для двигуна, який піддається тривалому навантаженню та природному зносу поршневих кілець. Збільшення зазору призводить до погіршення ущільнення, часткового прориву газів у картер, інтенсифікації зносу та зростання витрат ПММ.

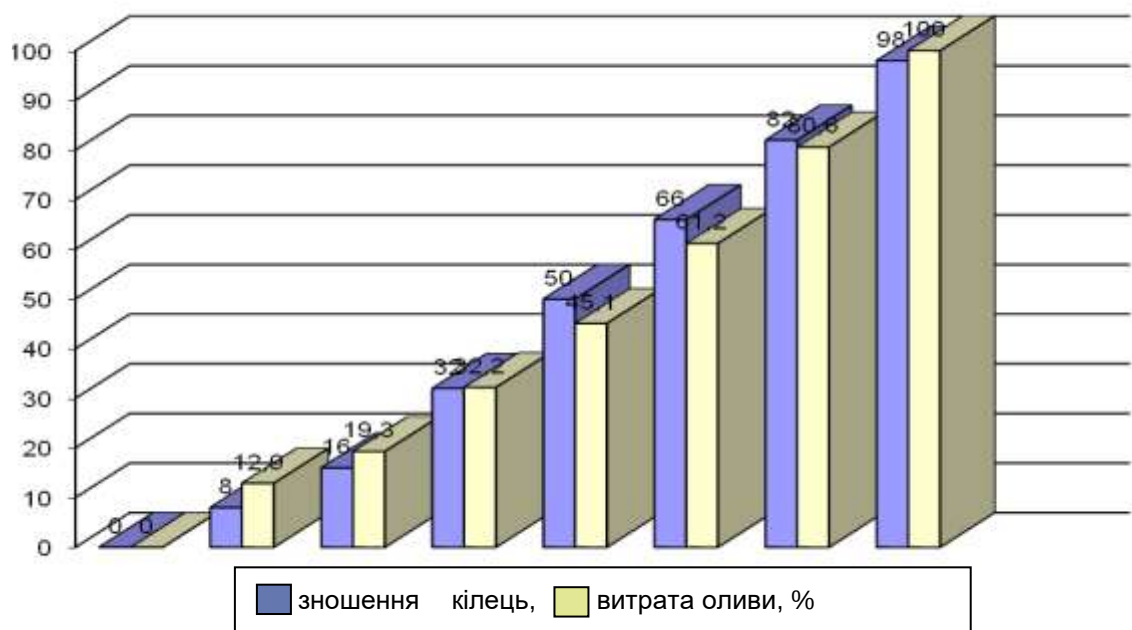


Рисунок 3.8 – Зміна витрати оливи двигуна відносно стану поршневих кілець

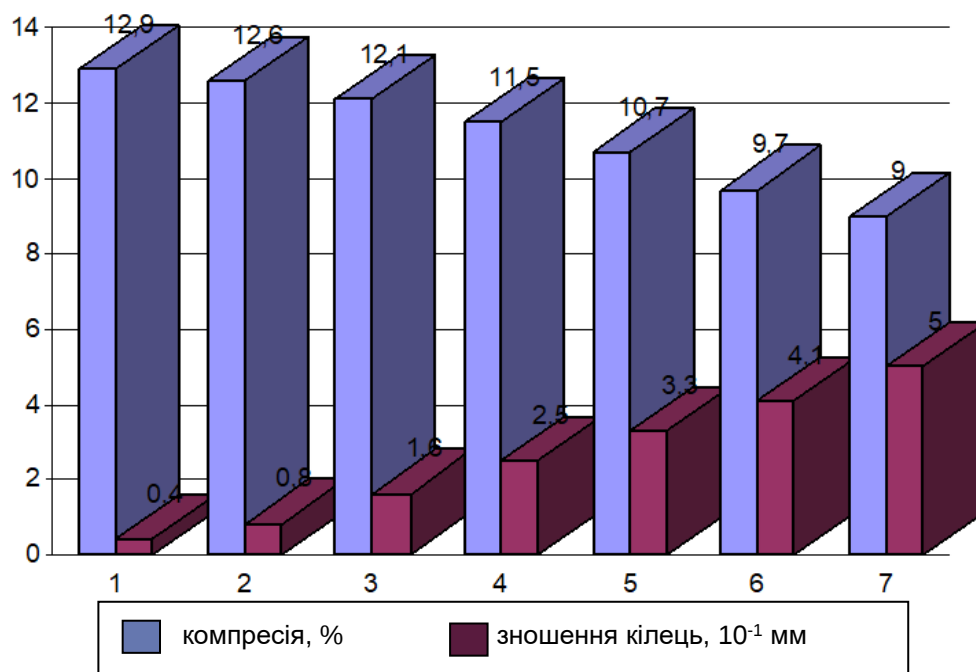


Рисунок 3.9 – Зміна компресії двигуна відносно стану поршневих кілець

На фінальних етапах, коли пробіг перевищує 450–500 тис. км, витрата оливи сягає 1200–1500 г на 10 000 км, зазор у кільцях збільшується до 1,8–1,97 мм, а компресія падає до 9,1 бар. За таких умов зношення поршневих кілець перевищує 70%, що призводить до критичного погіршення герметизації камери згоряння.

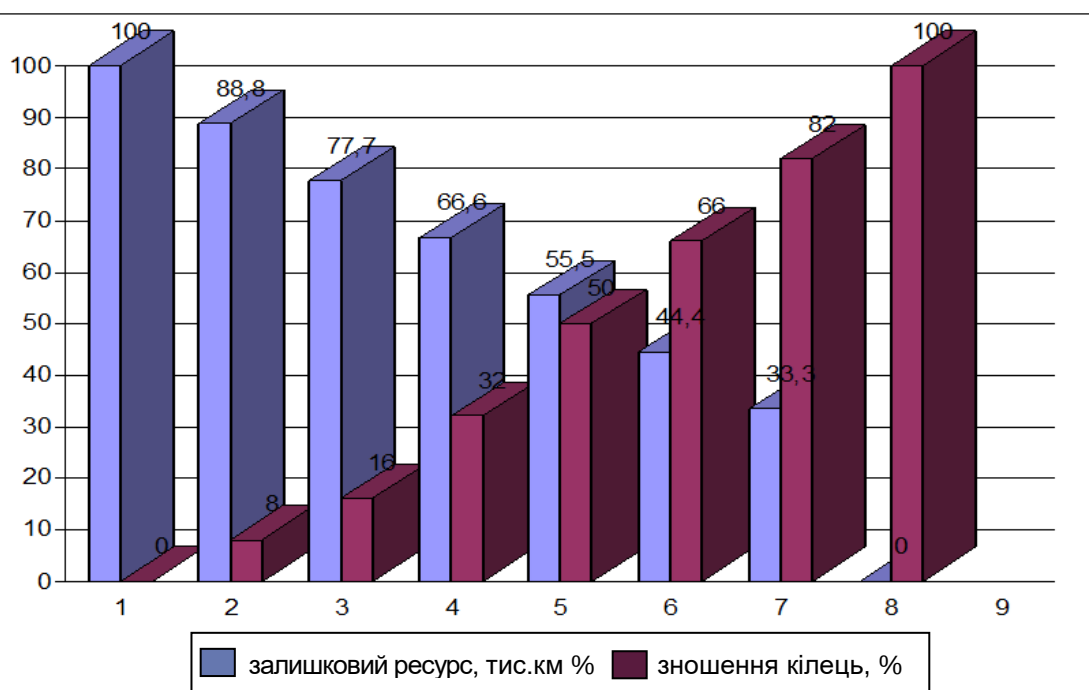


Рисунок 3.10 – Зміна ресурсу двигуна (%) від стану поршневих кілець

На рисунку 3.11 зображено залежності параметрів роботоздатності двигуна відносно зношення поршневих кілець зі зростанням пробігу автомобіля.

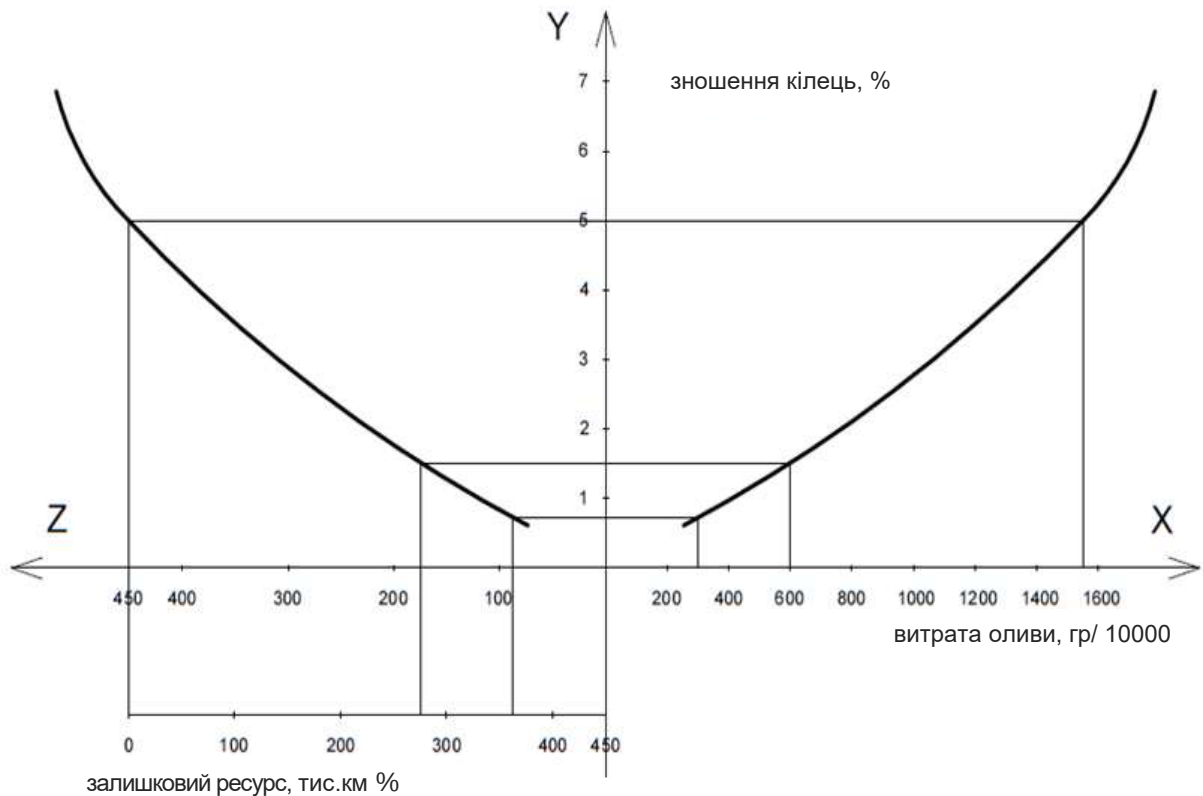


Рисунок 3.11 – Вплив основних параметрів зміни технічного стану ЦПГ на залишковий ресурс двигуна автомобіля Volkswagen Polo

Аналіз номограми підтверджує, що навіть незначне перевищення зазору в кільцях понад 0,5 мм суттєво прискорює втрату компресії й збільшує споживання ПММ, що негативно впливає на паливну економічність і екологічні показники автомобіля. Контроль за витратою оливи, регулярна діагностика компресії та вчасне сервісне обслуговування дозволяють своєчасно ідентифікувати критичні зміни у стані двигуна, мінімізуючи ризики непередбачених відмов і забезпечуючи максимально довгий ресурс агрегату.

3.3. Пропонована адаптивна система технічного обслуговування автомобілів залежно від стану двигуна

У сучасних умовах інтенсивної експлуатації автомобільного транспорту забезпечення оптимального технічного стану двигуна визначає ресурс, паливну економічність і надійність автомобіля. Найбільш чутливим вузлом до зносу є циліндро-поршнева група (ЦПГ), функціонування якої безпосередньо впливає на витрату моторної оливи, компресію та питомі витрати пального. З огляду на це, обґрунтовано застосування адаптивної системи технічного обслуговування, яка ґрунтується на результатах діагностики основних експлуатаційних параметрів.

Стратегія обслуговування визначається не лише пробігом автомобіля, а й поточними діагностичними показниками: витратою моторної оливи, зазором у поршневих кільцях, компресією в циліндрах. На початкових етапах експлуатації двигун Peugeot 301 чи Volkswagen Polo характеризується низькою витратою оливи (≤ 200 г/10 000 км), малими зазорами (до 0,5 мм) та компресією понад 12,5 бар. У цих умовах достатньо дотримуватися стандартного регламенту обслуговування, передбаченого виробником: заміна моторної оливи та фільтрів кожні 10–12 тис. км, діагностика основних систем раз на 40–50 тис. км.

У процесі зростання пробігу (150 000–300 000 км) та збільшення зазору поршневих кілець до 0,9 мм, витрата оливи може зростати до 600–700 г/10 000 км. На цьому етапі доцільно скоротити інтервали заміни оливи до 8–10 тис. км, періодично контролювати компресію та зазори (кожні 40 тис. км), проводити профілактичне очищення вентиляції картера, оцінювати стан клапанних ущільнень.

При досягненні критичних значень зносу (зазор у кільцях понад 1,0–1,2 мм, компресія нижче 10–11 бар, витрата оливи понад 1 200 г/10 000 км, пробіг більше 350 000 км) суттєво зростає ризик прогресуючого спрацювання деталей, збільшення витрат пального та токсичності вихлопу. На цьому етапі

рекомендовано виконати комплексну діагностику ЦПГ із застосуванням ендоскопічного контролю, вимірюванням зазорів і тестуванням клапанних сальників. Якщо за результатами перевірки виявлено істотне перевищення нормативів, необхідно планувати проведення капітального ремонту ЦПГ. Як свідчить аналіз, для зазначених моделей автомобілів доцільно орієнтуватися на періодичність капітального ремонту ЦПГ у межах 350 000–400 000 км пробігу [16], [23].

Таблиця 3.3 - Операційна послідовність адаптивного технічного обслуговування

Параметр	Оптимальна періодичність контролю	Межі норми	Дії при відхиленні
Заміна моторної оливи	10 000–12 000 км (новий двигун); 7 000–10 000 км	≤ 200 г/10 000 км	Перехід на більш в'язку оливу, скорочення інтервалу заміни
Вимір компресії	Кожні 40 000 км	$> 12,0$ бар	Комплексна діагностика ЦПГ
Вимір зазору у кільцях	Кожні 80 000–100 000 км або за наявності зростання витрат оливи	$\leq 0,6\text{--}0,7$ мм	Ендоскопія, оцінка стану кілець
Очищення вентиляції картера	Кожні 60 000 км	-	Промивка, заміна фільтра
Діагностика клапанних сальників, маслосніжних ковпачків	Кожні 100 000 км	-	Заміна при виявленні підтікання
Капітальний ремонт ЦПГ	350 000–400 000 км	Компресія < 10 бар, витрата оливи $> 1\,200$ г/10 000 км	Проведення капітального ремонту двигуна

Для проведення ремонту вказаних автомобілів у роботі нами була запропонована операційна послідовність адаптивного ТО, зокрема пропонуються наступні дії:

Проведення аналізу витрати оливи під час кожної планової заміни, фіксація відхилень від норми.

Заміри компресії у циліндрах із реєстрацією результатів, порівняння з нормативними значеннями.

Періодичний контроль і заміна фільтрів, діагностика вентиляції картера та герметичності ущільнень.

У разі виявлення тенденції до зростання витрат оливи чи зниження компресії - скорочення інтервалу між ТО, проведення додаткової діагностики.

За критичних показників - виконання капітального ремонту ЦПГ із заміною кілець, гільзуванням циліндрів, заміною маслоснімних ковпачків та ущільнень.

Адаптивна система технічного обслуговування, побудована на регулярному моніторингу основних діагностичних параметрів, дозволяє суттєво підвищити ресурс та економічність експлуатації двигуна. Для Peugeot 301 та Volkswagen Polo доцільно дотримуватися таких інтервалів: базовий регламент ТО - 10–12 тис. км, діагностика компресії - кожні 40 тис. км, контроль зазору кілець — кожні 100 тис. км, капітальний ремонт ЦПГ – 350...400 тис. км пробігу. Застосування адаптивної стратегії дозволяє уникнути передчасних відмов, оптимізувати витрати ПММ і забезпечити стабільну роботу двигуна протягом усього життєвого циклу автомобіля.

Заміна поршневих кілець. За нормативами та практикою експлуатації більшості сучасних бензинових двигунів заміну поршневих кілець доцільно проводити при пробігу 250 000–300 000 км. До цього пробігу у двигунах з типовим режимом експлуатації спостерігається стабільне зростання зазору кілець до 0,7–1,0 мм, підвищення витрати моторної оливи (до 700–1 000 г/10 000 км) і поступове зниження компресії нижче 11 бар. Проведення профілактичної заміни кілець дозволяє попередити прогресуючий знос циліндрів, знизити ризик залягання кілець і значно подовжити ресурс двигуна без повноцінного капремонту.

Капітальний ремонт ЦПГ. Повноцінний ремонт циліндро-поршневої групи доцільний при пробігу 350 000–400 000 км або раніше - якщо діагностика фіксує:

- зазор у кільцях понад 1,2 мм;

- компресію нижче 10 бар;
 - витрату оливи понад 1 200–1 500 г/10 000 км;
 - зростання споживання пального до 8,5–9,0 л/100 км (для малолітражних двигунів)
 - зростання викидів відпрацьованих газів, утворення нагару
- У такому випадку заміна кілець не забезпечить відновлення номінальних характеристик, оскільки відбувається значний знос циліндрів, поршнів, а також клапанних ущільнень і сідел.

Капремонт передбачає гільзування (або хонінгування) циліндрів, заміну або відновлення поршнів, нові кільця, ремонт (або заміну) вкладишів і ущільнень. Необхідність ремонту ГБЦ виникає зазвичай у ті ж періоди, що й капремонт ЦПГ — після 350 000–400 000 км пробігу, або при наявності таких симптомів:

- помітна втрата потужності, падіння компресії у 2–4 циліндрах;
 - підтікання оливи чи охолоджувальної рідини через прокладку ГБЦ;
 - підвищений шум клапанного механізму;
 - зниження тиску мастила, надмірне утворення нагару
- У рамках капітального обслуговування проводиться шліфування клапанів, заміна сідел, напрямних втулок, ущільнень, перевірка та шліфування площини ГБЦ.

При експлуатації автомобілів із переважно на автомагістралях чи за містом ці інтервали можуть бути збільшені на 10–20%. Для міського, комерційного, таксомоторного використання рекомендовано скорочувати періодичність діагностики, оскільки інтенсивний режим сприяє пришвидшеному зносу.

Проведення заміни поршневих кілець на пробігах до 300 000 км доцільне у випадках суттєвого зростання витрат оливи та зниження компресії без значного зносу циліндрів. Такий підхід є економічно виправданим і

забезпечує відновлення основних характеристик двигуна при менших витратах.

Висновки за розділом

1. Ефективність і тривалість служби двигуна напряму залежать від вибору системи та періодичності технічного обслуговування. Класичні регламентні методи ТО прості у впровадженні, але не враховують реального стану двигуна та особливостей експлуатації, що може призвести до перевитрат ресурсів або пропуску критичних дефектів.

2. Сучасні станоорієнтовані (адаптивні) системи обслуговування базуються на контролі фактичних параметрів: компресії, витрати оливи, діагностики зазорів, що дозволяє планувати систему ТО.

3. Підвищена витрата оливи та зниження компресії є основними ознаками зносу циліндро-поршневої групи і свідчать про необхідність поглибленої діагностики або ремонту.

Запропонована адаптивна система ТО для Peugeot 301 і Volkswagen Polo передбачає:

- контроль компресії кожні 40 тис. км,
- контроль зазору в кільцях кожні 100 тис. км,
- скорочення інтервалу заміни оливи при зростанні її витрати,
- виконання капремонту ЦПГ при пробігу 350–400 тис. км чи досягненні критичних параметрів.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

4.1 Небезпечні чинники і фактори під час технічного обслуговування двигунів внутрішнього згоряння

Під проведення ремонтних робіт забороняється торкатись виводів ЕБК руками - системи керування двигуном, оскільки мікропроцесорні, електронні компоненти ЕБК можуть бути пошкоджені та перебувати під електростатичним розрядом [2], [10], [18].

- Приступаючи до ремонту автомобіля (особливо, якщо операції пов'язані з демонтажем елементів системи керування двигуна), зніміть клему з негативного виводу акумуляторної батареї. При від'єднанні акумуляторної батареї від мережі автомобіля з пам'яті ЕБК будуть видалені коди несправностей.

- У багатьох випадках для перевірки елементів системи керування двигуна необхідна наявність у електричного ланцюга системи, напруга живлення. При цьому від'єднувати колодки проводів від датчиків і виконавчих елементів системи керування двигуна допускається тільки після виключення запалення.

- Від'єднувати колодку джгута проводів від ЕБК можна тільки після зняття клеми з негативного виводу акумуляторної батареї.

- При необхідності відключити акумуляторну батарею до електричної мережі автомобіля під час ремонту попередньо переконайтеся в тому, що від'єднані проводи (виводи колодок, кінці проводів) не замикають на «масу» і що запалення вимкнене. Під'єднайте спочатку клему до позитивного виводу акумуляторної батареї, а потім до негативного. Вмикайте запалювання тільки на час виконання вимірювань.

- В системі керування двигуном використовуються електронні компоненти, напруга живлення яких 5 В. Подавання на них напруги від

електричної мережі автомобіля (напруга в якій більше 12 В) призведе до виходу з ладу системи керування двигуном.

- Для перевірки системи керування двигуном використовуйте мультиметр, внутрішній опір приладу в режимі вольтметра має бути не менше 10 МОм. При необхідності для перевірки ланцюгів живлення, які перебувають під напругою 12 В, можна скористатися контрольною лампою, але потужність лампи повинна бути менше 4 Вт (підійде контрольна лампа шитка приладів А 12-1, 2-1 потужність 1,2 Вт лампа підсвічування прикурювача АМН 12-3-1-3 Вт).

- Перед запуском двигуна переконайтеся, що клеми надійно закріплені на виводах акумуляторної батареї. Щоб уникнути виходу з ладу електронних компонентів ЕБК не можна при працюючому двигуні від'єднувати клеми проводів від виводів акумуляторної батареї [2], [10], [18].

4.2 Розрахунок системи мікроклімату ремонтної дільниці з обслуговування двигунів внутрішнього згорання

У усіх виробничих приміщеннях ремонтного підприємства застосовується природна, а в ряді відділів і штучна вентиляція.

Вентиляція в приміщеннях ремонтного підприємства призначена покращення умов праці, зменшення пильності і задимленості повітря, підвищення збереженості обладнання, створення сприятливого мікроклімату.

Природна вентиляція дільниці

По нормам промислового будівництва всі приміщення повинні мати наскрізне природне провітрювання. Площа критичного перерізу фрамуг, або кватирок при цьому береться 2...4 % від площі підлоги:

$$F_{\phi} = F_n \cdot 0,04 = 50 \cdot 0,04 = 2 \text{ м}^2.$$

Штучна вентиляція дільниці

Розрахунок штучної вентиляції ведеться в слідкуючій послідовності:

- вибираємо вид вентиляції в залежності від характеру виробничого процесу. При цьому керуючись наступними положеннями:

- загально-обмінну механічну вентиляцію проектують в приміщенні без виділення пилю, газів і пару. З цих міркувань на ділянці ремонту радіаторів і паливних баків приймаємо загально-обмінну механічну вентиляцію.

Величину повітрообміну розраховуємо за формулою:

$$L_n = V_o \cdot \kappa, \quad (4.1)$$

де: V_o - об'єм ділянки, $V_o = 220,5 \text{ м}^3$;

κ - кратність об'єму повітря, $\kappa = 2$ [2], [10], [18]:

$$L_n = 220,5 \cdot 2 = 441 \text{ м}^3/\text{Г.}$$

Розрахунок потреби ділянки в воді. Вода на ділянці ТО і ремонту трансмісії використовується тільки на побутові потреби.

Розрахунок води на побутові потреби визначаємо виходячи з встановленої норми витрати води на одного працюючого на одну зміну – 25 літрів. Тоді річна витрата на одну зміну складе:

$$Q_o = n \cdot 251 \cdot 1 \cdot d, \quad (4.2)$$

де: d – норма витрати води за зміну;

n – кількість працівників, $n=1$;

$$Q_o = 251 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 1 = 6275 \text{ л} = 6,275 \text{ м}^3.$$

Розрахунок природного освітлення ділянки.

При розрахунку природного освітлення ділянки підбираються відповідні віконні прорізи. Розрахунок площі вікон, яка забезпечує нормальну освітленість визначається за умови комбінованого освітлення через світлові ліхтарі на даху і через вікна по формулі [4]:

$$S = \frac{F_{dl} \cdot e_{cp} \cdot \eta_o}{100 \cdot \tau_o \cdot r_g \cdot \kappa} = \frac{50 \cdot 5 \cdot 9}{100 \cdot 0,35 \cdot 2,4 \cdot 1,7} = 16 \text{ м}^2;$$

де: F_{dl} - площа ділянки, $F_{dl} = 50 \text{ м}^2$;

e_{cp} - нормована середня освітленість, $e_{cp} = 5$;

η_o - світлова характеристика вікна $\eta_o = 9$;

τ_o - загальний коефіцієнт світло пропускання $\tau_o = 0,35$;

$\tau_{\text{в}}$ - коефіцієнт враховуючий вплив відбитого світла $\tau_{\text{в}} = 2,4$;

κ - коефіцієнт враховуючий затінення вікон, $\kappa = 1,7$.

У такий спосіб із приведеного розрахунку бачимо, що площа вікон складе $S = 16 \text{ м}^2$.

Розрахунок штучного освітлення ділянки.

Кількість ламп необхідних для штучного освітлення ділянки визначаємо по формулі:

$$n = \frac{E_{\text{ср}} \cdot F_{\text{дл}} \cdot \kappa}{F_{\text{о}} \cdot \eta}; \quad (4.3)$$

де: $E_{\text{ср}}$ - середня освітленість на ділянці $E_{\text{ср}} = 190$ люм;

$F_{\text{дл}}$ - площа ділянки, $F_{\text{дл}} = 50 \text{ м}^2$;

κ - коефіцієнт запасу освітленості $\kappa = 2,35$;

$F_{\text{о}}$ - світловий потік обраної лампи $F_{\text{о}} = 3800$ люмен, при потужності лампи 80 Вт. Вибираємо лампи люмінесцентні загального призначення типу ЛДЦ.

η - коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,59$.

Тоді:

$$n = \frac{190 \cdot 50 \cdot 2,35}{3800 \cdot 0,59} = 9,96 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 10$ ламп.

Щоб уникнути стробоскопічного ефекту, яке може мати місце при використанні люмінесцентних ламп, поєднуємо в один світильник по дві лампи. Загальне число світильників на ділянці $N_{\text{св}} = 5$ світильників.

Висновки за розділом

1. У розділі проаналізовано виробничі фактори та чинники, що створюють потенційну загрозу життю і здоров'ю працівника діагностичної ділянки СТОА. Наведено норми, яких слід дотримуватись під час виконання робіт та після їх завершення.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Техніко-економічне обґрунтування розширення фронту робіт дільниці з обслуговування автомобілів

Результати розрахунку виробничої програми приведені в таблиці 5.1 [11].

Таблиця 5.1 - Вихідні дані для розрахунку економічного розділу

№ з.п	Показники	Одиниці виміру	Числові значення
1	2	3	4
4	Марка рухомого складу	-	Peugeot 301, Volkswagen Polo
2	Середньоспискова кількість	одн.	728
3	Дні роботи підрозділу	дні	255
4	Категорія умов експлуатації	-	III
5	Середньодобовий пробіг	км	30
6	Коефіцієнт випуску	-	0,95
7	Загальний річний пробіг усіх автомобілів	тис. км.	4500
8	Кількість технічних дій ТО в повному об'ємі	-	-
9	Процент трудомісткості що приходить на підрозділ від окремих видів технічних дій: -ТО в повному обсязі - ПР	% %	- 100
10	Трудомісткість робіт за підрозділом	люд. год.	11990
11	Фонд робочого часу	год/рік	2070
12	Чисельність виробничих робітників	чол.	7
13	Середній розряд робітників	од.	4
14	Режим роботи підрозділу	змін	1
15	Площа дільниці	м ²	295,2

5.2 Розрахунок основних та виробничих фондів

Загальна вартість основних фондів складається з вартості будівель, споруд, обладнання. Вартість будівель та споруд визначається по показникам витрат на 1м³ об'єму приміщення виробничого підрозділу.

Розрахунок об'єму будівлі [11]:

$$V_B = F \cdot h, \text{ м}^3 \quad (5.1)$$

де $F = 324$ - площа будівлі, м²;

$h = 4.0$ - висота будівлі, м.

$$V_B = F \cdot h = 295.2 \cdot 4,0 = 1180.8 \text{ м}^3.$$

Вартість будівель та споруд пункту ТО і ПР.

Вартість будівель зони ПР :

$$B_{\bar{oc}} = B_{\bar{oc}} \cdot V_{\bar{o}}, \text{ грн.}; \quad (5.2)$$

де $B_{\bar{o.c}}$ - вартість 1м³ виробничої будівлі (приймається для приміщень виробничих діляниць, постів та відділень: ПР = 19,2 грн);

$V_{\bar{o}} = 1180.8$ – об'єм будівель зони ТО, м³.

$$B_{\bar{oc}} = B_{\bar{oc}} \cdot V_{\bar{o}.np.} = 19.2 \cdot 1180.8 = 22671 \text{ грн.}$$

Загальна вартість:

$$B_{\bar{oc}} = \Sigma B_{\bar{oc}} = 22671 = 22671 \text{ грн}$$

Вартість виробничого обладнання визначається по його переліку з врахуванням витрат на доставку і монтаж:

$$B_{\bar{o}\bar{o}} = 1,2 \cdot B_{\bar{oc}} = 1,2 \cdot 22671 = 27205 \text{ грн.}$$

6.2.4 Загальна вартість основних виробничих фондів.

$$\Phi_{ocn.} = (B_{\bar{o}\bar{o}} + B_{\bar{oc}}) \cdot K_{ини} \cdot K_{инд} \text{ грн.};$$

де $K_{ини} = 1,2$ - коефіцієнт, який враховує інші основні фонди;

$K_{инд} = 2,38$ - коефіцієнт, що враховує рівень індексу зростання цін в будівництві.

Таким чином:

$$\Phi_{осн.} = (B_{об} + B_{бс}) \cdot K_{ини} \cdot K_{инд} = (22617 + 27205) \cdot 1.2 \cdot 2.38 = 142446 \text{ грн.}$$

Амортизація основних фондів на повне відновлення:

$$A_{в} = \Phi_{осн} \cdot H_{в}, \text{ грн.}; \quad (5.3)$$

де $H_{в}$ – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення (приймаємо 0,13);

$$A_{в} = \Phi_{осн} \cdot H_{в} = 142446 \cdot 0,13 = 18518 \text{ грн.}$$

Чисельність основних виробничих робітників $N_{осн} = 7$ чол.

Розділяємо штатну кількість робітників за розрядами і визначаємо середній розряд.

Таблиця 5.2 - Розподіл виробничих робітників за розрядами

Розряд	2	3	4	5	6
Кількість робітників	1	1	3	1	1

$$R_{сер} = \frac{R_2 \cdot N_2 + R_3 \cdot N_3 + R_4 \cdot N_4 + R_5 \cdot N_5 + \dots + R_n \cdot N_n}{N_n} \quad (6.6)$$

де $R_2, R_3, R_4, R_5, \dots, R_n$ – розряди; $N_2, N_3, N_4, N_5, \dots, N_n$ – кількість робітників.

$$R_{сер} = \frac{2 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 4 \cdot 3 + 5 \cdot 1 + 6 \cdot 1}{7} = 4.0$$

Чисельність допоміжних робітників

$$N_{доп} = N_{осн} \cdot K_{доп}, \quad (5.4)$$

де $K_{доп} = 0,27$ - коефіцієнт, який враховує допоміжні роботи.

$$N_{доп} = N_{осн} \cdot K_{доп} = 7 \cdot 0,27 = 1,83 \text{ чол.}$$

Приймаємо кількість допоміжних робітників рівною $N_{доп} = 2$ чол.

Чисельність керівних працівників та спеціалістів:

$$N_{спец} = K_{спец} \cdot (N_{осн} + N_{доп}), \quad (5.5)$$

де $K_{спец} = 0,15$ - коефіцієнт, який враховує чисельність керівних працівників і спеціалістів.

$$N_{спец} = K_{спец} \cdot (N_{осн} + N_{доп}) = 0.15 \cdot (7 + 2) = 1,35 \text{ чол.}$$

Приймаємо кількість керівних працівників та спеціалістів рівною $N_{\text{спец}}$
 $= 2$ чол.

5.3 Розрахунок змінних затрат на обслуговування автомобілів

Витрати на ремонтні матеріали для всіх підрозділів, крім діагностики визначаються з врахування норм витрат на 1000 км пробігу та загального пробігу автомобілів. Визначаємо витрати на матеріали:

Для ПР :

$$B_{\text{МПП}} = \frac{L_{\text{заг}}}{1000} \cdot H_{\text{МПП}} \cdot K_e \cdot K_{\text{МВБ}} \cdot K_{\text{інд}}, \text{ грн.};$$

$$B_{\text{МПП}} = \frac{4500000}{1000} \cdot 6,96 \cdot 1,25 \cdot 25 \cdot 2,38 = 2329425 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на матеріали:

$$B_{\text{МЗАГ}} = B_{\text{МПП}}, \text{ грн.}; \quad (5.6)$$

$$B_{\text{МЗАГ}} = 2329425 \text{ грн.}$$

Витрати на запасні частини:

$$B_{\text{з.ч.}} = \frac{L_{\text{заг}}}{1000} \cdot H_{\text{з.ч.}} \cdot K_e \cdot K_{\text{МВБ}} \cdot K_{\text{інд}}, \text{ грн.}; \quad (5.7)$$

де $H_{\text{з.ч.}}$ - норма витрати на запасні частини, дол./1000 км

$$B_{\text{з.ч.}} = \frac{4500000}{1000} \cdot 6,28 \cdot 1,15 \cdot 25 \cdot 2,38 = 2101837, \text{ грн.}$$

Матеріальні витрати:

$$BM = B_{\text{МЗАГ}} + B_{\text{з.ч.}}, \text{ грн.}; \quad (5.8)$$

$$BM = 2329425 + 2101837 = 4431262 \text{ грн.}$$

Економія матеріальних витрат:

$$E_{\text{МВ}} = \frac{BM \cdot \Pi_{\text{емв}}}{100}, \text{ грн.}; \quad (5.9)$$

де $\Pi_{\text{емв}}$ - процент економії матеріальних витрат (приймаємо 8%);

$$E_{\text{МВ}} = \frac{4431262 \cdot 8}{100} = 354501 \text{ грн.}$$

Ремонтний фонд:

$$P_{\phi} = \Phi_{осн} \cdot K_{рм}, \text{ грн.}; \quad (5.10)$$

де $K_{рм}$ – коефіцієнт, який враховує ремонтний фонд (приймаємо 0,08);

$$P_{\phi} = 142446 \cdot 0,08 = 11396 \text{ грн.}$$

Загальна величина матеріальних витрат:

$$MB_{заг} = BM + P_{\phi} + (-E_{мв}), \text{ грн.} \quad (5.11)$$

$$MB_{заг} = 4431262 + 11396 - 354501 = 4088157 \text{ грн.}$$

Інші витрати:

$$B_{інш} = (BBO + B_{с.з.}) \cdot K_{інш}, \text{ грн.};$$

$K_{інш}$ – коефіцієнт, який враховує інші витрати (приймаємо 1,2);

$$B_{інш} = (305955 + 156037) \cdot 1,2 = 554390 \text{ грн.}$$

Під калькуляцією собівартості робіт розуміють визначення витрат на одиницю продукції. Калькуляція собівартості складається на основі попередніх розрахунків окремих витрат. Результати зводяться в таблицю 5.3.

Витрати на 1000 км пробігу для зони ПР визначаємо за формулою:

$$S_{пр.ПР} = \frac{B_{заг}}{L_{заг}} \cdot 1000, \text{ грн/1000 км.}; \quad (5.11)$$

$$B_{заг} = BOП + B_{с.з.} + MB_{заг} + A_{г} + B_{інш}, \text{ грн.}; \quad (5.12)$$

$$B_{заг} = 305955 + 156037 + 4088157 + 18518 + 554390 = 5123057 \text{ грн.};$$

$$S_{пр.ПР} = \frac{5123057}{4500000} \cdot 1000 = 1138,46 \text{ грн/1000 км.}$$

Питома вага окремих витрат в загальній собівартості визначаються за формулою:

$$П_{B1} = \frac{BOП}{B_{заг}} \cdot 100\% = \frac{305955}{5123057} \cdot 100\% = 5,97\%$$

$$П_{B2} = \frac{B_{с.з.}}{B_{заг}} \cdot 100\% = \frac{156037}{5123057} \cdot 100\% = 3,05\%$$

$$П_{Б3} = \frac{MB_{заг}}{B_{заг}} \cdot 100\% = \frac{4088157}{5123057} \cdot 100\% = 79,8\%$$

$$П_{Б4} = \frac{A_6}{B_{заг}} \cdot 100\% = \frac{18518}{5123057} \cdot 100\% = 0,36\%$$

$$П_{Б5} = \frac{B_{ини}}{B_{заг}} \cdot 100\% = \frac{554390}{5123057} \cdot 100\% = 10,82\%$$

Собівартість окремих станцій для зони ПР, виробничих приміщень та відділень:

$$S_1 = \frac{БОП}{L_{заг}} \cdot 1000 = \frac{305955}{4500000} \cdot 1000 = 67,99 \text{ грн/1000 км.};$$

$$S_2 = \frac{B_{с.з.}}{L_{заг}} \cdot 1000 = \frac{156037}{4500000} \cdot 1000 = 34,67 \text{ грн/1000 км.};$$

$$S_3 = \frac{MB_{заг}}{L_{заг}} \cdot 1000 = \frac{4088157}{4500000} \cdot 1000 = 908,48 \text{ грн/1000 км.};$$

$$S_4 = \frac{A_6}{L_{заг}} \cdot 1000 = \frac{18518}{4500000} \cdot 1000 = 4,12 \text{ грн/1000 км.};$$

$$S_5 = \frac{B_{ини}}{L_{заг}} \cdot 1000 = \frac{554390}{4500000} \cdot 1000 = 123,20 \text{ грн/1000 км.}$$

Отримані в результаті розрахунків дані заносимо в таблицю 5.3

Визначення техніко-економічних показників ділянки

Планово-розрахункова ціна:

$$Ц_{пл.р.ПР} = S_{пр.ПР} \cdot K_p, \text{ грн.} \quad (5.13)$$

де K_p – коефіцієнт, який враховує планову рентабельність $K_p = 1,15 \dots 1,5$ (приймаємо 1,35);

$$Ц_{пл.р.ПР} = 1138,46 \cdot 1,15 = 1309 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.3 – Калькуляція собівартості робіт

N п/п	Витрати	Умовні позначення	Сумарні витрати, грн	Витрати на 1000 км пробігу	Питома вага, %
1.	Витрати на оплату праці	ВОП	305955	67,99	5,97
2.	Відрахування на соціальні заходи	В _{с.з}	1560,37	34,67	3,05
3.	Матеріальні витрати	МВ _{заг}	4088157	908,48	79,8
4.	Амортизація основних фондів	А _в	18518	4,12	0,36
5.	Інші витрати	В _{інш}	554390	123,20	10,82
	Всього	В _{заг}	5123057	1138,46	100%

Визначення загальної суми доходів для зони ПР та виробничих підрозділів:

$$D_{np} = \frac{L_{zag}}{1000} \cdot C_{пл.р.ПР}, \text{ грн.}; \quad (5.14)$$

Підставивши дані в формулу отримаємо:

$$D_{np} = \frac{4500000}{1000} \cdot 1309 = 5890500 \text{ грн.}$$

Прибуток балансований:

$$P_{\phi} = D - B_{zag} = 5890500 - 5123057 = 767443 \text{ грн.};$$

Платежі в бюджет від прибутку:

$$P_{бюд} = P_{\phi} \cdot 0,3 = 767443 \cdot 0,3 = 230233 \text{ грн.};$$

Річний економічний ефект становить [11]:

$$E_{річ} = E_{zag} - E_n \cdot K, \text{ грн.};$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (приймаємо 0,15);

$$E_{piч} = 399130 - 0,15 \cdot 142446 = 377763 \text{ грн.};$$

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Pi_6}, \text{ років}; \quad (5.15)$$

$$T_{ок} = \frac{142446}{767443} = 0,2 \text{ року.}$$

Розрахунок фондівддачі:

$$\Phi_B = \frac{Д}{\Phi_{осн}} \quad (5.16)$$

$$\Phi_B = \frac{5890500}{142446} = 41,3 \text{ грн./1грн}$$

Фондоємність:

$$\Phi_с = \frac{\Phi_{осн}}{Д}; \quad (5.17)$$

$$\Phi_с = \frac{142446}{5890500} = 0,024 \text{ грн./1грн.}$$

Продуктивність праці в грошовому виразі:

$$\Pi\Pi_6 = \frac{Д}{N_{осн}}, \text{ грн.}; \quad (5.18)$$

$$\Pi\Pi_6 = \frac{5890500}{7} = 841500 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.4 - Основні техніко економічні показники

№ п/п	Показники роботи	Умовні позначення	Одиниці виміру	Числові значення
1.	Продуктивність праці в грошовому виразі	$\Pi\Pi_6$	грн.	841500
2.	Середньо місячна заробітна праця	$ЗП_{рем}$	грн.	12829,32
3.	Собівартість продукції: -ПР	$S_{пр.ПР}$	$\frac{грн}{1000км}$	1138,46
4.	Планово розрахункова ціна: -ПР	$\Pi_{пл.р.ПР}$	$\frac{грн}{1000км}$	1309
5.	Фондовіддача	Φ_B	грн./1грн.	41,3
6.	Фондоємність	$\Phi_с$	грн./1грн.	0,024

7.	Річний економічний ефект	$E_{річ}$	грн.	384921
8.	Термін окупності капіталовкладень	$T_{ок}$	рік	0,18

Висновки за розділом

1. В даному розділі проведено економічне обґрунтування діяльності дільниці з обслуговування автомобілів, зокрема дільниці з обслуговування двигунів внутрішнього згоряння. Доведено, що після розширення фронту робіт річний економічний ефект становитиме 384921 грн., а термін окупності - 0,18 роки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Конструктивні особливості двигунів внутрішнього згоряння, зокрема циліндро-поршневої групи та системи мащення, визначають ефективність роботи, економічність та довговічність силового агрегату. Якість і тип поршневих кілець, їхній матеріал і покриття безпосередньо впливають на витрату моторної оливи, ущільнення камери згоряння і тепловідведення. Значну роль у мінімізації зносу відіграють сучасні синтетичні моторні оливи з протизношувальними присадками.

2. Аналіз режимів роботи двигуна й нормативів витрати ПММ свідчить, що правильний підбір оливи, якісний технічний стан системи мащення та своєчасне обслуговування дозволяють суттєво знизити витрати, покращити надійність і зменшити шкідливі викиди. Дотримання сучасних стандартів та рекомендацій виробників забезпечує стабільну та економічну роботу автомобільних двигунів у різних умовах експлуатації.

3. У процесі експлуатації легкових автомобілів встановлено, що реальна паливна економічність значною мірою залежить не лише від конструкції та базових характеристик транспортного засобу, а й від комплексу зовнішніх та внутрішніх факторів. Стандартизовані випробування (NEDC, WLTC) не можуть повною мірою врахувати змінність дорожніх, кліматичних та експлуатаційних умов. Використання додаткових систем (кондиціонер, обігрівач) та рух із додатковими навантаженнями підвищує споживання пального на 10–20%.

4. Зношування циліндро-поршневої групи веде до втрати компресії та зростання витрат пального і оливи до 40–50% у порівнянні з новим двигуном.

5. Ефективність і тривалість служби двигуна напряму залежать від вибору системи та періодичності технічного обслуговування. Класичні регламентні методи ТО прості у впровадженні, але не враховують реального стану двигуна та особливостей експлуатації, що може призвести до перевитрат ресурсів або пропуску критичних дефектів.

6. Сучасні адаптивні системи обслуговування базуються на контролі фактичних параметрів: компресії, витрати оливи, діагностики зазорів, що дозволяє планувати систему ТО.

7. Підвищена витрата оливи та зниження компресії є основними ознаками зносу циліндро-поршневої групи і свідчать про необхідність поглибленої діагностики або ремонту.

Запропонована адаптивна система ТО для Peugeot 301 і Volkswagen Polo передбачає:

- контроль компресії кожні 40 тис. км,
- контроль зазору в кільцях кожні 100 тис. км,
- скорочення інтервалу заміни оливи при зростанні її витрати,
- виконання капремонту ЦПГ при пробігу 350–400 тис. км чи досягненні критичних параметрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобільні двигуни : підручник / Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко Ф. Ф. Київ: Арістей, 2004. 476 с.
2. Безпека життєдіяльності [Текст] : підруч. для студ. с.-г. вузів / І. П. Пістун [та ін.]. Львів : Світ, 1995. 288 с.
3. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В. М. Основи екології: теорія та практикум, Навчальний посібник. Київ. Лібра, 2002.
4. Діагностування мікропроцесорних систем запалювання автомобілів «Skoda» за допомогою приладу VAG-5051. Київ: НТУ, 2005. 36 с.
5. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Київ: Держстандарт України, 1995. 123 с. 21.
6. ДСТУ 3433-96. Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення. Київ: Держстандарт України, 1998. 42 с. 22.
7. ДСТУ 3524-97. Надійність техніки. Проектна оцінка надійності складних систем з урахуванням технічного і програмного забезпечення та оперативного персоналу. Основні положення. Київ: Держстандарт України, 1999. 21 с. 23.
8. ДСТУ 3942-2000. Надійність техніки. Плани випробувань для контролю середнього наробітку до відмови (на відмову). Київ: Держстандарт України, 2000. 30 с.
9. Екологічні проблеми енергоспоживання та енергозбереження : навч. посіб. С.В. Совгіра, В.Г. Гончаренко, Г.Є. Гончаренко, Р.В. Подзерей. Умань: Сочінський, 2013.
10. Зеркалов Д.В. Основи безпеки людини. Навч. посібник. Київ: Основа, 2015. 380 с.
11. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень. Практикум : [навч. посіб.] / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепя Вінниця : ВНТУ, 2013. 113 с.
12. Коваленко В. М., В. К. Щуріхін. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підруч. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с.

13. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ: Знання-Прес, 2003. 512 с.
14. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління. Київ: Знання-Прес, 2004. 478 с.
15. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобілів. Львів: Львівська політехніка, 2004. 168 с.
16. Маркович, С. І., Бевз О. В. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. 334 с.
17. Міляєв Ю. П. Нечипоренко О. М. Основи надійності технічних систем: навч. посіб. Київ: Видавн.-полігр. центр Акад. муніцип. управління, 2008. 246 с..
18. Основи охорони праці: Підручник. 3-тє видання, доповнене та перероблене. К.Н. Ткачук, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, О. І. Полукаров, Ю. О. Полукаров, Т.Є. Луц та ін. За ред.. К.Н. Ткачука. К.: Основа. 2014. 456 с.
19. Офіційний сайт Peugeot. URL: <https://www.peugeot.com> (дата звернення: 22.04.2025).
20. Офіційний сайт Volkswagen. URL: <https://www.volkswagen.com> (дата звернення: 22.04.2025).
21. Приміський В. Стандарти і засоби вимірювання димності відпрацьованих газів дизельних двигунів [Електронний ресурс] В. Приміський. *Стандартизація. Сертифікація. Якість*. 2014. № 3. С. 17–21.
22. Редзюк А. М. Перевірка технічного стану колісних транспортних засобів: Норми міжнародних договорів України та права Європейського Союзу. А. М. Редзюк, В. Б. Агєєв, В. В. Мержиєвський та ін. Київ: ДП «Державто трансНДІпроект», 2008. 536 с.
23. Технологічне обладнання для підприємств автомобільного транспорту : підручник В. М. Міщенко, О. П. Кравченко, І. К. Шаша та ін. [під заг. ред. В. П. Волкова]. Х. : ХНАДУ, 2010. 556 с.