

3. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. Нормативний документ, затверджений Міністерством інфраструктури України 07.10.2011. Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2012, 120 с.

4. Клименко О. А., Устименко В. С., Бондар О. В. та інші. Методичні рекомендації з нормування витрат палива, електричної енергії, мастильних, інших експлуатаційних матеріалів автомобілями та технікою. Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2023, 52 с.

ОЦІНКА НАВАНТАЖЕННЯ МОТОРНОЇ ОЛИВИ КАРТЕРНИМИ ГАЗАМИ ТА ЇЇ РЕСУРС

Кубіч Ваді Іванович, канд. техн. наук, доцент каф. «Автомобілі»,
Національний університет «Запорізька політехніка»,
e-mail: schmirung@gmail.com, ORCID: [0000-0001-6230-9263](https://orcid.org/0000-0001-6230-9263)

Чернета Олег Георгійович, канд. техн. наук, доцент каф.
«Автомобілів та транспортно-логістичних систем»
Дніпровський державний технічний університет,
e-mail: OCherneta@gmail.com, ORCID: [0000-0002-3871-6923](https://orcid.org/0000-0002-3871-6923)

Назаренко Олександр Миколайович, здобувач вищої освіти
за рівнем магістр каф. «Автомобілі»,
Національний університет «Запорізька політехніка»,
e-mail: alexnazarenkozp@gmail.com

Процес газогідравлічної взаємодії елементів системи «моторна олива – картерний простір – гази, що прориваються із циліндра» є невідокремленою складовою експлуатації двигунів внутрішнього згорання. При цьому інтенсивність обміну енергіями між дрібнодисперсними частинками оливи та агресивними компонентами газового середовища у складі H_2O , CO , NO_x , C_nH_m , S , SO_2 , H_2CO безумовно буде залежати від технічного стану циліндро-поршневої групи (фактор F_A) і системи вентиляції картера (фактор F_B) та режиму роботи двигуна. Наслідком газогідравлічної взаємодії є зміна основних експлуатаційних показників моторних олів, досягнення їх граничного стану, що обумовлює відпрацювання ресурсу до заміни тощо.

У сучасних умовах експлуатації двигунів, наприклад, легкових автомобілів, періодичність заміни моторних олів складає у середньому від 7 тис. км до 15 тис. км пробігу автомобіля. Але з урахуванням вищезазначених технічних станів та режимів використання двигунів ця періодичність повинна зменшуватись, і це є відомим фактом.

З погляду на прояв кількісного впливу параметрів зазначених факторів таких як час навантаження виділеного об'єму аерованої оливи, % вміст агресивних хімічних сполук, об'ємна витрата картерних газів, співвідношення позначених станів пропонується визначати наступним чином:

- $F_{A_{max}} \sim F_{B_{max}}$, тобто стан «відмінний», при цьому втрата компресії не повинна перевищувати 10%, тиск картерних газів не повинен перевищувати 400-500 Па [2], надійний відвід картерних газів з об'ємною витратою, наприклад, на частоті обертання холостого ходу, не більше ніж $4 \pm 0,5$ л/хв [3];

- $F_{A_{сер}} \sim F_{B_{сер}}$, тобто стан «добрий», при цьому втрата компресії не повинна перевищувати 20%, тиск картерних газів не повинен перевищувати 1300-1600 Па [2]; надійний відвід картерних газів з об'ємною витратою, наприклад, на частоті обертання холостого ходу, не більше ніж $7,5 \pm 0,5$ л/хв [3];

- $F_{A_{min}} > F_{B_{min}}$, тобто стан «задовільний», при цьому втрата компресії не повинна перевищувати 30%, тиск картерних газів не повинен перевищувати 2000-2300 Па [2]; надійний відвід картерних газів з відповідною об'ємною витратою;

- $\{F_A < F_{A_{min}}\} > \{F_B < F_{B_{min}}\}$, тобто стан «незадовільний», при цьому втрата компресії не перевищує 30%, тиск картерних газів перевищує 2500 Па [2]; ненадійний відвід картерних газів з відповідною об'ємною витратою, яку потрібно знати.

З іншого боку, не у повній мірі вирішені питання науково обґрунтованого зменшення термінів напрацювання моторних оливи за різними основами базової складової з урахуванням витрачання ресурсу до капітального ремонту, наприклад, коли автомобіль відпрацював більше ніж 50% свого ресурсу.

Так, в роботі [1] запропонований критерій навантаження моторної оливи, який розглядається як інтенсивність навантаження моторної оливи картерними газами I_{Γ}^M , $[\text{см}^3 \cdot \text{хв}^{-1}]$, та має наступний вигляд:

$$I_{\Gamma}^M = \frac{n p_{\Gamma} V_M^2}{p_{\text{ц}}(V_k + V_g)}, \quad (1)$$

де n – частота обертання колінчастого валу двигуна, хв^{-1} ; p_{Γ} – тиск картерних газів, Па; $p_{\text{ц}}$ – тиск у циліндрі на такті стискування (компресія), МПа; V_M – об'єм моторної оливи, який піддається газодинамічному навантаженню, см^3 ; V_k – об'єм картера двигуна, см^3 ; V_g – об'єм газів, що прориваються через зазор при зносі ЦПГ, см^3 .

В роботі [2] запропонований безрозмірний критерій оцінки експлуатаційних показників моторних оливи за виразом (2), який здатний відображати динаміку їх змін по напрацюванню двигунів. При цьому на підставі експериментальних даних отримана графічна залежність зміни запропонованого критерію в залежності від часу напрацювання двигуна, яка має експоненціальний вигляд

$$E_M = \frac{\gamma_{100}^H \cdot TBN}{\gamma_{100}^T \cdot TAN} \quad (2)$$

де γ_{100}^H , γ_{100}^T – номінальне та поточне значення кінематичної в'язкості, $\text{мм}^2 \cdot \text{с}^{-1}$; TBN – лужне число моторної оливи, $\text{мг} \cdot \text{КОН} \cdot \text{г}^{-1}$; TAN – кислотне число моторної оливи, $\text{мг} \cdot \text{КОН} \cdot \text{г}^{-1}$.

Очевидним з наведеного є те, що ці два критерія будуть знаходитись у наступному функціональному співвідношенні $E_M = f(I_r^M)$, тобто параметри критерію навантаження моторної оливи будуть визначати втрачання її експлуатаційних властивостей. У випадку отримання математичної моделі позначеного виду для конкретних класів моторних олив і двигунів з відповідним технічним станом, тобто втраченим ресурсом, представляється можливим визначати коефіцієнт корегування періодичності заміни оливи. А оскільки на загальному напрацюванні двигуна автомобіля таких періодів відпрацювання оливи є певна кількість, то відповідно до цього можлива прив'язка до пробігу автомобіля. Але для цього необхідно мати відповідний масив експериментальних даних, що розглядається як напрямок подальших досліджень.

У цьому напрямку проведені відповідні експериментальні та аналітичні дослідження з використанням базового двигуна ВАЗ-21011 із різними середньоарифметичними компресіями по циліндрам – 10,2 кгс/см², 9,5 кгс/см², 9,0 кгс/см² [1-4]. Але за тими чи іншими обставинами не кожен раз вдається отримати відповідні дані, наприклад, для виразу (1), що потребує використання як розрахункового так і графічного визначення відповідного параметра.

Метою роботи на даному етапі досліджень є визначення об'ємної витрати картерних газів для двигуна ВАЗ-21011, який має компресію, наприклад, 9,0 кгс/см² на відповідному пробігу автомобіля. Це можливо здійснити як прямим вимірюванням за допомогою, наприклад, приладу «Ротаметр РС-3» або з використанням методу прямої екстраполяції за наявністю відповідної попередньо встановленої залежності.

Для досягнення мети використані результати експериментальних досліджень, спрямованих на визначення характеру зміни показників експлуатаційних властивостей моторних олив в умовах їх примусового старіння та зміни компресії у двигунах ВАЗ-21011 на відповідних напрацюваннях. Так, побудована залежність прояву середньостатистичних тисків для відповідних пробігів автомобіля ВАЗ-21063, рис. 1.

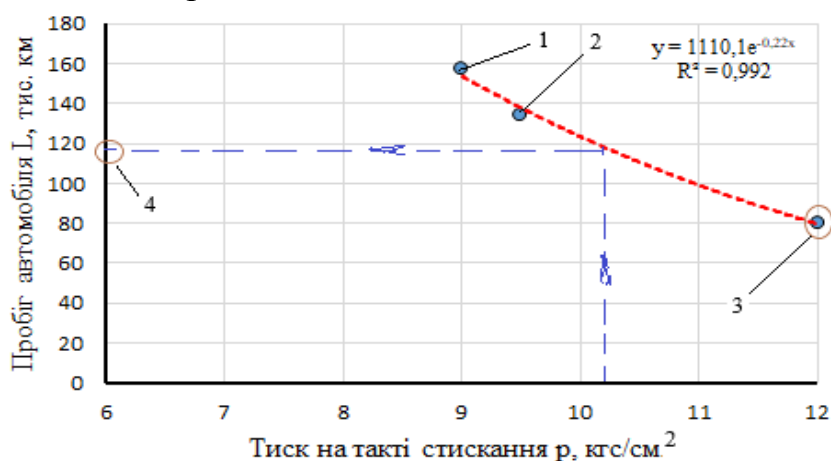


Рисунок 1 – Прогнозування напрацювання двигуна при тиску 10,2 кгс/см² на такті стискання: 1, 2 – експериментальні дані; 3 – теоретична точка зберігання максимального тиску на такті стискання за умовами невтрачання ресурсу; 4 – екстрапольоване значення напрацювання двигуна при тиску 10,2 кгс/см² на такті стискання

На наступному етапі здійснено порівняння вимірів витрати картерних газів із подібними експериментальними даними, рис. 2.

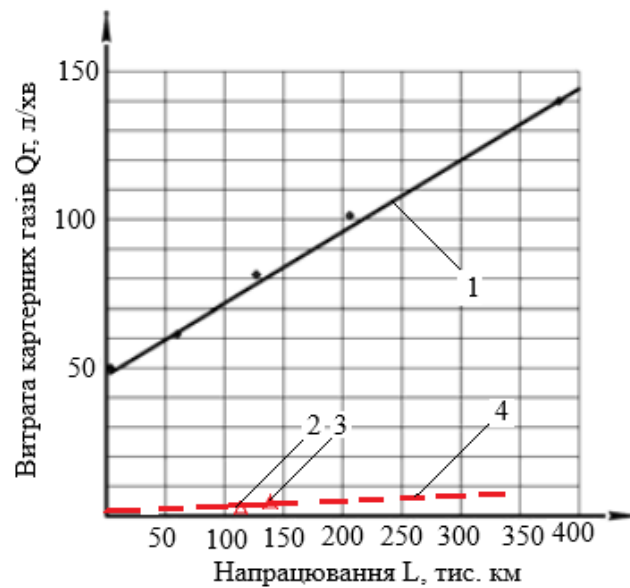


Рисунок 2 – Порівняння характеру витрати картерних газів для двигунів ВАЗ-21011 з попередньо встановленими даними:
 1 – закономірність зміни для двигуна V8 ЯМЗ-238 [5];
 2, 3 – дані для дослідних двигунів при $n=950\pm 30$ хв⁻¹

Наявність характерних координат для витрати картерних газів дало можливість побудувати у програмі Microsoft Excel графічну залежність та визначити достовірність апроксимації даних, рис. 3. При цьому пряма екстраполяція дозволила визначити об’ємну витрату картерних газів, яка для двигуна з компресією 9,0 кгс/см² на конкретному напрацюванні у 157380 км склала $11\pm 0,5$ л/хв.

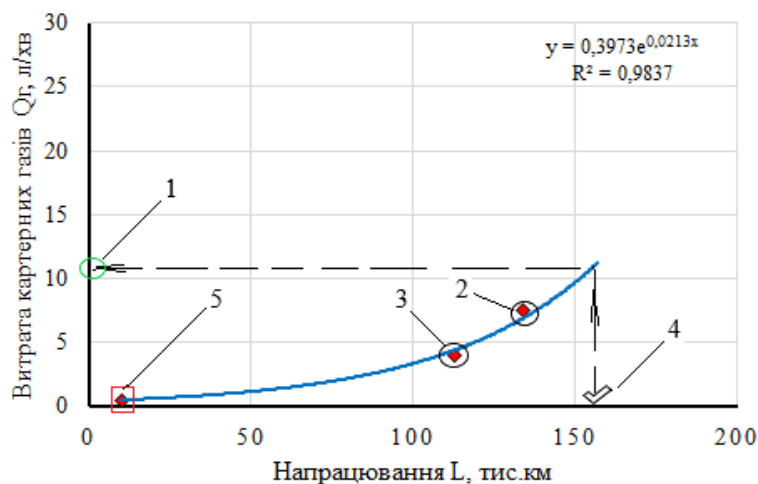


Рисунок 3 – Графічне визначення закономірності зміни витрати картерних газів від напрацювання для двигунів ВАЗ-21011 при $n=950\pm 30$ хв⁻¹: 1 – екстрапольоване значення для напрацювання автомобіля 157380 км; 2 – точка, яка отримана у результаті експерименту; 3 – точка, що отримана на підставі графоаналітичного методу; 4 – напрацювання для визначення витрати газів ($L=157380$ км); 5 – теоретична точка, яка характерна для двигунів з обмеженим напрацюванням

Висновки

В результаті проведених досліджень отримано залежність зміни витрати картерних газів бензинового двигуна ВАЗ-21011 від напрацювання автомобіля, яка дає можливість прогнозовано оцінити складову навантаження моторної оливи картерними газами на частоті обертання холостого ходу. Попередньо визначено, що у відмінності від двигуна V8 ЯМЗ-238 закономірність є не лінійною і має експоненціальний вид.

Література

1. Кубіч В.І., Мимоход Д.Ю. Об'єм газів, що прориваються через зазори у ЦПГ ДВЗ та навантаженість моторної оливи. Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. 13-а Міжнародна науково-практична конференція, 07-09 вересня 2022 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія. С.132-135.
2. Kubich, V.I., Cherneta, O.G., Bokarov, V.I., ...Yurov, V.M., Oleshko, V.S. Assessment of the Interaction between Crankcase Gases and Engine Oil Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2021, 50(4), PP. 364-369.
3. Кубіч В.І. Навантаження і тиск картерних газів при зміні триботехнічного стану ЦПГ бензинового ДВЗ/ В.І. Кубіч, О.Г. Чернета, Д.Е. Дрібас // XI між нар. наук.-практ. конфер. «Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту» 3 - 4 грудня 2020 року. ДІ НУ «Одеська морська академія». С.57-61
4. Назаренко О.М., Кубіч В.І. Визначення витрат картерних газів, що навантажують моторну оливу. «Тиждень науки-2023» - щоріч. наук.-практ. конф., 24-28 квітня 2023р.: зб. тез допов., Т.1. - Запоріжжя, 2023. НУ «ЗП». С.20-22.