

УДК 669.113

Канд. техн. наук В. О. Сістук

ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ НОРМ ВИТРАТ МОТОРНОГО МАСТИЛА

*Роботу присвячено рішення актуального завдання розробки методики вибору та розрахунку витрат моторних мастил з урахуванням їх в'язкісно-температурних характеристик та товщини граничного шару мастила у вузлах та деталях двигуна внутрішнього згоряння.*

**Ключові слова:** моторне мастило, в'язкісно-температурна характеристика, масляна плівка, підшипник ковзання, норми витрат мастила.

### Постановка проблеми

З процесом старіння мастила підвищується його в'язкість, що призводить до зростання внутрішніх витрат двигуна внутрішнього згоряння автомобіля. Крім того, підвищення в'язкості порушує режим змащування деталей вузлів двигуна, оскільки мастило з підвищеною в'язкістю не надходить в зони контакту, що викликає підвищений знос. За таких умов використання моторного мастила без урахування його в'язкісно-температурних характеристик може негативно позначитись на ефективності експлуатації автомобільного транспорту, підвищуючи його витрати.

### Аналіз досліджень і публікацій

Незважаючи на існуючі методи підбору моторних мастил [1], залишається недостатньо вивченим вплив в'язкісно-температурних характеристик моторного мастила на його витрати. Крім того, існуючі методики розрахунку норм витрат мастила дозволяють отримати лише приблизні їх величини. Те саме стосується розрахунку норм витрат мастила по відношенню до витрат палива [2].

### Мета досліджень

Метою роботи є удосконалення існуючої методики розрахунку норм витрат моторного мастила з урахуванням впливу його в'язкісно-температурних характеристик на величину масляної плівки.

### Викладення матеріалу і результатів

На основі вищесказаного і з урахуванням методичних основ підбору мастил удосконалена методика вибору та розрахунку витрат моторного мастила з урахуванням впливу його в'язкісно-температурних характеристик.

В основу методики вибору та розрахунку витрат моторного мастила було покладено технічну

документацію по сучасних моторних мастилах, нормативні документи із розрахунків норм витрат паливно-мастильних матеріалів на автотранспорті, результати експериментальних досліджень моторних мастил на різних строках експлуатації, та методичні підходи щодо визначення працездатності деталей та вузлів двигунів внутрішнього згоряння при існуючих системах змащування.

Початковим розрахунковим блоком вибору та розрахунку витрат моторного мастила є побудова його в'язкісно-температурної характеристики (ВТХ), виходячи з технічної документації, представленої заводом-виробником [3–9]. Нами було досліджено синтетичні моторні мастила, які за SAE відповідають класу в'язкості 5W-40, оскільки вони мають більш високий ступінь стабільності характеристик і властивостей в процесі тривалої експлуатації під впливом різних температур.

Також, на основі показників в'язкості в залежності від пробігу, отриманих експериментальним шляхом [10], було отримано відповідні залежності (рис. 1), які дозволяють визначати зміну показників в'язкості мастила не тільки при зміні температури, а й у процесі його старіння.

Підвищення в'язкості мастила у процесі експлуатації (рис. 1) призводить до зменшення висоти мастильної плівки у підшипниках ковзання колінчастого валу двигуна, підвищуючи коефіцієнт тертя між цапфою та вкладишем, що викликає передчасне зношування деталей двигуна та пов'язані з ним підвищені витрати палива.

Розподіл виходу деталей двигуна з ладу за рахунок вказаних проблем виглядає таким чином: 47% зносу приходиться на поршневі кільця, 30% – на підшипники колінчастого валу, 23% – на інші деталі, що змащуються під тиском [11]. Порушення працездатності підшипника ковзання можливо при досягненні товщини мастильного шару, що розділяє поверхні тертя, гранич-

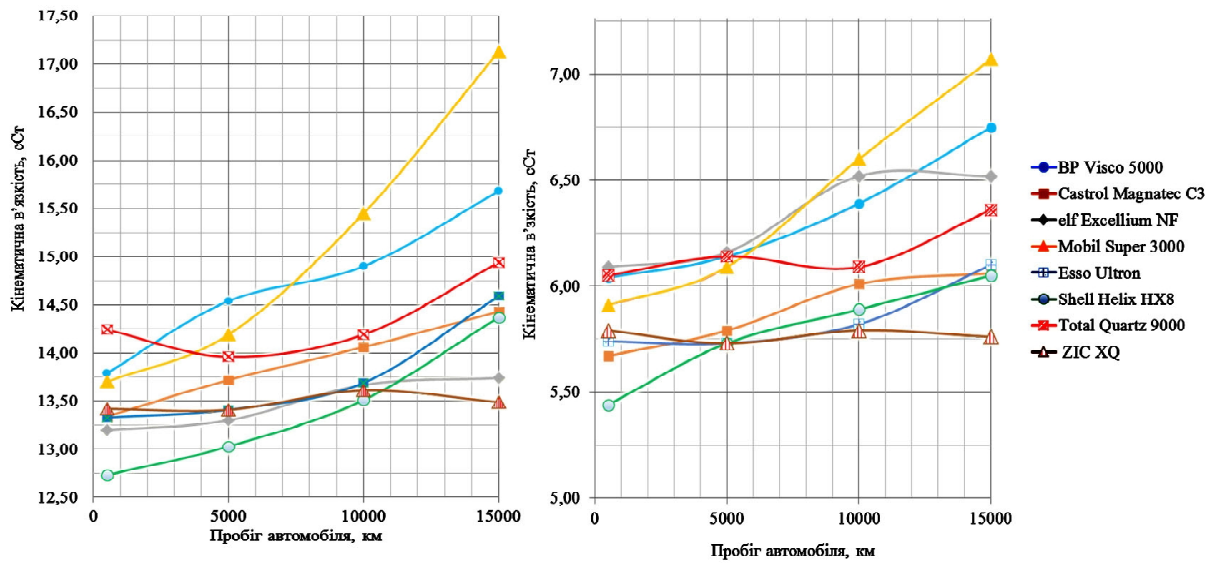


Рис. 1. Зміна кінематичної в'язкості мастила від пробігу автомобіля при температурі 100 °С (графік зліва) та 150 °С (графік справа)

ної величини  $h_{sp}$ , яка дорівнює сумі висот мікрорівностей поверхней, що контактують. Експериментальним шляхом було встановлено, що для збереження режиму гідродинамічного змащення мінімальна товщина мастильного шару повинна перевищувати критичну у 1,3 рази.

Мінімальна товщина шару при заданих конструктивних параметрах підшипників колінчастого валу визначається із співвідношення [12]:

$$h_{\min} = \frac{\Delta}{2 \left( 1 - 0,3 \frac{P \psi^2}{\eta \cdot \omega} \right)}, \quad (1)$$

де  $\Delta$  – середній радіальний зазор між поверхнями тертя, мкм;  $P$  – тиск на підшипник, Н/м<sup>2</sup>;  $\omega$  – кутова швидкість обертання валу, с<sup>-1</sup>;  $\psi = \Delta/d$  – радіальний зазор у підшипнику ( $d$  – діаметр цапфи),  $\eta$  – динамічна в'язкість мастила, Па·с.

В той же час, за конструктивними особливостями і технічним станом змащуваних механізмів і вузлів, й режимом їх експлуатації розраховуються норми витрат змащувальних матеріалів. Для двигунів кожного типу можуть бути внесені корективи при визначенні тривалості роботи мастила, обумовлені специфічними умовами його експлуатації і якістю [2].

Приблизну витрату картерного мастила в двигунах можна визначити за формулою:

$$Q_G = \frac{q_m \cdot N \cdot k}{1000} + \frac{G_z}{T_p}, \quad (2)$$

де  $Q_G$  – годинна витрата мастила, кг/год;  $q_m$  – питома витрата мастила, рекомендованого заводом, г/кВт в год (к.с. в год.);  $N$  – номінальна потужність двигуна, кВт (к.с.);  $k$  – коефіцієнт, що враховує знос циліндрів, поршневих кілець і підшипників, дорівнює для швидкохідних дизелів з частотою обертання колінчастого валу понад 500 хв.<sup>-1</sup> при змащенні підшипників під тиском і циліндрів розбризкуванням – 1,25–1,3; для тихохідних дизелів (200–500 хв.<sup>-1</sup>) при такому ж конструктивному оформленні системи змащення – 1,2.

Індивідуальна норма витрат мастильних матеріалів і спеціальних рідин на 100 л загальної витрати палива:

$$Q_m = c_m \cdot Q_n \cdot 100 \cdot k \cdot k_{zag}, \quad (3)$$

де  $c_m$  – норма витрати на дану марку, л або кг на 100 л палива – від заводів-виробників транспортного засобу,  $Q_n$  – маса палива, кг;  $k_{zag}$  – коефіцієнт, що враховує індивідуальні особливості перевезень на підприємстві.

Таким чином, коефіцієнт  $k$ , який враховує знос деталей циліндро-поршневої групи залежить лише від частоти обертання колінчастого валу, знаходиться у діапазоні 1,20–1,30 та не враховує товщину масляної плівки у вкладишах колінчастого валу.

Оскільки даний норматив рекомендує внести корегуючі коефіцієнти для більш точного врахування додаткових параметрів, розглянемо, яким чином товщина масляної плівки впливатиме на витрати паливно-мастильних матеріалів.

Після вибору марки моторного мастила, використовуючи залежності побудовані у вигляді

графіків раніше (рис. 2), знаходять його кінематичну в'язкість при заданій температурі та пробігу автомобіля. Динамічна в'язкість визначається як добуток кінематичної на щільність мастила. За величиною динамічної в'язкості по отриманій залежності (1) визначається мінімальна величина шару масляної плівки. Отже, мінімальній величині плівки відповідають конкретні в'язкісно-температурні показники мастила та термін його експлуатації. Гранична величина масляної плівки залишається незмінною, й, як було вказано раніше, відповідає конструктивним параметрам підшипникового вузла. У зв'язку з цим, побудовано залежність товщини масляної плівки підшипників від в'язкості мастила, яку представлено на рис. 2. При використанні різних мастил, в залежності від вищеназаних параметрів, мінімальна висота плівки буде лежати у різних діапазонах від граничної, та не відповідати прийнятій величині у 1,3, що необхідно враховувати введенням додаткового коефіцієнту.

Таким чином, для врахування впливу фактичної величини в'язкості мастила на її товщину, нами запропоновано використання коефіцієнту, який визначається з отриманої залежності на рис. 2

$$k_{\text{мл}} = h_{\text{кр}} / h_{\text{мін}} \quad (4)$$

Запропонований коефіцієнт врахування товщини масляної плівки може бути застосований при розрахунку норми витрат мастила шляхом

уточнення коефіцієнту, що враховує знос циліндрів, поршневих кілець і підшипників, наступним чином:

$$k = c_n \cdot k \cdot k_{\text{мл}} + c_k \cdot k, \quad (5)$$

де  $c_n$  – відсоток зносу підшипників колінчастого валу,  $c_k$  – відсоток зносу деталей циліндропоршневої групи.

Представлені залежності на номограмі (див. рис. 2) справедливі для мастил з аналогічними в'язкісно-температурними характеристиками. На підставі попереднього вибору декількох марок моторних мастил слід визначити зміну в'язкості обраних мастил в залежності від температури нагрівання в процесі роботи машини. Таким чином, після проведення необхідного зіставлення для розглянутих марок мастил, проводиться вибір оптимального масла виходячи з умови збереження ресурсу вузлів та деталей двигуна.

### Висновки

Запропонований коефіцієнт врахування товщини масляної плівки підшипника дозволяє більш точно визначити витрати палива з урахуванням його в'язкості, періоду експлуатації та конструктивних особливостей змащувальних вузлів, після чого визначаються можливість і доцільність раціоналізації термінів заміни мастила, виходячи з організаційної спроможності та періодичності робіт технічного обслуговування.

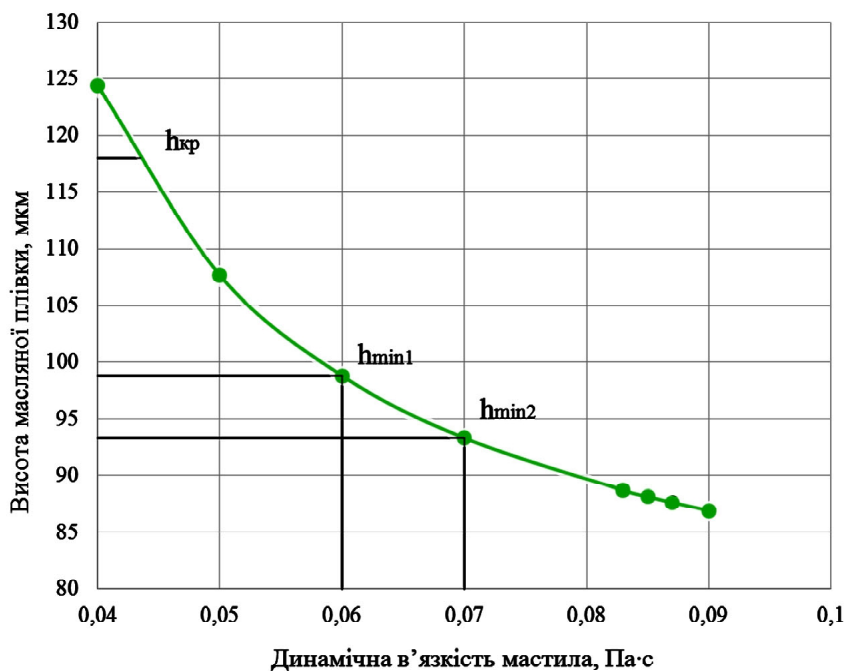


Рис. 2. Товщина мастильної плівки після 10000 км пробігу:

1 – для моторного мастила Elf Excellium NF, 2 – для моторного мастила Mobil Super 3000

**Список литературы**

1. Топливо и смазочные материалы [Электронный ресурс] : учебное пособие самост. учеб. электрон. изд. / Б. П. Евдокимов ; Сыкт. лесн. ин-т. – Электрон. дан. – Сыктывкар : СЛИ, 2013. – Режим доступа : <http://lib.sfi.komi.com>. – Загл. с экрана.
2. 8700.00 РД Методика расчета норм расхода горюче-смазочных материалов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200082908>, свободный.
3. Информация о продукте. Castrol Magnatec Diesel 5W-40 DPF. Защита с первой секунды пуска двигателя/ ООО «Сетра Лубрикантс» – 2015. – 2 с. Режим доступа : [http://www.castrol.com/content/dam/castrolcountry/ru\\_ru/Documents/Descriptions/Magnatec%20DIESEL%205W-40%20DPF%202015.pdf](http://www.castrol.com/content/dam/castrolcountry/ru_ru/Documents/Descriptions/Magnatec%20DIESEL%205W-40%20DPF%202015.pdf)
4. Информация о продукте. elf Excellium NF 5W-40 / Total lubrifiants. – 2009. – 1 с. Режим доступа – <http://www.uns-oil.ru/files/4d3d572fba5f7.pdf>
5. Информация о продукте. Esso Ultron 5W-40 / ООО «Мобил Ойл Лубрикантс» – 2011. – 2 с. Режим доступа – <http://www.lindberglund.fi/files/Tekniske%20datablad/E-ULTRON-G3E.pdf>
6. Информация о продукте. Mobil Super 3000 X1 5W-40 / Exxon Mobil Corporation – 2007. – 2 с. Режим доступа – <https://m1.kiev.ua/pdf/information-mobil-super3000-5w40.pdf>
7. Информация о продукте. QUARTZ 9000 5W-40 / TOTAL LUBRIFIANTS – Immeuble Spazio – 2009. – 2 с. Режим доступа – <http://motoroil.uz/files/9000-5w40.pdf>
8. Информация о продукте. Shell Helix HX8 Synthetic 5W-40 – 2015. – 2 с. Режим доступа – [http://shell-distributor.ru/common/data/u/Helix\\_HX8\\_Synthetic\\_5W-40\\_\(TDS-rus\).pdf](http://shell-distributor.ru/common/data/u/Helix_HX8_Synthetic_5W-40_(TDS-rus).pdf)
9. Информация о продукте. ZIC HQ 5W-40/CK – 2016. – 11с. Режим доступа – [http://www.lirazbat.com/image/users/196676/ftp/my\\_files/sk%2Benergy%2Bzic%2Bproducts%2Bin%2Benglish.pdf?id=9431354](http://www.lirazbat.com/image/users/196676/ftp/my_files/sk%2Benergy%2Bzic%2Bproducts%2Bin%2Benglish.pdf?id=9431354)
10. Автомобильные эксплуатационные материалы: учеб. пособие. Ч. II. Масла и смазки / В. Б. Джерихов; СПб. гос. архит.-строит. ун-т. – СПб. 2009. – 256 с.
11. Энергосберегающие масла – журнал «За рулем», Рейс – досье 2016, №1(6). – С. 170–175.
12. Кирпиченко Ю. Е. Основы трибологии: Теория. Лабораторный практикум. Упражнения / Кирпиченко Ю. Е., Трофименко А. Ф. – Гомель : Инфотрибо, 1995. – 224 с.

Поступила в редакцию 16.12.2016

**Систук В.А. Усовершенствование методики расчета норм расхода моторного масла**

Работа посвящена решению актуальной задачи разработки методики выбора и расчета расхода моторных масел с учетом их вязкостно-температурных характеристик и толщины граничного слоя смазки в узлах и деталях двигателя внутреннего сгорания.

**Ключевые слова:** моторное масло, вязкостно-температурная характеристика, масляная пленка, подшипник скольжения, нормы расхода масла.

**Sistuk V. Development of methods of motor oil consumption norms calculation**

*The paper is devoted to solving of actual problem the methods development of selection and calculation of motor oils consumption based on their viscosity-temperature characteristics and the thickness of the boundary layer at the internal combustion engine nodes and parts.*

**Key words:** motor oil, viscosity-temperature characteristic, oil film, plain bearer, oil consumption norms.