

РІЧКОВИЙ ТА МОРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 621.436.12

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2021.4-11.05>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК МАСЛЯНИХ ФІЛЬТРІВ ТИПУ «SPIN-ON» НА РОБОЧІ ПАРАМЕТРИ МАСЛЯНОЇ СИСТЕМИ

Д.В. Курносенко¹, В.П. Савчук², Є.В. Білоусов³

¹аспірант, асистент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок,
Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна,
ORCID ID: 0000-0003-3417-8766

²к.т.н., доцент, завідувач кафедри експлуатації суднових енергетичних установок,
Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-5266-850X

³д.т.н., доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок,
Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна,
ORCID ID: 0000-0001-8185-8209

Анотація

Вступ. Шляхом підвищення ефективності високооберткових дизельних двигунів (ВОД) є оптимізація роботи елементів системи мащення – зменшення насосних витрат. Підвищені витрати на привід масляних насосів пов'язані з роботою двигуна на високов'язких маслах, роботою непрогрітого двигуна й експлуатація двигуна із забрудненим масляним фільтром. На ступінь забруднення моторного масла впливає режим роботи дизельного двигуна, кліматичні умови експлуатації, якість дизельного палива, марка застосовуваного моторного масла. **Мета.** Стаття присвячена стендовим дослідженням робочих параметрів масляних фільтрів і їх впливу на експлуатаційні показники масляного насоса в широкому діапазоні частот обертання. **Результати** виконаних досліджень наведено у вигляді графічних залежностей. У статті представлено залежності витрати моторного масла в напірну магістраль, лінію зливу та значення продуктивності масляного насосу при використанні чотирьох різних моделей масляних фільтрів: ФМ 009-1012005, WL7133, SM 108 і M-019 (забруднений). Додатково отримано залежності тиску після масляного насоса, після масляних фільтрів і значення падіння тиску на масляних фільтрах від частоти обертання вхідного валу масляного насосу. **Висновки.** У статті після проведення експериментальних досліджень контуру подачі й очистки моторного масла системи мащення з використанням чотирьох моделей масляних фільтрів типу «spin-on» нами отримано графічні залежності витрати моторного масла масляним насосом до головної масляної магістралі й до лінії зливу. Додатково визначено вплив досліджуваних режимів на розподіл тиску моторного масла, що створюється масляним насосом, тиску в напірній магістралі, перепаду масляного тиску на досліджуваних

масляних фільтрах і з урахуванням розрідження на лінії всмоктування. Представлені залежності дають можливість здійснити оцінку роботи запобіжного клапану масляної системи і стану фільтруючого елемента.

Ключові слова: високообертовий дизельний двигун, система мащення, моторне масло, масляний насос, масляний фільтр.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE CHARACTERISTICS OF SPIN-ON OIL FILTERS ON THE OPERATING PARAMETERS OF THE OIL SYSTEM

D.V. Kurnosenko¹, V.P. Savchuk², E.V. Bilousov³

¹graduate student, assistant of the Department of Vessel's Power Plants Operation, Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine, ORCID ID: 0000-0003-3417-8766

²Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Vessel's Power Plants Operation, Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-5266-850X

³Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Vessel's Power Plants Operation, Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine, ORCID ID: 0000-0001-8185-8209

Summary

Introduction. By increasing the efficiency of high-speed diesel engines is to optimize the operation of the elements of the lubrication system to reduce energy consumption for pumping fluid. Increased energy consumption for the drive of oil pumps associated with the operation of the engine on high-viscosity oils, operation of an cold engine and operation of the engine with a dirty oil filter. The degree of contamination of the engine oil is influenced by the operating mode of the diesel engine, the climatic conditions of operation, the quality of the diesel fuel, and the brand of the used engine oil. **Purpose.** This article is devoted to a bench study of the operating parameters of oil filters and their influence on the performance of an oil pump in a wide range of rotational speeds. The results of the studies performed are shown in the form of graphical dependencies. This article presents the dependences of the engine oil consumption in the pressure line, the drain line and the oil pump performance when using four different models of oil filters: FM 009-1012005, WL7133, SM 108 and M-019 (contaminated). Additionally, the dependence of the pressure after the oil pump, after the oil filters and the value of the pressure drop through the oil filters on the rotational speed of the input shaft of the oil pump were obtained. **Conclusions.** In this article, we have obtained graphical dependences of the oil consumption of engine by an oil pump, to the main oil line and to the drain line. Experimental studies were carried out using four models of "spin-on" oil filters. Additionally, the influence of the investigated modes of the distribution of the engine oil pressure, which is created by the oil pump, the pressure in the pressure line, the oil pressure drop across the investigated oil filters and taking into account the vacuum on the suction line, was determined. The presented dependences make it possible to assess the operation of the oil system safety valve and the condition of the filter element.

Key words: high-speed diesel engine, lubrication system, engine oil, oil pump, oil filter.

Вступ. Одним зі шляхів підвищення ефективності високообертових дизельних двигунів (далі – ВОД) є оптимізація роботи елементів системи мащення, а саме зменшення насосних витрат. Підвищені витрати на привід масляних насосів пов'язані з роботою двигуна на високов'язких маслах, непрогрітого двигуна (двигуна, у якого несправна система охолодження) та експлуатацією двигуна із забрудненим масляним фільтром. За рекомендацією виробника дизельного двигуна заміна масляних фільтрів здійснюється при кожній заміні моторного масла, а саме при 500 год. напрацювання. На ступінь забруднення моторного масла впливає режим роботи дизельного двигуна, кліматичні умови експлуатації, якість дизельного палива, марка застосовуваного моторного масла.

Постановка проблеми. Доцільним напрямом наукових досліджень щодо підвищення ефективних показників двигунів внутрішнього згоряння (далі – ДВЗ) є вивчення впливу умов експлуатації на забруднення моторного масла, виснаження присадок, зміна його фізичних властивостей з метою корегування регламентованої періодичності заміни моторного масла та переведення ДВЗ з планово-попереджувальної системи технічного обслуговування і ремонту (далі – ТОiP) на систему за реальним технічним станом. Використання масляних фільтрів зі збільшеною площею фільтрувального матеріалу забезпечує можливість роботи з подовженим ресурсом. Для визначення оптимальних строків технічного використання масляних фільтрів необхідно дослідити їх головні експлуатаційні показники в складі конкретних систем мащення ВОД і встановити за їх характеристиками критерії доцільності заміни.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є стендові дослідження робочих параметрів масляних фільтрів і їх впливу на експлуатаційні показники масляного насосу в широкому діапазоні частот обертання.

Виклад основного матеріалу. Вивчення впливу складових елементів систем мащення тронкових двигунів внутрішнього згоряння, що характеризуються наявністю в їх складі начеплених масляних насосів (типу «spin-on») і повнопоточних масляних фільтрів, на експлуатаційні параметри таких систем, неможливе без урахування зміни параметрів масляних фільтрів у процесі їх експлуатації [1]. Як фільтрувальний матеріал у масляних фільтрах зазвичай виробники використовують фільтрувальний папір, який складається з натуральних і синтетичних волокон (наприклад, поліестери, поліаміди), що пропитуються різними смолами [2]. У процесі експлуатації відбувається природне забруднення фільтрувального матеріалу, що й призводить до зміни пропускної здатності фільтра та спричиняє підвищення перепаду тиску на ньому. Особливістю конструкції фільтрів картриджного типу є наявність зворотного (антидренажного) та перепускного клапанів [3]. Призначенням антидренажних клапанів є протидія стіканню моторного масла з фільтрів у період зупинки двигуна. Перепускні клапани призначено для розвантаження фільтруючих елементів під час пуску та роботи двигуна на холодних і, відповідно, в'язких маслах і для забезпечення двигуна маслом при забрудненому фільтруючому елементі. Масляний фільтр виконується в металевому корпусі, що оснащено приєднувальною різьбою, чи в безкорпусному виконанні. Додатково в системах мащення встановлюють запобіжні клапани, що забезпечують підтримку заданого виробником тиску масла в напірній магістралі. Тому цілком очевидним є той факт,

що застосування фільтрів різних виробників і різні ступені забруднення фільтрувального елемента будуть призводити до зміни витрати моторного масла через напірну магістраль двигунів. Наявність вищевказаних елементів у складі контуру подачі та очистки моторного масла систем мащення призводить до необхідності розробки алгоритмів діагностування їх працездатності й, зокрема, визначення їх припустимих (граничних) параметрів. Аналітичний опис параметрів масляних фільтрів і їх заміна в процесі експлуатації не будуть досить точними без урахування витратної характеристики фільтра в реальних умовах експлуатації та особливостей технічного стану масляного насоса й налаштування запобіжного клапану. Важливим аспектом, що визначається умовами експлуатації дизельного двигуна, є температурний режим моторного масла та його в'язкісно-температурна характеристика (ВТХ).



Рис. 1. Конструкція масляного фільтру баночного типу [1]

Для проведення таких досліджень на базі Херсонської державної морської академії співробітниками кафедри експлуатації суднових енергетичних установок спроектовано й виготовлено стенд для дослідження експлуатаційних параметрів елементів системи мащення високооберткових двигунів внутрішнього згорання, а саме контуру подачі й очищення моторного масла [4]. Стендові дослідження проводилися із застосуванням шестеренного масляного насоса моделі 50-1403010Б1 і корпусу масляного фільтру дизельного двигуна Д-246.4 виробництва Мінського моторного заводу, що застосовується в складі дизель-генераторних установок, у тому числі й суднового виконання [5].

Технічні дані масляного насоса [5] наведено в таблиці 1.

Виробником установлюються нормативні значення тиску в системі мащення двигуна Д246.4 0,25...0,35 МПа при номінальній частоті обертання колінчастого валу 1500 хв⁻¹ (при прогрітому двигунові до температури охолоджувальної рідини

85...95 °С) [6]. Цей тиск повинен обмежувати запобіжний клапан, що встановлено в корпусі масляного фільтру, шляхом його регулювання.

Таблиця 1

Технічні дані масляного насоса 50-1403010Б1

Параметр	Значення
Номінальна частота обертання валу насоса, хв ⁻¹	2800
Тиск масла на виході з насоса, МПа	0,70...0,75
Номінальна об'ємна подача, л/хв	43
Потужність, що витрачається на привід насоса, кВт	не більше 1,1

У масляному фільтрі перепускний клапан повинен відкриватися при перепаді на ньому тиску масла 0,13...0,17 МПа [5].

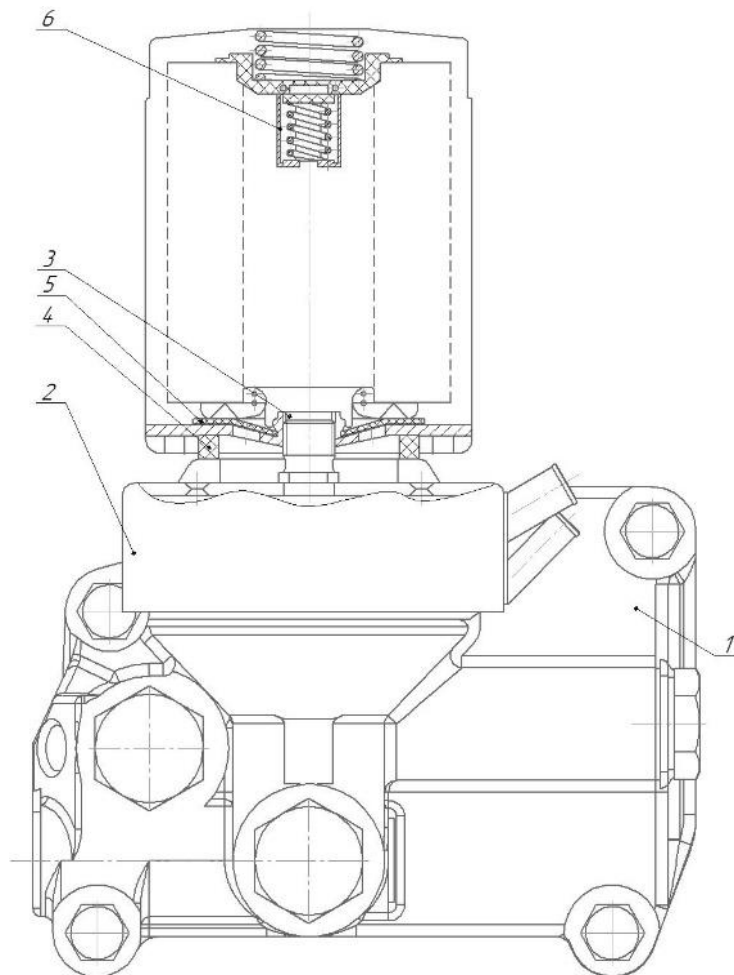


Рис. 2. Конструкція установки масляного фільтру: 1 – корпус фільтру; 2 – рідинно-масляний теплообмінник; 3 – итуцер; 4 – прокладка рідинно-масляного теплообмінника; 5 – протидренажний клапан; 6 – перепускний клапан

Як дослідні фільтри використовувалися фільтри, рекомендовані виробником для цього типу двигунів, а їх характеристики наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Параметри масляних фільтрів

Параметри	Позначення масляних фільтрів			
	ФМ 009-1012005	WL7133	SM 108	M-019
Внутрішній діаметр 1	71,4	72,0	72,0	72,0
Внутрішній діаметр 2	61,5	62,5	62,0	62,0
Зовнішній діаметр	97,5	95,0	93,0	98,0
Висота	117,5	181,0	142,0	128,0
Ступінь очистки, мкм	<45	12		
Площа фільтрації, м ²	–	0,37		
Диференційний тиск відкриття перепускного клапана, МПа	0,13...0,17	0,25	0,25	–
Тиск відкриття антидренажного клапана, МПа	0,10	0,10	0,10	0,10
Тип приєднувальної різьби	3/4-16 UNF			

Фільтр моделі ФМ 009-1012005 знаходився в експлуатації 70 годин від часу запуску дизельного двигуна та фактично застосовувався в процесі припрацювання двигуна. При експериментальних дослідженнях застосовувався фільтр моделі М-019, що використовувався після роботи на двигунові між періодами регламентної заміни моторного масла. Усі інші фільтри до моменту встановлення на дослідний стенд в експлуатації не знаходилися.

Експлуатаційні параметри складників системи досліджено з використанням моторного масла, що має індексом в'язкості SAE 30. Температура моторного масла підтримувалася в діапазоні 84...85 °С.

Дослідження проводилися при незмінних налаштуваннях запобіжного клапана та перепускного перетину стендового дроселя, що імітував витрату моторного масла через трибовузли й елементи двигуна.

Гідравлічну схему стенду наведено на рис. 3.

Результати проведених досліджень наведено у вигляді графічних залежностей. Так, на рисунках 4–7 представлено залежності витрати моторного масла в напірну магістраль, лінію зливу та значення продуктивності масляного насоса при використанні чотирьох різних моделей масляних фільтрів. Отримані значення витрати моторного масла при дослідженні фільтрів ФМ 009-1012005, WL7133 та SM 108 демонструють схожі залежності. Розбіжність між продуктивністю масляного насоса при максимальній досліджуваній частоті обертання масляного насоса становить 3,51 л/хв, що зафіксовано між фільтрами ФМ 009-1012005 та SM 108. Аналіз витратних характеристик у напірну магістраль і в лінію зливу при встановленому фільтрі ФМ 009-1012005 дає змогу зробити висновок, що величина витрати масла в лінію зливу за рахунок більшого його гідравлічного опору перевищує аналогічні значення фільтрів WL7133 та SM 108: 21, 25 л/хв проти 20,03 л/хв та 17,94 л/хв.

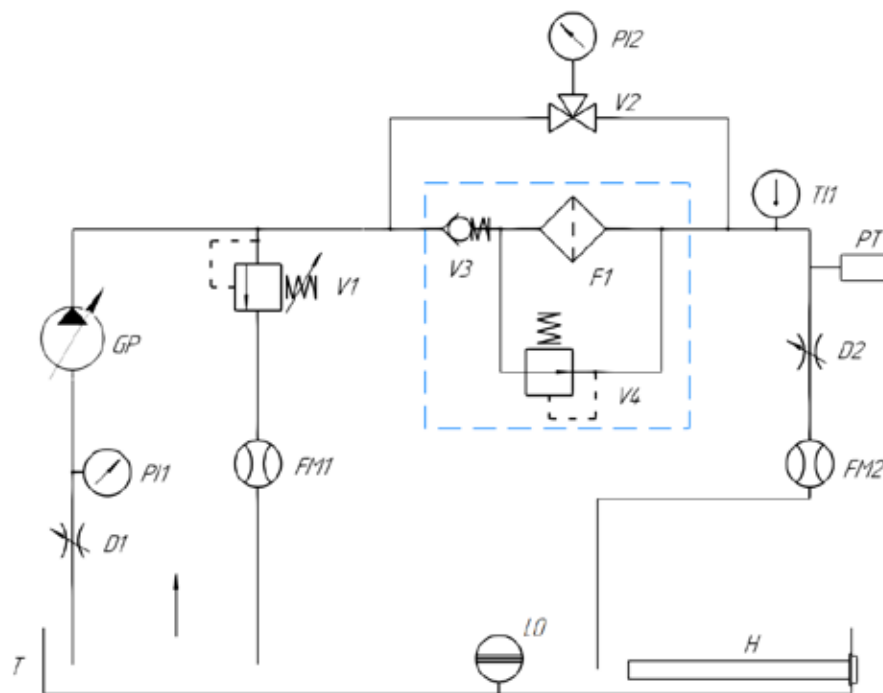


Рис. 3. Гідравлічна схема стенду: D1, D2 – дроселі, PI1, PI2 – вакуумметр та манометр відповідно; GP – масляний насос; FM1, FM2 – витратоміри; V1 – запобіжний клапан; V2 – 3-х ходовий клапан; V3 – протидренажний клапан масляного фільтра; V4 – перепускний клапан масляного фільтра; F1 – фільтрувальний елемент; T1 – термометр (Pt100); PT – цифровий датчик тиску масла; T – масляний бак; LO – показчик рівня масла; H – електричний нагрівальний елемент моторного масла



Рис. 4. Залежність продуктивності масляного насоса ● та витрати моторного масла в напірну масляну магістраль ▲ і лінію зливу ■ при встановленому масляному фільтрі ФМ 009-1012005

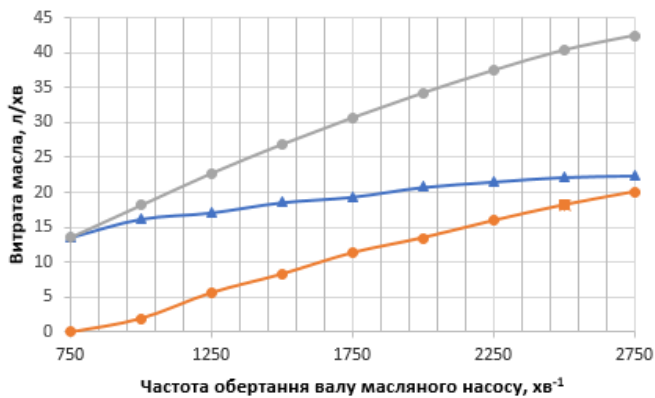


Рис. 5. Залежність продуктивності масляного насоса ● та витрати моторного масла в напірну масляну магістраль ▲ і лінію зливу ■ при встановленому масляному фільтрі WL7133

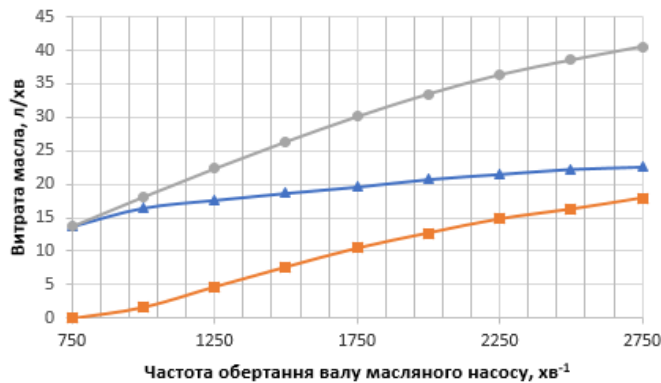


Рис. 6. Залежність продуктивності масляного насоса ● та витрати моторного масла в напірну масляну магістраль ▲ і лінію зливу ■ при встановленому масляному фільтрі SM 108

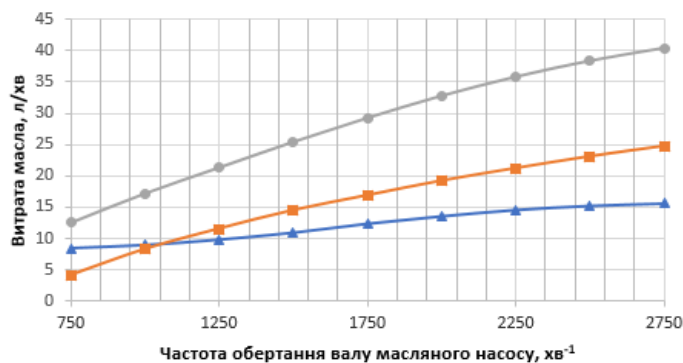


Рис. 7. Залежність продуктивності масляного насоса ● та витрати моторного масла в напірну масляну магістраль ▲ і лінію зливу ■ при встановленому масляному фільтрі M-019 (забруднений)

Додатково отримано залежності тиску після масляного насоса, після масляних фільтрів і значення зниження тиску на масляних фільтрах від частоти обертання вхідного валу масляного насоса. Ці залежності, що отримано з використанням фільтра моделі ФМ 009-1012005, представлено на рис. 8. Ці залежності є типовими для фільтрів моделей WL7133 та SM 108. Порівняння цих залежностей із результатами, що характеризують витрату моторного масла, указують на те, що початок спрацьовування запобіжного клапана припадає на значення частоти обертання вхідного валу масляного насоса 1000 хв^{-1} . Це виражено зменшенням наростання тиску, хоча після частоти обертання, що становить 1250 хв^{-1} , початкова тенденція наростання тиску зберігається до частоти обертання 2500 хв^{-1} . Подальша зміна наростання тиску може пояснюватися спрацьовуванням перепускного клапана масляного фільтра при перепаду тиску $1,75 \text{ кг/см}^2$, що спостерігається після частоти обертання 2500 хв^{-1} .

Іншу картину розподілу тиску можна спостерігати для забрудненого фільтра. Насос вимушений працювати при підвищених параметрах тиску, відповідно, момент спрацьовування запобіжного клапана зміщено в неробочу зону частоти обертання масляного насоса стенду. Момент спрацьовування перепускного клапана відповідає значенню перепаду тиску $3,0 \text{ кг/см}^2$, що відповідає частоті обертання валу масляного насоса 1250 хв^{-1} . Таким чином, фіксуємо початок умов експлуатації двигуна, при якому частково до змащуваних вузлів надходить неочищене масло. Це, звісно, впливає на інтенсивність зносу трибовузлів двигуна, особливо підшипників ковзання колінчастого валу, розподільного валу та газотурбонагнітача.

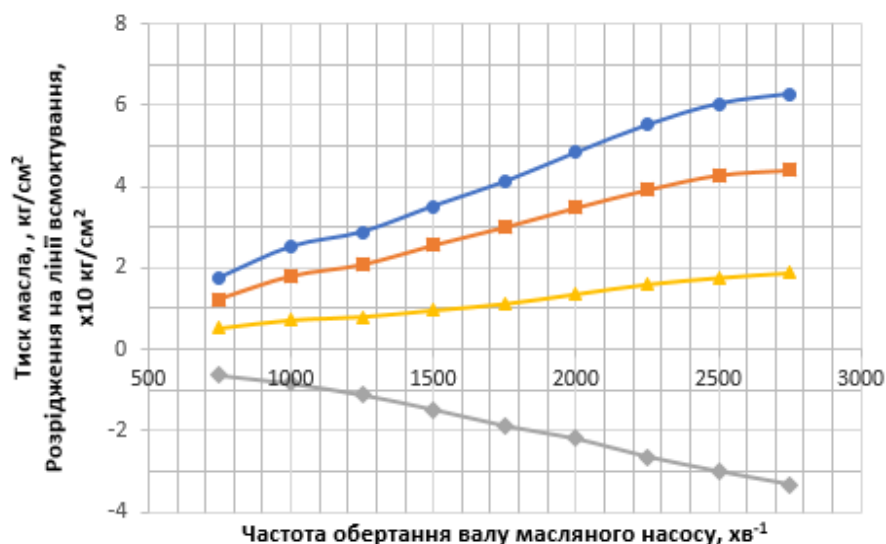


Рис. 8. Залежність тиску масляного насоса ●, тиску в напірній магістралі ■, перепаду тиску ▲ на масляному фільтрі ФМ 009-1012005 та вакууму на лінії всмоктування масляного насосу ◆

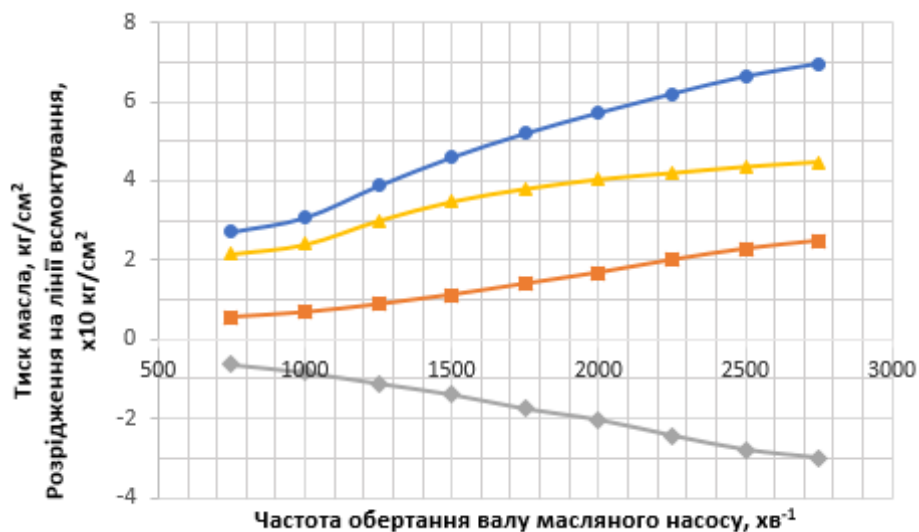


Рис. 9. Залежність тиску масляного насоса ●, тиску в напірній магістралі ■, перепаду тиску ▲ на масляному фільтрі М-019 (забруднений) і вакууму на лінії всмоктування масляного насоса ◆

Головною залежністю, що характеризує пропускну здатність масляних фільтрів, є залежність перепаду тиску на них від їх пропускну здатності. Сукупні дані залежності представлено на рис. 10.

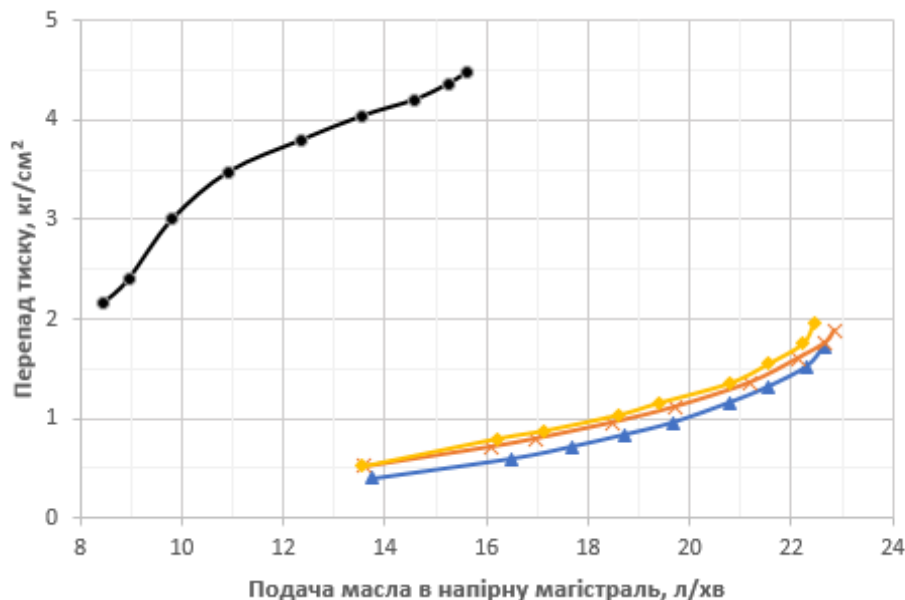


Рис. 10. Залежність перепаду тиску на фільтрах залежно від їх пропускну здатності: ● – фільтр М-019 (забруднений); ◆ – фільтр WL7133; ■ – ФМ 009-1012005; ▲ – SM 108

Висновки. У результаті проведеної серії експериментальних досліджень контуру подачі й очистки моторного масла системи мащення з використанням чотирьох моделей масляних фільтрів типу «spin-on» отримано графічні залежності витрати моторного масла масляним насосом, до головної масляної магістралі та до лінії зливу. Додатково визначено вплив досліджуваних режимів на розподіл тиску моторного масла, що створюється масляним насосом, тиску в напірній магістралі, перепаду масляного тиску на досліджуваних масляних фільтрах і з урахуванням розрідження (вакууму) на лінії всмоктування. Представлені залежності дають можливість здійснити оцінку роботи запобіжного клапана масляної системи та стану фільтруючого елемента. Залежність перепаду тиску на забрудненому фільтрі моделі M-019 очікувано відрізняється від інших досліджуваних моделей фільтрів і вказує на наявність підвищених енергетичних утрат на привід масляного насоса при загальному зниженні подачі моторного масла в напірну магістраль системи мащення. Наступні дослідження доцільно провести в напрямі визначення критеріїв діагностування технічного стану складників контуру подачі та очищення моторного масла систем мащення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Mollenhauer K., Tschoeke H. Handbook of Diesel Engines: Springer Series. Germany, 2010. 636 p.
2. Техническая брошюра по фильтрам: Service tips&info. 3-е изд. Motorservice, Technical Market Support. MS International GmbH, 2014. 48 с.
3. MANN+HUMMEL Filters for Liquids: Spin-on oil Filters. Speyer, Germany, 2020. 126 p.
4. Стенд КИ-921М с комплектом приборов, приспособлений и инструмента : инструкция по эксплуатации. Москва, 1982. 69 с.
5. Двигатели Д-246.1, Д-246.2, Д-246.3, Д-246.4 : руководство по эксплуатации. Минск, 2010. 104 с.
6. Стенд для дослідження параметрів елементів систем мащення високооберткових двигунів внутрішнього згоряння / Д.В. Курносенко, В.П. Савчук, Є.В. Білоусов, А.К. Дзигар, А.І. Котов. *Двигуни внутрішнього згоряння*. 2021. № 2. С. 73–79.
7. Belousov I., Bulgakov M., Savchuk V. Modern Marine Internal Combustion Engines: Springer Series on Naval Architecture, Marine Engineering, Shipbuilding and Shipping. Germany, 2020. Volume 8. 385 p.
8. Babicz J. Wärtsilä Encyclopedia of ship technology. 2nd ed. Helsinki, Wärtsilä corporation, 2015. 659 p.
9. Lekshmanan S., Anil S. A Pictorial Guide to Important Checks on Main Engine Systems. Marine Insight, 2017. 29 p.
10. Botov S. Investigation on Novel Polymer Filter Medium for Filtration of Automotive Lubricants. Dissertation Submitted to the Department of Mechanical Engineering, University of Sheffield in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Philosophy. May 2016. Sheffield, United Kingdom. 156 p.

11. Призначення параметрів повнопоточних масляних фільтрів типу spin-on при комп'ютерному моделюванні систем мащення двигунів внутрішнього згоряння / Д.В. Курносенко, В.П. Савчук, О.В. Акімов, А.І. Котов. *Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування* : матеріали 12 Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон, 6–8 вересня 2021 р.). Херсон, 2021. С. 266–269.
12. Комп'ютерне моделювання масляних фільтрів із використанням геометричних особливостей / Д.В. Курносенко, В.П. Савчук, М.О. Бойко, С.С. Вислоцький. *Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування* : матеріали 12 Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон, 6–8 вересня 2021 р.). Херсон, 2021. С. 89–92.
13. Савчук В.П., Курносенко Д.В., Вислоцький С.С. Стендові дослідження робочих параметрів елементів систем мащення суднових двигунів внутрішнього згоряння. *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті* : матеріали 13 Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон, 25-27 травня 2021 р.). Херсон, 2021. С. 55–57.

REFERENCES

1. Klaus Mollenhauer, Helmut Tschoeke (2010). Handbook of Diesel Engines: Springer Series, 636.
2. Filter Technical Brochure [Tekhnicheskaya broshyura po fil'tram]: Service tips & info (2014). 3rd edition, Motorservice, Technical Market Support. MS International GmbH, 48 [in Russian].
3. MANN+HUMMEL Filters for Liquids: Spin-on oil Filters. (2020) Speyer, 126.
4. Stand KI-921M with a set of devices, devices and tools: instruction manual [Stend KI-921M s komplektom priborov, prispособlenij i instrumenta: instrukciya po ekspluatacii] (1982), 69 [in Russian].
5. Engines D-246.1, D-246.2, D-246.3, D-246.4: operation manual [Dvigateli D-246.1, D-246.2, D-246.3, D-246.4: rukovodstvo po ekspluatacii] (2010), 104 [in Russian].
6. Kurnosenko D.V., Savchuk V.P., Belousov E.V., Dzygar A.K., Kotov A.I. (2021). The stand for research of parameters of elements of systems of greasing of high-speed internal combustion engines [Stend dlya doslidzhennya parametriv elementiv sistem mashchennya visokoobertovih dviguniv vnutrishn'ogo zgoryannya]. *Internal Combustion Engines*, 73–79 [in Ukrainian].
7. Belousov I., Bulgakov M., Savchuk V. (2020). *Modern Marine Internal Combustion Engines: Springer Series on Naval Architecture, Marine Engineering, Shipbuilding and Shipping*, 385.
8. Babicz J. (2015) *Wärtsilä Encyclopedia of ship technology*. Helsinki, Wärtsilä corporation, 659.
9. Lekshmanan S., Anil S. (2017). A Pictorial Guide to Important Checks on Main Engine Systems. *Marine Insight*, 29.

10. Sergiy Botov (2016). Investigation on Novel Polymer Filter Medium for Filtration of Automotive Lubricants. Dissertation Submitted to the Department of Mechanical Engineering, University of Sheffield in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Philosophy, 156.
11. Kurnosenko D.V., Savchuk V.P., Akimov O.V., Kotov A.I. (2021). Assignment of parameters of full-flow oil filters of the spin-on type at computer modeling of systems of greasing of internal combustion engines [Priznachennya parametriv povnopotochnih maslyanah fil'triv tipu spin-on pri komp'yuternomu modelyuvanni sistem mashchennya dviguniv vnutrishn'ogo zgoryannya]. Modern power plants in transport, technologies and equipment for their maintenance: materials 12 int. scientific-practical conf., 266–269 [in Ukrainian].
12. Kurnosenko D.V., Savchuk V.P., Boiko M.O., Vyslotskyi S.S. (2021). Computer modeling of oil filters using geometric features [Komp'yuterne modelyuvannya maslyanah fil'triv iz vikoristannyam geometrichnih osoblivostej]. Modern power plants in transport, technologies and equipment for their maintenance: materials 12 int. scientific-practical conf., 89–92 [in Ukrainian].
13. Savchuk V.P., Kurnosenko D.V., Vyslotskyi S.S. (2021). Poster researches of working parameters of elements of lubrication systems of marine internal combustion engines [Stendovi doslidzhennya robochih parametriv elementiv sistem mashchennya sudnovih dviguniv vnutrishn'ogo zgoryannya]. Modern information and innovative technologies in transport: materials 13 int. scientific-practical conf., 55–57 [in Ukrainian].