

10.31653/smf42.2021.80-85

Зверьков Д. О., кер.доц. Сагін С. В.
Національний університет «Одеська морська академія»

ЗНИЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВТРАТ У СУДНОВИХ ДИЗЕЛЯХ

Постановка проблеми в загальному вигляді. Під час експлуатації двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) суден річкового та морського транспорту здійснюється безперервний і періодичний контроль не тільки показників, що характеризують робочий цикл дизеля (тиску і температури в характерних точках, частоти обертання, потужності, температури випускних газів), але також експлуатаційних і реологічних характеристик моторного мастила (ММ). При цьому, основними параметрами, контроль яких обов'язковий в процесі експлуатації дизеля, є в'язкість, густина, кислотне число, температура спалаху, зміст води і механічних домішок. Під час експлуатації ці параметри постійно змінюються, причому в деяких випадках можуть перевищувати гранично допустимі значення (бракувальні показники). Це неминуче призводить до збільшення контактних напруг в основних трибологічних системах і підвищення втрат енергії, що витрачається на їх подолання. Найпростішим, а тому і найпоширенішим способом відновлення реологічних характеристик ММ є їх очищення (шляхом частково- або повно-проточної фільтрації і сепарації), а також додавання в обсяг ММ, яке вже знаходиться в мастильній системі, свіжого мастила (як чистого, так і зі спеціальними присадками). При цьому необхідно забезпечувати не тільки вимоги щодо отримання ефективної потужності і підтримки екологічних параметрів дизелів суден річкового та морського транспорту, але й мінімальний рівень механічних втрат під час перетворенні вхідної енергії на корисну роботу [1, 2]. Тому зниження механічних втрат у суднових дизелях є актуальним завданням, розв'язання якого сприятиме підвищенню потужності та забезпеченню надійності роботи дизелів річкового та морського транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Механічні втрати енергії при передачі корисної (індикаторної) потужності від судового двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) до споживача лежать у широких межах і можуть становити 6...10 % – у разі експлуатації ДВЗ на номінальному режимі, і до 100 % – під час експлуатації на холостому ходу. Рівень механічних втрат оцінюється механічним коефіцієнтом

корисної дії (ККД). Мінімізації цих втрат і забезпечення мінімальних значень протягом тривалого часу є актуальним завданням, на розв'язання якого спрямовано наукові дослідження, що проводяться як дизелебудівними корпораціями, так і окремими науково-виробничими фірмами та інститутами [3, 4]. Зниження механічних втрат у суднових дизелях може досягатися: зміною мікрогеометрії контактуючих поверхонь, модифікацією поверхонь тертя легованими матеріалами, оптимізацією режиму мащення, використаннім поверхнево-активних речовин (ПАР) та присадок, оптимізацією процесу відновлення реологічних характеристик мастильних матеріалів.

Постановка завдання. У зв'язку зі збільшенням тиску і температури циклу, підвищенням крутного моменту, зміною конструкції, ускладненням умов експлуатації, підвищенням часу роботи сучасних дизелів на максимальних навантаженнях умови роботи мастил як у лубрикаторних, так і в циркуляційних системах мащення стали більш жорсткими. Водночас, терміни заміни мастил безперервно збільшуються завдяки поліпшенню їх експлуатаційних властивостей. Передчасна заміна мастил економічно недоцільна, оскільки збільшуються їх витрата, витрати на технічне обслуговування, запасні частини і т.д. З іншого боку, збільшення терміну служби мастил призводить до підвищеного зносу деталей дизеля, що знижує його надійність, збільшує відмови в роботі, сприяє підвищенню незворотних втрат енергії. Визначення оптимальної періодичності заміни мастил є трудомісткою тривалою роботою, спочатку визначається заводом-виробником, коригується за результатами експлуатації та тягне за собою фінансові та експлуатаційні витрати. Тому актуальним є розв'язання завдання відновлення реологічних характеристик мастила в процесі його роботи, що водночас сприятиме зниженню механічних втрат у суднових дизелях [5].

Виклад основного матеріалу дослідження. Періодичне додавання мастила в процесі експлуатації частково відновлює його первинні властивості, перш за все це відноситься до таких параметрів, як в'язкість, кислотне число, температура спалаху. Однак, незважаючи на можливе відновлення реологічних характеристик, через певний час моторне мастило підлягає повній заміні. Періодичність такої заміни залежить від властивостей і характеристик мастила; типу, технічного стану і умов експлуатації дизеля; технічного стану всіх компонентів системи мащення; способу фільтрації мастила; використовуваного па-

лива та інших чинників. Необхідність повної заміни зумовлена втраченою основних експлуатаційних якостей мастила, тобто його старінням [6].

Повна заміна мастила в судових умовах вимагає виведення двигуна з експлуатації, причому цей період включає не тільки саму процедуру заміни мастила, але й очищення поверхонь тертя від експлуатаційних забруднень. Виконання цього завдання для головних двигунів відбувається під час стоянки судна і може бути заздалегідь сплановано з урахуванням рейсового завдання, характеристик вантажу і майбутніх вантажних операцій. У зв'язку з постійною зміною навантаження судової електростанції, для дизелів, що виконують функції допоміжних, тривалість виведення з експлуатації спрогнозувати досить важко [7]. Тому для їх мастильних систем найбільш ефективним є процес періодичного доливання мастила в систему і застосування ПАР [4, 8].

Вплив інтенсивності доливання моторного мастила в загальний об'єм циркуляційної системи мащення на механічні втрати енергії можливо оцінити за зміною механічного ККД дизеля для різних умов експлуатації (різних умов поповнення системи мащення свіжим мастилом). Для цього виконувалось вимірювання механічного ККД на різних режимах роботи дизелів 6EY22AW (що відповідають 35-ти, 50-ти, 65-ти і 80-ти %-ому навантаженню) за різної інтенсивності поповнення системи мащення: 1-ий дизель – через 100, 2-ий – через 25, 3-ий – через 10 годин роботи. На кожному з досліджуваних режимів ($0,35N_{еном}$, $0,5N_{еном}$, $0,65N_{еном}$, $0,8N_{еном}$) дизелі експлуатувалися рівний проміжок часу, який залежно від навантаження судової електростанції становив 1,5...2,5 години. Зміна навантаження на двигуни за цей час не перевищувало $\pm 2,5\%$, а отриманий масив значень механічного ККД дозволяв із високою точністю визначити його середнє значення. Принципова схема системи циркуляційного мащення дизелів надана на рис. 1 [9].

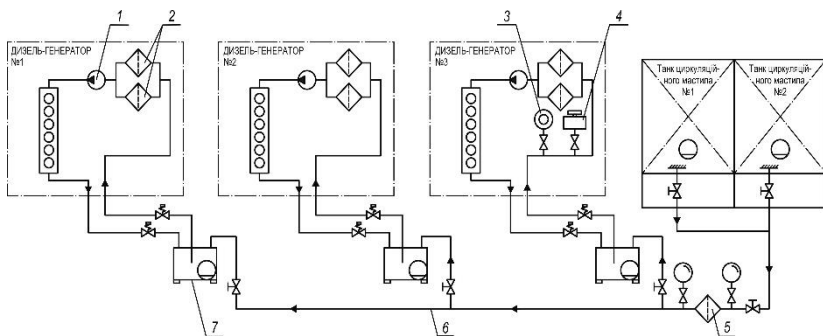


Рис. 1. Схема модернізації циркуляційної системи мащення суднових дизелів 6EY22AW фірми Yanmar під час проведення експерименту:

- 1 – мастильний насос; 2 – мастильний фільтр тонкого очищення;
 3 – магістраль відведення парів мастила і повітря; 4 – витратомір;
 5 – дозатор присадки; 6 – мастильний фільтр грубого очищення;
 7 – відділювач мастила; 8 – магістраль підведення мастила

У результаті були отримані значення, узагальнені у вигляді табл. 1, за результатами якої побудована діаграма, що наведена на рис. 2 [4].

Таблиця 1. Зміна механічного ККД суднових дизелів 6EY22AW фірми Yanmar за різних умов експлуатації

Періодичність поповнення системи	Навантаження на двигун			
	$0,35N_{eHO}$ м	$0,5N_{eHO}$ м	$0,65N_{eHO}$ м	$0,8N_{eHO}$ м
через 100 годин	0,743	0,803	0,842	0,872
через 25 годин	0,806	0,821	0,862	0,882
через 10 годин	0,823	0,837	0,873	0,891

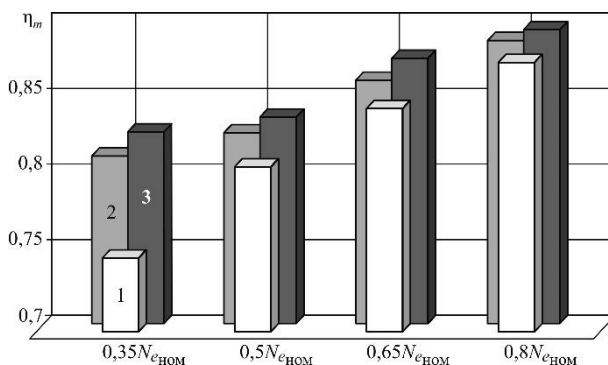


Рис. 2. Зміна механічного ККД суднового дизеля 6EY22AW фірми Yanmar за різної інтенсивності доливання мастила:

1 – через 100 годин; 2 – через 25 годин; 3 – через 10 годин

Висновки і перспективи подальших досліджень. Наведені в таблиці 1 і на рис. 2 результати підтверджують зниження механічних втрат енергії при скороченні часу між доливанням мастила в обсяг циркуляційної системи. Наступним етапом досліджень передбачається вивчення впливу ПАР на механічні втрати в дизелях суден річкового та морського транспорту та визначення оптимальної концентрації ПАР в обсязі системи мащення.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sagin S. V. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391.

2. Поповский А. Ю. Комплексная оценка эксплуатационных характеристик смазочных углеводородных жидкостей / А. Ю. Поповский, С. В. Сагин // Автоматизация судовых технических средств : науч.-техн. сборник. – 2014. – Вып. 20. – С. 74-83.

3. Мацкевич Д. В. Регенерація експлуатаційних властивостей моторних мастил суднових дизелів / Д. В. Мацкевич // Вісник Одеського національного морського університету : Зб. наук. праць, 2020. – Вип. 1(61). – С. 121-130. doi.org/10.47049/2226-1893-2020-1-121-130.

4. Сагін С. В. Зниження механічних втрат у суднових середньооборотових дизелях за рахунок оптимізації роботи циркуляційних систем мащення / С. В. Сагін // Вісник Одеського національного морського університету : Зб. наук. праць, 2020. – Вип. 1(61). – С. 87-96. doi.org/10.47049/2226-1893-2020-1-87-96.

5. Сагин С. В. Обеспечение минимально неизбежных потерь энергии при поступательном движении в узлах трения судовых двигателей внутреннего сгорания / С. В. Сагин // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. – 2020. – № 4(73). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/9289>.

6. Sagin S. V. Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors / S. V. Sagin, O. V. Semenov // American Journal of Applied Sciences, Published by Science Publication, 2016. – Vol.13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208.

7. Поповский А. Ю. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств / А. Ю. Поповский, С. В. Сагин // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2016. – Вып. 22. – С. 66-74.

8. Сагін С. В. Зниження енергетичних втрат під час експлуатації довгоходових дизелів морських суден / С. В. Сагін, Т. О. Столярик // Матеріали 11-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування», 08-10 вересня 2020 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія. – 2020. – С. 174-176.

9. Sagin S. V. Determination of the optimal recovery time of the rheological characteristics of marine diesel engine lubricating oils / S. V. Sagin // Materials of the International Conference “Process Management and Scientific Developments” (Birmingham, United Kingdom, January 16, 2020. Part 4). – P. 195-202. DOI: 10.34660/INF.2020.4.52991.