10.31653/smf42.2021.92-96

Шпірна Д. І, кер.доц. Сагін С. В.
Національний університет «Одеська морська академія»

УДОСКОНАЛЕННЯ МАЩЕННЯ ЦИЛІНДРОВОЇ ГРУПИ СУДНОВИХ ДОВГОХОДОВИХ ДИЗЕЛІВ

Постановка проблеми у загальному вигляді. В даний час світове судноплавство, суднове дизелебудування, а також тенденції в зміні способів переробки нафти і якості палив, що поставляються для флоту, вступили в новий етап розвитку, завдання якого полягають у значному підвищенні економічності енергетичних установок і забезпеченні можливості використання в них надважких палив, отриманих із використанням вторинних продуктів переробки нафти. Наслідком такого розвитку стало створення довго-ходових і понад довго-ходових моделей малообертових дизелів (МОД), для яких характерне відношення ходу поршня до діаметру циліндра до 4,3...4,5, а в самих останніх моделях до 5,0. Висока економічність таких двигунів досягнута і завдяки підвищенню максимального тиску згоряння і поліпшенню індикаторного процесу. Всі ці зміни прямо стосуються формування мастильної плівки на поверхні змащувальних деталей циліндро - поршневої групи (ЦПГ), що сприяє погіршенню процесу мащення циліндрової групи суднових довго-ходових дизелів [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розв’язанню цього завдання було присвячено велика кількість робіт, в яких запропоновувались та впроваджувались методи покращення безперервної заміни відпрацьованого мастила свіжою порцією, і підтримка функцій масляної плівки на дзеркалі втулки циліндру при регулярному вприску мастила через Альфа-лубрикатори. У найвідоміших лубрикаторних системах подача визначеної плунжером кількості мастила відбувається у різні проміжки часу, та її кількість становить лише кілька кубічних міліметрів. Окрім цього, періодичність між двома нагнітальними ходами плунжеру лубрикатора, залежно від конструкції його приводу, становить від 2 до 8 обертів колінчастого валу [2].

У результаті проведених випробувань [3,4] встановили, що вдосконаленні системи змащення поліпшують стан ЦПГ та мають можливість зниження економічних витрат на роботу двигунів при витраті дорогих мастил. Однак попри все, як продемонструвала експлуатація

двигунів, використання модернізованих систем не вичерпало усі можливості покращення розподілу й ефективності використання мастил.

Постановка завдання. З урахуванням вище викладеного, завданням виконаних досліджень було визначення характеристик процесів змазування деталей ЦПГ суднових дизелів на морському флоті.

Виклад основного матеріалу дослідження. Світове дизелебудування з гідністю оцінило розробки фірми Hans Jensen. Безліч двигунів світових суден були модернізовані шляхом встановлення системи вприскування циліндрового мастила SIP. Водночас провідні дизелебудівні корпорації працювали над створенням власних високоефективних систем лубрикаторного змащення ЦПГ крейцкопфних мало обертових двигунів. Найпершою в цьому питанні досягли успіхів корпорація MAN Diesel, котра розробила, успішно випробувала і стала використовувати на усіх своїх двигунах систему «Альфа-лубрикатор». Корпорація MAN-Diesel з 2000-х років використовує альфа-лубрикатори на двигунах серії MC.

ЦПГ дизелів відносяться до об'єктів постійного контролю технічного стану. В сучасних умовах експлуатації суднових дизелів виконання частих візуальних інспекцій циліндрових втулок не завжди представляється можливим. Перш за все, це пов'язано з періодом невпинної роботи головних двигунів морських суден (наприклад, тривалість океанських переходів може досягати 20 ... 30 діб), а також з великими затратами на їх виконання.Тому для діагностування технічного стану циліндричної групи застосовуються непрямі методи. Найпоширенішим і доступним для умов морського судна є визначення лужного числа і кількості металевих домішок в маслі, взятому з підпоршневу просторів дизеля. Для цієї мети використовуються суднові лабораторії, такі як Cylinder Scrape-Down Oil Analysis, Unimarine Cylinder Scrape-Down Oil Analysis, Shell Analex Alert, Signum onboard test kit of ExxonMobil, Parker Kittiwake Cold Corrosion Test Kit, Digi TBN Test Kit і багато інших.

Сучасні методи діагностування, аналізують рівень корозії циліндрових втулок суднових дизелів, на основі визначення залишкового лужного числа мастила (base number - BN), взятого з підпоршневу просторів. При цьому за величиною BN можливо дати оцінку стану ЦПГ. Стан корозії циліндрових втулок, розділяється на три основні групи:

BN=17...45 – циліндрові втулки експлуатуються в допустимому режимі, їх знос не перевищує допустимого значення;

BN=10...16 – циліндрові втулки піддаються підвищеному корозійного впливу, що може сприяти інтенсифікації процесу зношування;

BN – до 10 – в циліндрі дизеля відбувається сірчиста корозія, що сприяє збільшенню зносу ЦПГ.

При експлуатації дизеля в умовах 1-го режиму (BN=17...45) циліндрова система мащення не піддається регулюванню, і питома витрата циліндрового мастила вважається оптимальним для даного режиму роботи.

Умови 2-го режиму (BN=10...16) свідчать про недостатню кількість мастила, що надходить на поверхню циліндричної втулки і для відновлення належного значення BN необхідно регулювання подачі циліндрового мастила

Робота дизеля на третьому режимі (з показником BN<10) відноситься до аварійних умов, свідчить про підвищений знос циліндричної групи і вважається неприпустимою. При цьому необхідно не тільки регулювання подачі циліндрового мастила, але і регулювання інтенсивності охолодження циліндрових втулок, а також переклад дизеля на режим зниженого навантаження. Основними показниками кількості подачі циліндрового мастила на циліндрові втулки є ACC фактор (Adaptive Cylinder oil Control) і витрата мастила FR (Feed Rate). Величина ACC фактора береться за експериментальними даними, в залежності від значень PQI (Particle Quantity Index) – кількості металевих частинок і BN в аналізах мастила, взятого з підпоршневjцj простору. Для суднових малооборотних дизелів ACC=0,2...0,35 [2, 3].

Підвищення надійності й довговічності деталей ЦПГ, як одне з найбільш навантажених та важливих вузлів двигуна, в значній мірі визначається не тільки поєднанням конструктивних характеристик, параметрів робочого процесу використовуваного і застосовуваного палива, а й правильним вибором марки циліндрового мастила. Змащування циліндрів суднових двигунів здійснюється лубрикаторними системами подачі мастила.

Одними з розповсюджених суднових лубрикаторих систем мащення є система «Альфа-лубрикатор». У альфа-лубрикаторах мастило поступає з системи гідроприводу (40 бар) завдяки поршню до плунжера, який під тиском нагнітає мастило до відповідних форсунок, встановлених в циліндрових втулках замість традиційних штуцерів (безповоротних клапанів). Форсунки розпилюють мастило на поверхні поршневих кілець та втулок у момент, коли пакет поршневих кі-

лець проходить повз форсунки при русі поршня від НМТ до ВМТ. Таким чином, мастило рівномірно розподіляється по поверхні тертя, що значно покращує умови формування надійної плівки мастила на цих поверхнях, дозволяючи істотно скоротити витрати циліндрового мастила при хорошому стані поверхонь тертя.

Управління альфа-лубрикатором електричне (рис. 1) система управління регулює дозування мастила відносно вмісту сірки в паливі.

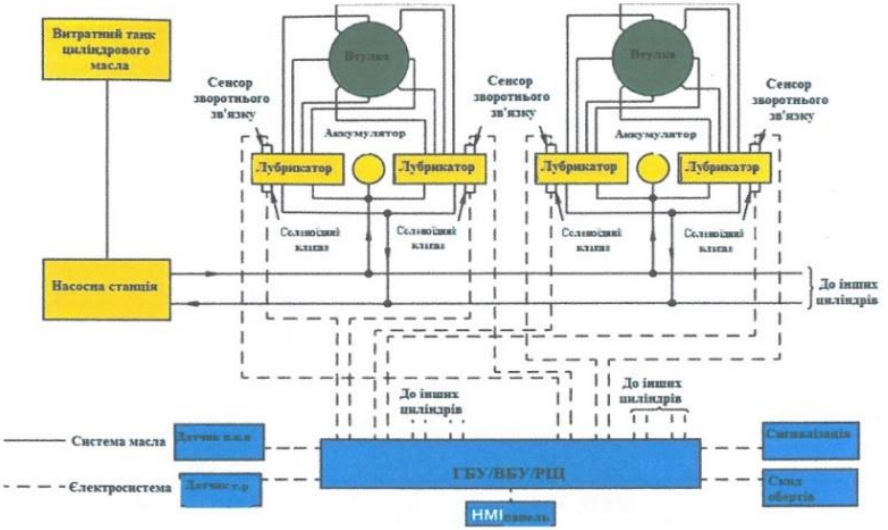

Рис. 1. Система управління альфа-лубрикатора

До складу системи мащення (рис. 1) циліндрів входить насосна станція, що розподіляє мастило під тиском 45 бар, і за допомогою лубрикаторних плунжерів вприскується мастило у форсунки змазки циліндрової втулки. У станції знаходяться два робочих насоси і один момент уприскування мастила регулюється за допомогою електронного пристрою так, що мастило вприскується у момент, коли поршневі кільця поршню йдуть вгору через мастильні форсунки.

Своєчасна і дозована змазка циліндрів дозволяє найкращим чином використовувати дорогу циліндрове мастило, скоротити знос поршневих кілець та циліндрової втулки [5].

Висновки і перспективи подальших досліджень. Виконані експериментальні дослідження дозволили встановити її основні недоліки, до яких можна віднести:

значну нерівномірність витрати мастила по обертам протягом усього періоду масло подачі при постійному режимі роботи двигуна

перерви в подачі мастила на дзеркало циліндрів при підвищенні потужності двигуна

стрімке протікання мастила у порожнину циліндру при зниженні потужності двигуна

незадовільне розподілення мастила по окружності циліндрової втулки, унаслідок подачі повз масло розподільних канавок.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сагін С. В. Зниження механічних втрат у суднових середньообертових 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.

2. 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.

3. Sagin S. V. Marine Slow-Speed Diesel Engine Diagnosis with View to Cylinder Oil Specification / S. V. Sagin, O. V. Semenov // American Journal of Applied Sciences, Published by Science Publication, 2016. – Vol.13. – Iss. 5. – P. 618-627. DOI: 10.3844/ajassp.2016.618.627.

4. 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

5. Сагин С. В. Определение диапазона стратификации вязкости смазочного материала в трибологических системах судовых дизелей / С. В. Сагин // Вісник Одеськ. нац. мор. ун-ту, 2019. – Вип. 1(58). – С. 89-100.

6. 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 (дата обращения: 25.04.2020).