

## ОПТИМІЗАЦІЯ ВИТРАТ ЦИЛІНДРОВОГО МАСЛА ЗАВДЯКИ ОПТИМІЗАЦІЇ АСС-ФАКТОРА

**Врублевський Р. Є.**, к.т.н, доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок Херсонської державної морської академії, e-mail: amov-vr@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8686-3488;

**Самарін О. Є.**, к.т.н., доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок Херсонської державної морської академії, e-mail: samarin162@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2690-7298

*У статті описано метод оптимізації витрати циліндрового масла для дизеля, що використовує паливо з високим вмістом сірки, досягається це знаходженням оптимальної величини АСС-фактору. Циліндрове масло змішується, щоб досягти необхідного рівня миття та диспергування, щоб зберегти поршневі кільця та втулку, а також необхідне базове число (BN) для нейтралізації кислот, утворених під час згоряння. Циліндрове масло не тільки слугує для змащення рухомих частин, але також призначене для контролю ступеня корозії на поверхні гільзи. Однак, щоб забезпечити необхідний ефект змащення, збільшення утворення кислоти вимагатиме більш високого рівня BN, ніж указано за мінімального режиму подачі. Це компенсується шляхом обчислення швидкості подачі на основі коефіцієнта АСС. Його значення визначається для кожного двигуна окремо й залежить від його технічного стану і особливостей системи циліндрового масла. Значення АСС-фактора є постійним і витрата циліндрового масла Feed Rate при переході на різні палива залежить тільки від вмісту в ньому сірки.*

*Дослідження показало, що оптимальна витрата циліндрового масла для дизеля, що використовує паливо з високим вмістом сірки, досягається знаходженням оптимальної величини АСС-фактора. Його значення визначається для кожного двигуна окремо і залежить від його технічного стану та особливостей системи циліндрового масла. Значення АСС-фактора є постійним і витрата циліндрового масла Feed Rate при переході на різні палива залежить тільки від вмісту в ньому сірки.*  
**Ключові слова:** АСС-фактор, оптимізація, витрата циліндрового масла.

**DOI: 10.33815/2313-4763.2020.2.23.069-079**

**Вступ.** Циліндрове масло є важливим для двотактного двигуна. Сучасні циліндрові масла виробляються зі складною хімією, тому індивідуальний обсяг подачі повинен бути оцінений для кожної марки масла, класу в'язкості та рівня BN.

Циліндрове масло змішується, щоб досягти необхідного рівня миття та диспергування, щоб зберегти поршневі кільця та втулку, а також необхідне базове число (BN) для нейтралізації кислот, утворених під час згоряння. Циліндрове масло не тільки слугує для змащення рухомих частин, але також призначене для контролю ступеня корозії на поверхні гільзи.

Це ілюструється у посібнику швидкості подачі, яка встановлює мінімальну швидкість подачі до рівня, необхідного для підтримки рухомих частин у межах безпечного краю. Однак, щоб забезпечити необхідний ефект змащення, збільшення утворення кислоти вимагатиме більш високого рівня BN, ніж указано за мінімального режиму подачі. Це компенсується шляхом обчислення швидкості подачі на основі коефіцієнта АСС.

**Мета статті.** Розробити комплекс заходів для підвищення техніко-економічних показників суднового двигуна завдяки оптимізації витрат циліндрового масла.

**Основна частина.** Найкращий спосіб установити оптимальний коефіцієнт АСС – це вимірювання зносу двигуна. Якщо рівень зношування поршнів та поршневих кілець занадто високий через корозію, коефіцієнт АСС повинен бути збільшений, щоб зменшити знос.

Аналіз зливного масла також є потужним інструментом для оцінювання стану зносу двигуна. Зразки зливного масла, взяті під час активної роботи АСС, покажуть, чи можна оптимізувати швидкість подачі масла, зберігаючи BN між 10...25 мг КОН / кг, а вміст заліза (Fe) нижче 200...300 мг / кг у зливному маслі (для навантажень більше 50 %) рис. 1.

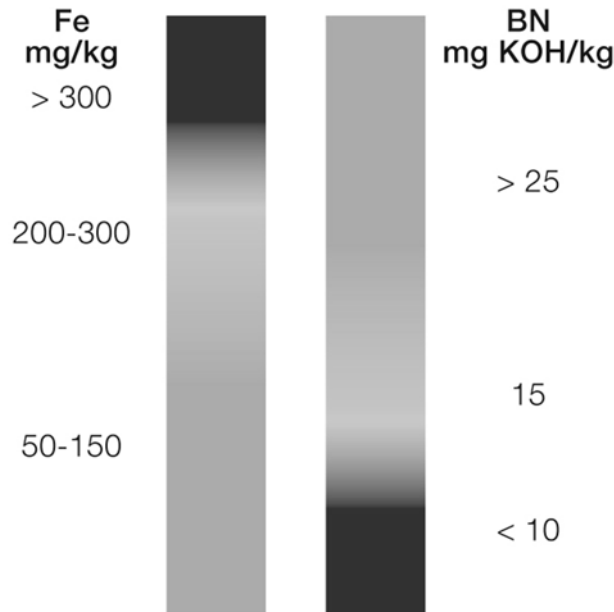


Рисунок 1 – Вимірювання результатів проб циліндрового масла

Використовуване масло, взяте з двигуна з під циліндрового простору, може використовуватися для оцінювання стану циліндрів. Бортові прибори існують, але важливо отримати дійсний результат тесту, який показує загальний вміст заліза (Fe). Лабораторне випробування за ASTM D5185-09 є єдиним точним методом вимірювання.

Вимірювання XRF також виявилось надійним способом вимірювання вмісту Fe, проте загальні стандарти для вимірювання та калібрування ще не доступні. Циліндрове масло може бути деградованим до певного рівня, від якого рівень корозії починає збільшуватися. Рівень виснаження відрізняється серед нафтових марок, а також серед двигунів, тому рекомендується індивідуальне оцінювання кожного двигуна.

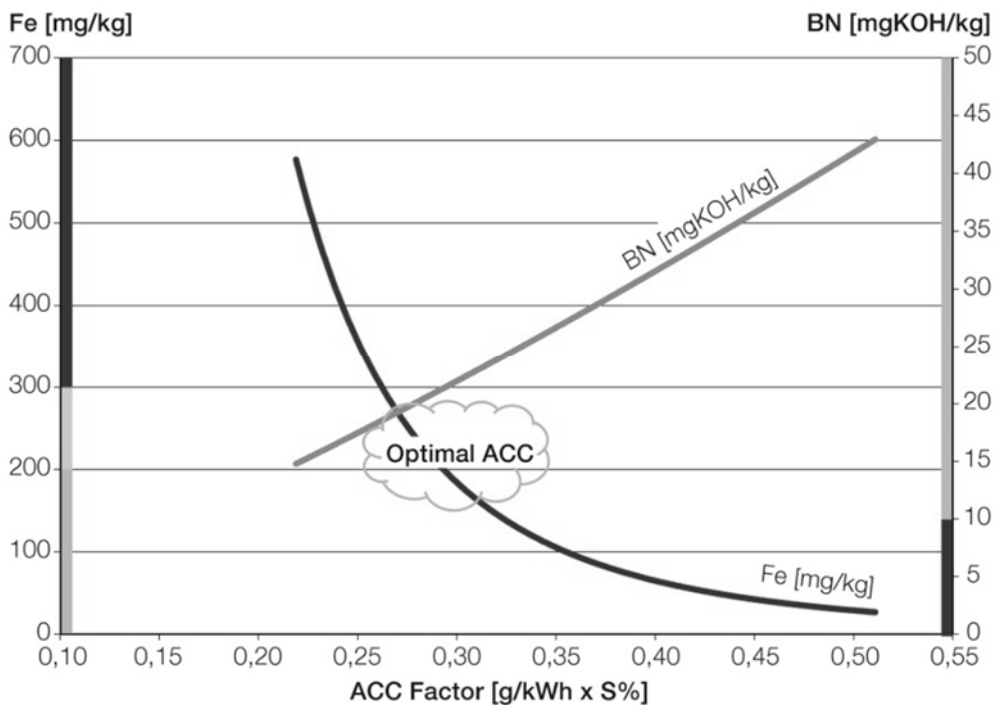


Рисунок 2 – Графік оцінювання Sweep-тесту

Однією з можливостей є проведення Sweep-тесту під назвою «розгортання швидкості» (рис. 2). Це скоротить значний час на ознайомлення з АСС. Тест на розгортання базується на швидкому шестиденному випробуванні при стійкому навантаженні і, бажано, на паливі з високим вмістом сірки 2,5...3,5%. Швидкість подачі регулюється для встановлення значень, тобто 1,4; 1,2; 1,0; 0,8 та 0,6 г/кВт·год. Кожна швидкість подачі повинна застосовуватися протягом 24 годин, перш ніж приймати зразок та переходити на наступну швидкість подачі.

Різні постачальники нафти пропонують циліндрові масла з широким діапазоном BN-рівнів. У двигунах MAN B & W традиційно використовується масло з рівнем 70 BN, однак, оскільки нові нафтопродукти були введені в експлуатацію, рівень BN змінився. Переходячи на інший рівень BN, рекомендовано почати з масштабування коефіцієнта АСС від 70 до нового рівня BN, помноживши фактор АСС на частку 70/BN масла.

Приклад:

Переходимо на масло з BN 45

$$\text{АСС (BN 70)} = 0,26$$

Отримуємо:

$$\text{АСС (BN 45)} = 0,26 \times 70/45 = 0,40$$

При переході на новий бренд або тип масла, фактор АСС доведеться переоцінити, як описано вище, починаючи з фактора АСС у верхньому діапазоні. Після цього поступове зниження може бути здійснене на основі фактичних спостережень умов або випробувань на розмивання.

Під час роботи на залишковому паливі з низьким вмістом сірки (HFO) швидкість подачі буде встановлена на мінімальну швидкість подачі. Високі BN циліндрового масла призведуть до збільшення накопичення відкладень на поршнях.

Тому MAN B & W рекомендує переключитися на циліндрове масло з низьким рівнем BN одночасно з переходом на важке паливо з низьким вмістом сірки. Безперервний пробіг на циліндрових маслах з високим BN можна лише використовувати в особливих випадках, не більше 1...2 тижнів.

Також при переході на дистилатне паливо (MGO/MDO) MAN B & W рекомендує переключитися на циліндрове масло з низьким вмістом BN одночасно із зміною палива. Не рекомендується використовувати циліндрові масла з високим BN при роботі на дистилатному паливі.

Робота з частковим навантаженням (режим малого ходу). При роботі двигуна при частковому навантаженні холодна корозійна поведінка може відхилитися від роботи при нормальному навантаженні. Коли судно йде у режимі малого ходу, двигун працює під малим навантаженням, а поверхня вкладиша стає охолоджувачем, отже, підвищується ризик корозії. Відновлення відновлювального тепла та різні варіанти оптимізації часткового навантаження, наприклад, турбонагнітач із змінною турбіною (VTA) і байпасом вихлопних газів (EGB) можуть вимагати повторного оцінювання коефіцієнта АСС.

Після періоду розриву коефіцієнт АСС двигуна повинен бути оцінений протягом періоду 600 годин. Щоб мати змогу оцінити знос двигуна, кроки повинні бути виконані з урахуванням вмісту у паливі сірки, яке є достатньо високим, щоб забезпечити швидкість подачі масла в циліндри в активному діапазоні АСС. Це означає, що швидкість подачі повинна перевищувати мінімум 0,60 г/кВт·год. Перед тим, як перейти на наступний крок, стан циліндра та його зношування повинні бути оцінені через перевірку порту. У деяких випадках цей період вибору значно продовжується. Проте цей період можна суттєво скоротити за допомогою аналізу стоку, коли лабораторні результати покажуть залишковий вміст BN та Fe (залізо). Якщо зразки, взяті під час активної подачі АСС, багаторазово демонструють високий рівень BN та прийнятний (Fe) рівень, фактор АСС може бути знижений. Залежність між рівнем BN та рівнем (Fe) у відпрацьованому маслі зображена на рис. 3.

Зміна швидкості подачі також може бути виконана для швидкого виявлення правильного діапазону АСС для заданої конфігурації та навантаження двигуна. Робота з двотактними двигунами MAN B&W потребує додаткової уваги та змащення протягом перших годин роботи. Перші 500 годин роботи є найбільш вимогливими. Це період, коли залипають кільця, що також називається як період обкатування. Метою періоду обкатування є зняття частинок зносу та полегшення входження поверхні втулки та кільця. Після закінчення періоду обкатування слід перейти до періоду вибору, в якому команда повинна оцінити стан зносу двигуна та стан циліндра, щоб вибрати правильний коефіцієнт АСС для застосування двигуна.

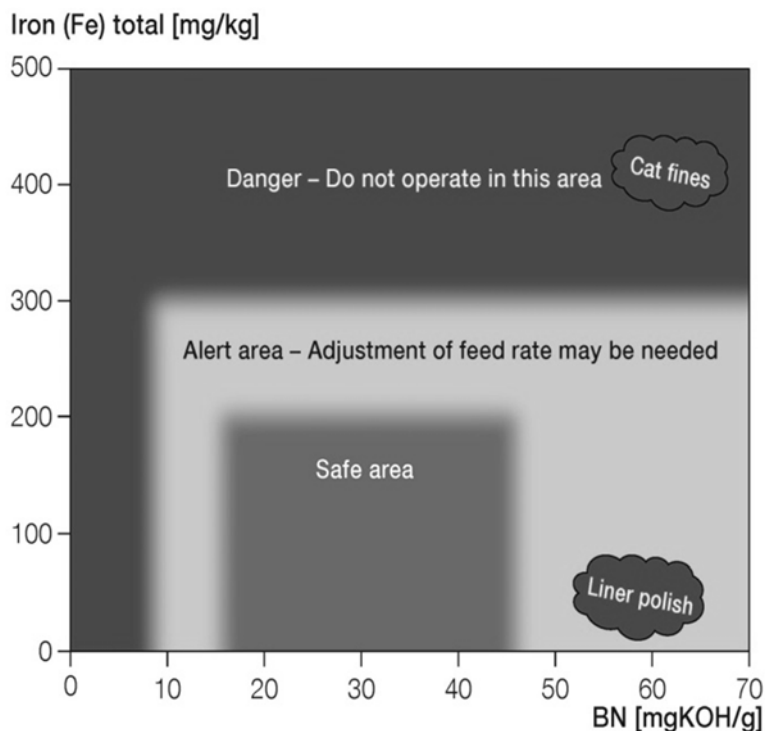


Рисунок 3 – Залежність між рівнем BN та рівнем (Fe) у відпрацьованому маслі

Під час обкатування покриття на поршневих кільцях буде поступово зношуватися, а форма нарізки хвилі на поверхню вкладиша циліндра буде згладжена. Під час цього процесу необхідно змащувати циліндри додатково маслом, щоб змити частинки зносу та забезпечити задовільну масляну плівку між відносно нерівними ковзаючими поверхнями.

Під час обкатування MAN B&W рекомендує перевіряти поршневі кільця та циліндрові втулки через перевірку повітряного порту за кожні 100 годин. Не потрібно переходити до наступного етапу змащення, якщо перевірка повітряного порту виявляє порушення. Коли ступені розбивки досягають 1,20 г/кВт·год, також слід урахувувати швидкість подавання масла залежно від вмісту сірки в паливі. Встановлена швидкість подавання повинна бути найбільшою з двох.

Таблиця 1 – Залежність подачі масла від годин

Години роботи	Подача масла до циліндрів г/(кВт·ч)
0-5	1,7
5-100	1,5
100-200	1,3
200-300	1,1
300-400	0,9
400-500	0,7

Процедура *Feed rate sweep-тесту* для циліндрового масла у двотактних двигунах *MAN B & W*. Найшвидший спосіб оцінити корозійну поведінку двигуна – провести sweep-тест, так звану розгортку швидкості подачі. Він також може використовуватися в періоді ознайомлення з АСС, щоб знайти відповідну швидкість подавання масла для Вашого конкретного двигуна та використовуюваного циліндрового масла. Під час sweep-тесту судно повинно працювати на паливі, вміст сірки в якому перевищує 2,5 %. Тестування Sweep-test триває 6 днів і повинно виконуватися протягом довшого рейсу, якщо навантаження двигуна залишається постійним і вище 25% навантаження за цей період. Швидкість подачі циліндрового масла встановлюється на фіксованих ступенях, а зразки масла відводять через 24 години, перш ніж опустити на наступний крок (рис. 4).

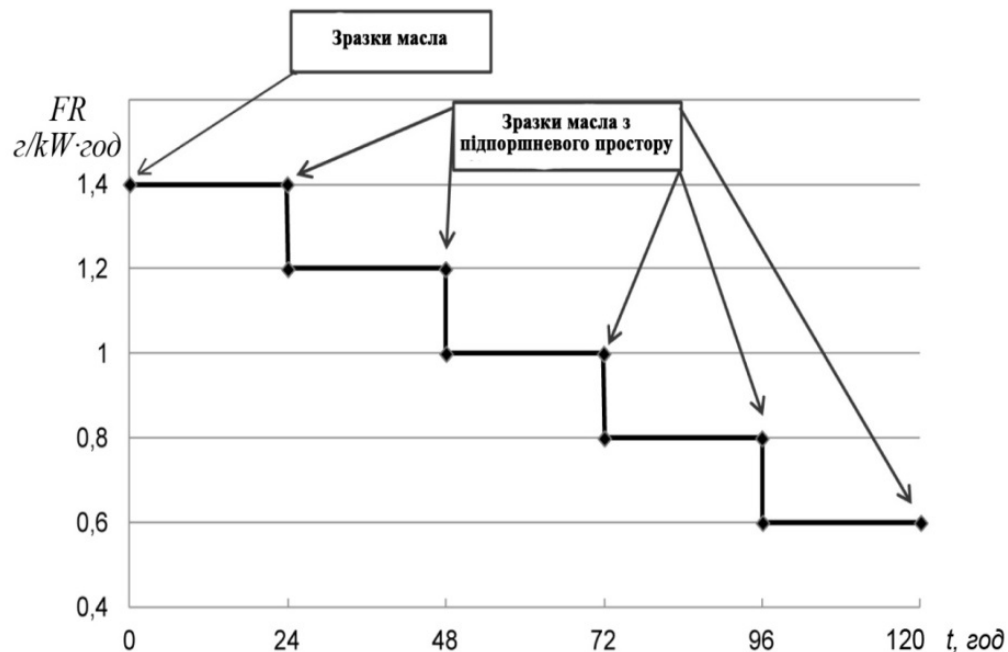


Рисунок 4 – Схема оптимізації швидкості подачі масла – Feed rate sweep test

Перед початком випробування необхідно провести інспекцію порту та взяти зразки палива, системного масла та свіжого (невикористаного) циліндрового масла. Після завершення випробування всі зразки повинні надсилатися на узбережжя в сертифіковану лабораторію. Потрібно проаналізувати вміст заліза (Fe) та значення BN. Концентрацію Fe слід аналізувати, використовуючи ASTM D5185-09, і BN слід аналізувати за методом ISO 3771: 2011 (E). Концентрація Fe буде вимірюванням стану корозії та зносу. Рівень BN у зливному маслі – це оцінювання продуктивності масла і необхідність нейтралізації впливу сірки в паливі на знос. Коли результати зразків зливного масла повернуться, можна побачити, чи є кореляція між коефіцієнтом АСС і Fe та BN.

Процедура тестування:

#### День 1

(Принаймні 24 години після виходу)

Переконайтеся, що правильне циліндрове масло бункерується. Відрегулюйте швидкість подачі циліндрового масла до 1,4 г/кВт·год. Запишіть наступну інформацію в Sweep-test.

Протокол:

- а. Назва судна та тип двигуна.
- б. Дата і час початку тесту.
- с. Назва та марка циліндрових масел, BN та SAE в'язкості.
- д. Навантаження двигуна.

### День 2

Пройшовши 24 години на швидкості подавання масла в циліндрі 1,4 г/кВт·год, зразки зливного масла повинні бути взяті з усіх циліндрів.

Важливо: перед тим, як узяти зразок, обов'язково потрібно злити масло зі зливного клапана у відро. Використовується лише чисті пляшки та переконуються, що не відбувається змішування зливного масла з різних циліндрів. Позначте пляшки з наступною інформацією:

- а. Циліндр №.
- б. Дата і час.
- с. Назва та номер VN циліндрового масла.
- д. Швидкість подачі циліндрового масла.
- е. Навантаження двигуна.

Також запишіть інформацію в тестовому протоколі. Після цього швидкість подачі масла циліндра повинна бути відкоригована до 1,2 г/кВт·год.

### День 3

Після 24 годин роботи циліндрового розчину масла 1,2 г/кВт·год зразки зливного масла повинні бути взяті з усіх циліндрів. Зразок-процедура аналогічна до 2-го дня. Після цього швидкість подачі масла циліндра повинна бути відкоригована до 1,0 г/кВт·год.

### День 4

Після 24 годин роботи циліндрового масла з подачею 1,0 г/кВт·год зразки зливного масла повинні бути взяті з усіх циліндрів. Зразок-процедура аналогічна дню 2. Після цього швидкість подачі масла циліндра повинна бути відкоригована до 0,8 г/кВт·год.

### День 5

Пройшовши 24 години на швидкості подачі масла в циліндрі 0,8 г/кВт·год, зразки зливного масла повинні бути взяті з усіх циліндрів. Процедура зразка аналогічна до 2-го дня. Після цього швидкість подачі масла циліндра повинна бути відкоригована до 0,6 г/кВт·год.

### День 6

Після проходження 24 год на швидкості подачі масла в циліндрі 0,6 г/кВт·год зразки зливного масла повинні бути взяті з усіх циліндрів. Процедура зразка аналогічна до 2-го дня. Після цього швидкість подачі масла циліндра повинна бути скоригована до нормального коефіцієнта АСС.

*Оцінка тесту Sweep-тест.* Мета тесту полягає в тому, щоб показати кореляцію між корозійним впливом двигуна та здатністю циліндрового масла протидіяти цьому. Коли результати аналізу зразків повертаються з лабораторії, дані повинні бути оцінені.

Тест розкладки, виконаний нижче точки розриву навантаження, безпосередньо не може використовуватися для розрахунку значення АСС. У точці розриву алгоритм регулювання дозування циліндрового масла змінюється залежно від навантаження. Це означає, що питома доза [г/кВт] буде зростати з цієї точки та нижче. Якщо для оцінювання АСС використовуються результати тестування, швидкість подавання масла повинна бути відкалібрована до питомих значень точок. Однак розмах буде давати оцінку необхідності циліндрового масла в робочій точці, де вона була зроблена.

Обчислення фактичного коефіцієнта АСС для випробування на розгортку виконується на навантаженні вище точки розриву навантаження на частину масла. Під час тесту швидкість подавання масла встановлюється на фіксованих етапах. Коефіцієнт АСС для кожного етапу може бути розрахований шляхом ділення ступеня швидкості подачі на % сірки в паливі.

Розраховані значення АСС використовуються для кореляції значень Fe та VN у зразках. У таблиці заносять розрахункові АСС та значення Fe і VN. Потім креслять два графіки, де АСС відображає горизонтальну вісь (вісь x), а значення Fe – вертикальна вісь на графіку 1 та VN на графіку. Потім поєднують графіки Fe і VN в один. Fe лівою вертикальною віссю, а VN правою (рис. 5).

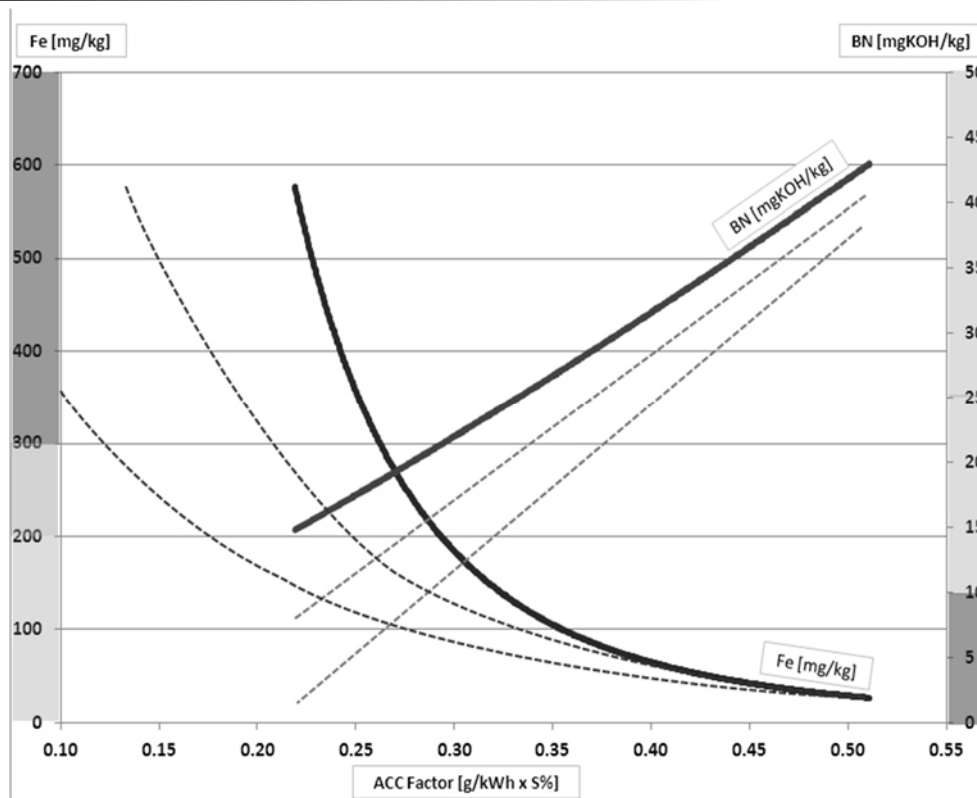


Рисунок 5 – Результати оцінювання Sweep-тесту

На рис. 5 пояснюється, як був оцінений тест розгортання. У нормальному випадку Fe концентрація повільно піднімається до точки, де вона буде швидко зростати. Прийнятний АСС-коефіцієнт знайдено безпосередньо перед швидким збільшенням Fe або іншим способом, перш ніж концентрація Fe досягне червоної області (рис.5). Вибір коефіцієнта АСС у них відповідає прийнятному рівню Fe означає, що корозія контролюється. Після того, як коефіцієнт АСС був визначений відповідно до Fe, відповідне значення BN можна знайти. Це показує можливий рівень BN, що може безпосередньо вплинути на продуктивність масла.

На рис. 5 коефіцієнт АСС відображається на осі X. Концентрація Fe (мг/кг) зображується червоними лініями, і результат зчитують на лівій осі Y. Вісь розділена на три частини. Зелена смужка показує безпечну експлуатаційну умову, 0...200 Fe (мг/кг), а оранжева смужка – це «пилна область», 200...300 Fe (мг/кг), яка означає, що втулка циліндра та циліндрове масло почали досягати своїх меж. Коли концентрація Fe досягає вище 300 мг/кг (червона смужка), знос або корозія почали значно збільшуватися, а швидкість подачі масла повинна бути збільшена. Інша концентрація BN (мгKOH/кг) зображена синіми лініями, результати зчитують на правильній осі Y. Вісь розділена на дві частини. Червона смужка (0...10 BN) означає, що здатність до нейтралізації у циліндрового масла почала знижуватися і збільшується ризик корозії. Зелена смужка (10...50 BN) демонструє безпечну роботу.

Широкі блакитна та червона лінії – це значення BN і Fe. Для того щоб знайти правильний коефіцієнт АСС та можливий рівень зниження BN циліндрового масла, процедура виглядає наступним чином: слідуєте за широкою червоною лінією та знайдіть концентрацію Fe для безпечної експлуатації. На рис.5 це 200 мг/кг, тому що після цього нахил широкої червоної лінії швидко зростає. Відповідний коефіцієнт АСС знаходиться на осі X і в цьому випадку 0,30 г/кВт·год × S%. Решта значення BN, що відповідає цій безпечній операції, виявляється за допомогою кривої BN (на цьому графіку – синя широка лінія) і прочитати результат правої осі X. У цьому випадку коефіцієнт АСС 0,3 відповідає 22 BN. Штрихові лінії – це приклади того, як можуть виглядати інші випробування розгортки з іншими циліндровими маслами.

Для визначення оптимального АСС-фактора застосуємо метод налаштування швидкості подавання масла – Feed rate sweep-тест, запропонований фірмою MAN B&W. Виконувалися дослідження на судовому дизелі MAN 6S70MC нафтового танкера «EURODIGNITY» дедвейтом 159342 тони.

Дослідження виконувалися тільки на сталих режимах роботи дизеля. Сталість навантаження на дизель визначалася незмінними частотою обертання колінчастого вала і цикловою подачею палива.

Основні характеристики дизеля:

- потужність – 15660 кВт;
- частота обертання – 91 хв<sup>-1</sup>;
- кількість циліндрів – 6;
- діаметр циліндра – 700 мм.

Під час проведення експериментальних досліджень дизель працював на одному і тому ж виді палива марки RMK 700 із наступними характеристиками:

- щільність при 15 °С – 990 кг/м<sup>3</sup>;
- в'язкість при 50 °С – 700 сСт;
- температура спалаху (min) – 60 °С;
- вміст сірки – 2,8%.

Змащування циліндрів дизеля забезпечувалося маслом Mobilgard570 з наступними показниками:

- щільність при 15 °С – 820 кг/м<sup>3</sup>;
- температура спалаху – 256 °С;
- в'язкість при 40 °С – 229 сСт;
- в'язкість при 100 °С – 21 сСт;
- лужне число (total base number – TBN) – 70 мгКОН/г.

Даний тест проводився протягом 6-и днів. За цей період значення питомої подачі циліндрового масла змінювалося від 1,4 г/кВт год до 0,6 г/кВт год. Кожного дня проводився забір проб масла при поточних налаштуваннях. З кожної проби визначалося лужне число (BN) та кількість металевих частинок (PQI) в маслі, взятому з підпоршневих просторів дизеля. Усі отримані дані записувалися в таблиці 3.2, 3.3.

Розрахуємо АСС-фактор для кожного етапу згідно з формулою:

$$ACC \text{ (розрахунковий)} = FR / S.$$

Результати розрахунку перенесемо в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати кількості металевих частинок Fe (PQI) в маслі, взятому з підпоршневих просторів дизеля

Циліндр	1	2	3	4	5	6	Середнє значення
FR г/(кВт·год)	Кількість металевих частинок (PQI) мг/кг						
1,4	86	87	88	92	91	90	89
1	94	88	78	83	91	80	87
0,8	99	102	90	91	94	78	92
0,6	280	249	190	235	210	195	226
0,4	–	–	–	–	–	–	–



Таблиця 3 – Результати лужного числа (BN) у маслі, взятому з підпоршневих просторів дизеля

Циліндр	1	2	3	4	5	6	Середнє значення
FR г/(кВт·год)	Лужне число (BN) мгКОН/кг						
1,4	40	40	41	40	40	41	40
1	39	41	42	37	40	38	39
0,8	31	30	27	26	28	29	28
0,6	17	15	11	10	9	13	12
0,4	–	–	–	–	–	–	–

Таблиця 4 – Визначення розрахункового АСС-фактора

FR, г/(кВт·год)	Сірки в паливі S, %	АСС (розрахунковий)
1,4	2,8	0,5
1,2	2,8	0,43
1,0	2,8	0,36
0,8	2,8	0,28
0,6	2,8	0,21

Для визначення оптимального АСС-фактора потрібно побудувати графік на підставі даних таблиць 2...4, де АСС-фактор розташовується на горизонтальній осі Х, а значення PQI на лівій вертикальній осі Y та BN на правій вертикальній осі (рис. 6)

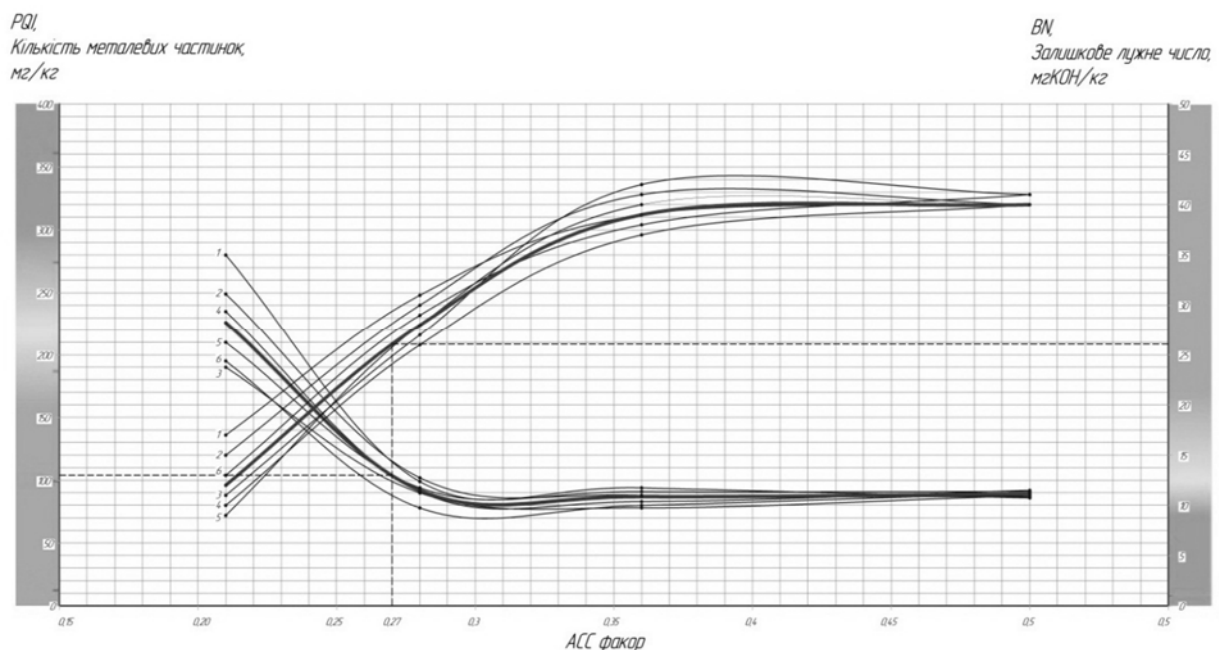


Рисунок 6 – Графік визначення оптимального АСС-фактора

Аналізуючи графік (рис. 6) ми бачимо, що концентрація PQI повільно піднімається до точки, де вона швидко зростатиме. Оптимальний АСС фактор знаходиться на графіках середніх показників PQI та BN, безпосередньо перед швидким збільшенням PQI, інше кажучи, до того як концентрація PQI досягає червоної області. Після того як коефіцієнт АСС був визначений відповідно до PQI, відповідне значення BN можна знайти за графіком.

Дослідження показало, що оптимальна витрата циліндрового масла для дизеля, що використовує паливо з високим вмістом сірки, досягається знаходженням оптимальної величини АСС-фактора. Його значення визначається для кожного двигуна окремо і залежить від його технічного стану та особливостей системи циліндрового масла. Значення

ACC-фактора є постійним і витрата циліндрового масла Feed Rate при переході на різні палива залежить тільки від вмісту в ньому сірки.

Після визначення оптимального ACC-фактору, його значення заноситься в пам'ять системи у блок управління системою «Alpha Lubricator».

**Висновки.** Результати досліджень з оптимізації витрат циліндрового масла дозволили визначити оптимальний ACC-фактор для конкретного двигуна MAN 6S70MC і прийняти його таким, що дорівнює 0,27 (FR=0,875 г/(кВт·год)). Це дозволило безпечно експлуатувати ЦПГ дизеля під час його роботи на паливі з вмістом сірки до 3% і визначити оптимальну витрату циліндрового масла. Дані фактори забезпечили економічно ефективний режим роботи дизеля при мінімальному корозійному зносі циліндрових втулок.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артемов Г. А., Горбов В. М. Суднові енергетичні установки : навчальний посібник. Миколаїв : УДМТУ, 2002. 356 с.
2. Возницкий И. В. Техническая эксплуатация двигателей промышленных судов. Москва: Пищевая промышленность, 1969. 367 с.
3. Семенов А. В. Оптимизация расхода цилиндрового масла судовых малооборотных дизелей. *Судовые энергетические установки*. № 35. 2015. С. 169–179.
4. *Теплопрофи* : веб-сайт. URL : <https://www.teploprofi.com/seriya-varitherm-vt>.
5. Instruction Manuals 6S70MC-C, 2000.
6. Service Letter SL2013-571/JAP. Cylinder Lubrication Update, 2013.
7. Instruction MAN B&W. Alpha Adaptive Cylinder-oil Control Alpha ACC
8. *Environmental Ship Index Brochure*. URL : [http://www.wpci.nl/docs/Environmental\\_Ship\\_Index\\_Brochure.pdf](http://www.wpci.nl/docs/Environmental_Ship_Index_Brochure.pdf)
9. Third IMO GHG Study 2014. Executive Summary and Report. IMO, 2015. 295 p.
10. *Environmental Ship Index (ESI)*. URL : <http://www.environmentalshipindex.org>.

## REFERENCES

1. Artemov G. A., Gorbov V. M. (2002). *Sudnovi energetichni ustanovki : navchalnyi posibnik*. Mikolaiv : UDMTU.
2. Voznickiy I. V. (1969). *Tekhnicheskaya ehkspluatatsiya dvigateley promishlennikh sudov*. Moskva: Pithevaya promishlennostj.
3. Semenov A. V. (2015). Optimizatsiya raskhoda cilindrovogo masla sudovihkh malooborotnihkh dizeleyj. *Sudovihe ehnergeticheskie ustanovki*, 35, 169–179.
4. Teploprofi : veb-sayjt. URL : <https://www.teploprofi.com/seriya-varitherm-vt>.
5. Instruction Manuals 6S70MC-C, 2000.
6. Service Letter SL2013-571/JAP. Cylinder Lubrication Update, 2013.
7. Instruction MAN B&W. Alpha Adaptive Cylinder-oil Control Alpha ACC
8. *Environmental Ship Index Brochure*. URL : [http://www.wpci.nl/docs/Environmental\\_Ship\\_Index\\_Brochure.pdf](http://www.wpci.nl/docs/Environmental_Ship_Index_Brochure.pdf)
9. Third IMO GHG Study 2014. Executive Summary and Report. IMO, 2015. 295 p.
10. *Environmental Ship Index (ESI)*. URL : <http://www.environmentalshipindex.org>.

### Самарин А. Е., Врублевский Р. Е. ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДОВ ЦИЛИНДРОВОГО МАСЛА БЛАГОДАРЯ ОПТИМИЗАЦИИ АСС-ФАКТОРА

В статье описан метод оптимизации расхода цилиндрового масла для дизеля, использует топливо с высоким содержанием серы, достигается это нахождением оптимальной величины АСС-фактору. Цилиндрическое масло смешивается, чтобы достичь необходимого уровня мытья и диспергирования, чтобы сохранить поршневые кольца и втулку, а также необходимо базовое число (BN) для нейтрализации кислот, образованных во время сгорания. Цилиндрическое масло не только служит для смазки движущихся частей, но также предназначено для контроля степени коррозии на поверхности гильзы. Однако, чтобы обеспечить необходимый эффект смазки, увеличение образования кислоты потребует более высокого уровня BN, чем указано при минимальном режиме подачи. Это компенсируется путем вычисления скорости подачи на основе коэффициента АСС. Его

значение определяется для каждого двигателя отдельно и зависит от его технического состояния и особенностей системы цилиндрического масла. Значение ACC-фактора является постоянным и расход цилиндрического масла *Feed Rate* при переходе на разные топлива зависит только от содержания в нем серы. Исследование показало, что оптимальный расход цилиндрического масла для дизеля, использует топливо с высоким содержанием серы, достигается нахождением оптимальной величины ACC-фактора. Его значение определяется для каждого двигателя отдельно и зависит от его технического состояния и особенностей системы цилиндрического масла. Значение ACC-фактора является постоянным и расход цилиндрического масла *Feed Rate* при переходе на разные топлива зависит только от содержания в нем серы.

**Ключевые слова:** ACC-фактор, оптимизация, расход цилиндрического масла.

**Samarin O. E., Vryblevskiy R. Ye. OPTIMIZATION OF CYLINDER OIL CONSUMPTION DUE TO ACC-FACTOR OPTIMIZATION**

*The article describes a method for optimizing the consumption of cylinder oil for a diesel engine, uses fuel with a high sulfur content, this is achieved by finding the optimal value for the ACC factor.*

*Cylinder oil is blended to achieve the correct wash and dispersion level to preserve the piston rings and bushing, and a base number (BN) is needed to neutralize acids generated during combustion. Cylinder oil not only serves to lubricate moving parts, but also serves to control the degree of corrosion on the liner surface. However, to provide the desired lubricating effect, an increase in acid production will require a higher BN level than indicated at the minimum feed rate. This is compensated for by calculating the feed rate based on the ACC factor. Its value is determined for each engine separately and depends on its technical condition and the characteristics of the cylinder oil system. The value of the ACC factor is constant and the feed rate of the cylinder oil when switching to different fuels depends only on the sulfur content in it.*

*The research has shown that the optimal consumption of cylinder oil for diesel, which uses fuel with a high sulfur content, is achieved by finding the optimal value of the ACC factor. Its value is determined for each engine separately and depends on its technical condition and the characteristics of the cylinder oil system. The ACC factor value is constant and the feed rate of the cylinder oil when switching to different fuels depends only on the sulfur content in it.*

**Keywords:** ACC factor, optimization, cylinder oil consumption.

© Врублевський Р. Є., Самарін О. Є.

Статтю прийнято  
до редакції 25.11.20