

Технічні науки

УДК 629.1

Палагін Олександр Миколайович

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри суднових енергетичних установок і систем
Дунайський інститут
Національного університету «Одеська морська академія»*

Palagin Oleksandr

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the
Department of Ship's Plants and Complexes Operation
Danube Institute of the
National University «Odessa Maritime Academy»*

**АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ЗНОШЕНЬ ЦИЛІНДРОВИХ ВТУЛОК
СУДНОВОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ СУДНА
«MSC MANYA»**

**ANALYSIS OF DAMAGE AND WEAR OF THE CYLINDER LINERS
OF THE MARINE INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF THE SHIP
"MSC MANYA"**

***Анотація.** У статті розглянуто основні проблеми, пов'язані із показниками зношень циліндрових втулок суднового двигуна внутрішнього згоряння морського судна. Специфіка їх експлуатації, а також наведено методи підвищення ефективності їх роботи з урахуванням практичної експлуатації.*

***Ключові слова:** судно, двигун внутрішнього згоряння, паливо, циліндрова втулка, головка поршня, корозія, тертя .*

***Summary.** The article deals with the main problems related to wear indicators of cylinder liners of internal combustion marine engines. The specifics*

of their operation, as well as methods of increasing the efficiency of their operation, taking into account practical operation, are given.

Key words: vessel, internal combustion engine, fuel, cylinder sleeve, piston head, corrosion, friction.

В даний час на флоті, ДВЗ становить основу енергетичних установок. Цей тип двигуна завдяки високій економічності замінив парові поршневі машини. ДВС є поршневі теплові двигуни, в яких паливо згорає безпосередньо всередині робочого циліндра. При згорянні утворюється суміш газів, які розширюючись, переміщують поршень, що здійснює механічну роботу. Як суднових, застосовуються дизельні ДВС. Дизельними називаються такі ДВС, в яких паливо, що вводиться в циліндр, в кінці стиснення в ньому поршнем свіжого повітря самозаймається під дією температури, що піднялася внаслідок утворився в циліндру високого тиску[4].



Рис. 1. Загальний вигляд судна «MSC MANYA»

Характеристики судна

Вид: Контейнеровоз ІМО – 9275397

Позивний - A8ZK7

Рік побудови – 2003

Довжина - 217 m

Ширина - 26 m

Осадка Avg - 9,8 m

Швидкість Avg / Max - 11,7 узл. / 16,6 узл.

Дедвейт - 22898 тонни

Контейнеровместімость 1350

Потужність -16000 кВт

Режим мастила і тертя, в якому працюють трибосопряжені «поршневі кільця-циліндр» двигуни внутрішнього згоряння, до цих пір залишається предметом досліджень. Сьогодні виділяються три основних точки зору.

Перша - заснована на залежності сили тертя від навантаження, що характерно для кордонного режиму тертя.

Друга - сполучення «поршневі кільця-циліндр» працює в рідинному (гідродинамічному) режимі тертя. Про це свідчать експериментально виміряні значення товщини мастильного шару між кільцем і циліндром по ходу поршня, що перевищують висоту мікронерівностей поверхонь.

Третя - полягає в тому, що найбільш імовірним режимом тертя поршневих кілець о циліндр є перехідний від змішаного до кордонного (НЕ гідродинамічний). На користь цієї точки зору свідчить той факт, що тертя кілець про циліндр визначається не тільки в'язкістю мастила, а залежить від властивостей протизносних присадок Іншими словами від індивідуальних мікрореологічних властивостей масла. В даний час в розрахунках таких трибосопряжених, як «поршневі кільця - втулка циліндра» широко використовуються реологічні моделі мастила, що враховують залежність

коефіцієнта динамічної в'язкості від температури, тиску і швидкості зсуву, а також моделі, що враховують наявність газоподібних, твердих і рідких дисперсних фаз [4].

Давайте розглянемо зношення циліндрової втулки. Щоб забезпечити тривалу та безаварійну роботу силової установки, надійна робота циліндрової втулки, поршня, кілець, мастила, палива та розподіл навантаження по циліндрах є найважливішими факторами безвідмовності. Обидві частини втулки виготовляються з модифікованого чавуну. У верхній частині внизу втулки є отвори для 8 штуцерів циліндрового мастила. Зовнішня частина верхньої частини втулки має порожнини чавунної сорочки охолодження [1]. У місці камери згоряння втулка має косі свердління для проходу охолоджуючої води. Ущільнення втулки забезпечується 4 гумовими кільцями в нижній частині та 2 гумовими кільцями у верхній частині, в районі сорочки охолодження (по одному зверху і знизу сорочки). Ущільнення посадкового місця між втулкою та блоком забезпечується притиранням посадкових місць між втулкою та кришкою - кільцем ущільнювача з м'якого заліза, без використання прокладок. Охолоджуюча вода перепливає з блоку в сорочку охолодження за допомогою 4 перепускних патрубків, а з сорочки в кришку циліндрів - за допомогою таких же перепускних трубок.

Знос втулок носить, в основному, характер стирання, абразивного дії твердих включень і корозії. Кожен з цих факторів може впливати по-різному [2].

Стирання відбувається на поверхнях, що труться втулки (дзеркала циліндра) і поршневих кілець. Інтенсивність цього процесу залежить від застосовуваних матеріалів, якості поверхонь, що сполучаються, ефективності мастила циліндрів, швидкості поршня, навантаження двигуна, середньої величини тиску і температури в циліндрі, стану поршневих

кілець, ефективності процесу горіння палива і ступеня забруднення повітря і палива.

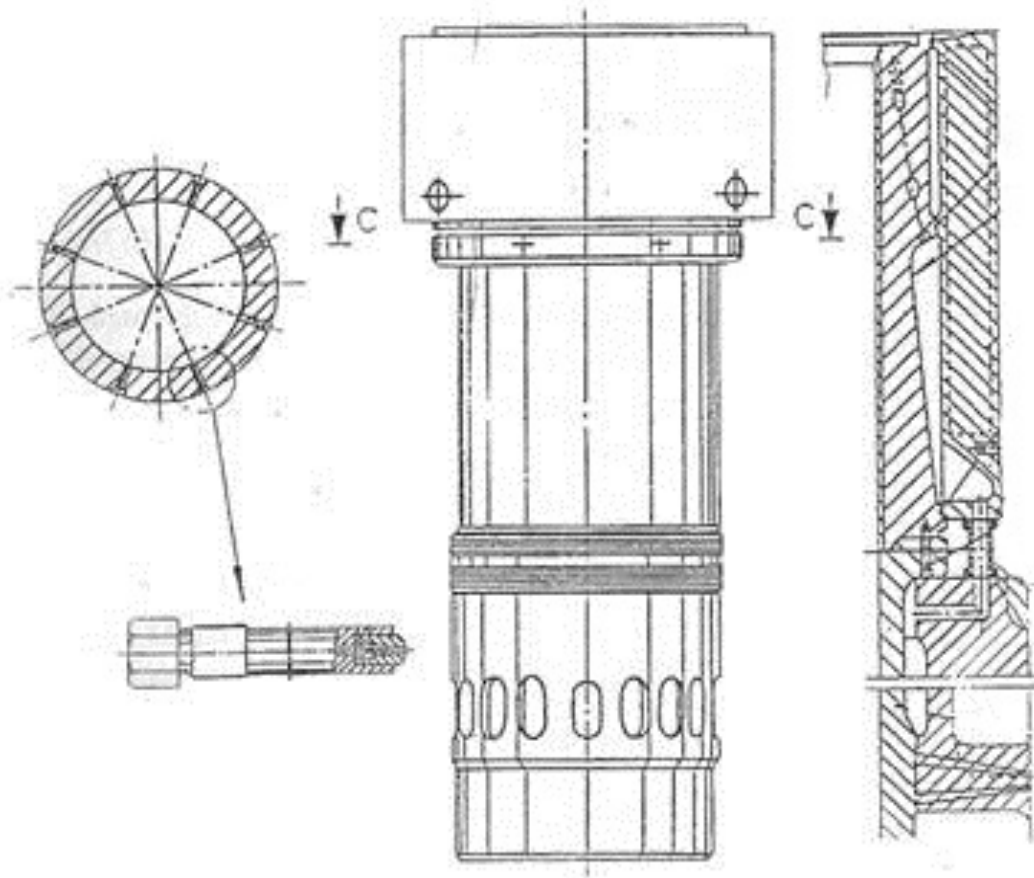


Рис. 2. Состовна втулка циліндра

Корозія відбувається, в основному, в двигунах, що використовують важкі сорти палив з високим вмістом сірки. Вона викликається кислотами, що утворюються в результаті згоряння таких палив, і може бути нейтралізована застосуванням лужних мастил. Сернокислотная корозія може виникати в нижній частині втулки, якщо температура води в зарубашечного просторі занадто низька. В цьому випадку в кінці такту розширення відбувається конденсація на переохолодженої стінці парів води з продуктів згоряння, з утворенням сірчаної кислоти. Цього можна уникнути, якщо підтримувати температуру охолоджуючої води не нижче точки роси при тиску кінця розширення [3].

Пари води утворюються в продуктах згорання в результаті горіння водню, а також внаслідок вмісту вологи в паливі і продувному повітрі. Вологість повітря може збільшуватися при наявності підтікання охолоджуючої води в повітроохолоджувачі.

Абразивний знос викликаний дією твердих продуктів механічного стирання, корозії і горіння, які потрапляють на поверхні, що труться. Абразивами можуть бути зола, яка присутня в деяких сортах важких палив, а також частки сполук алюмінію (глинозему), що використовуються в якості каталізатора в процесах ректифікації нафтопродуктів, які не повністю видаляються з товарних ПММ.

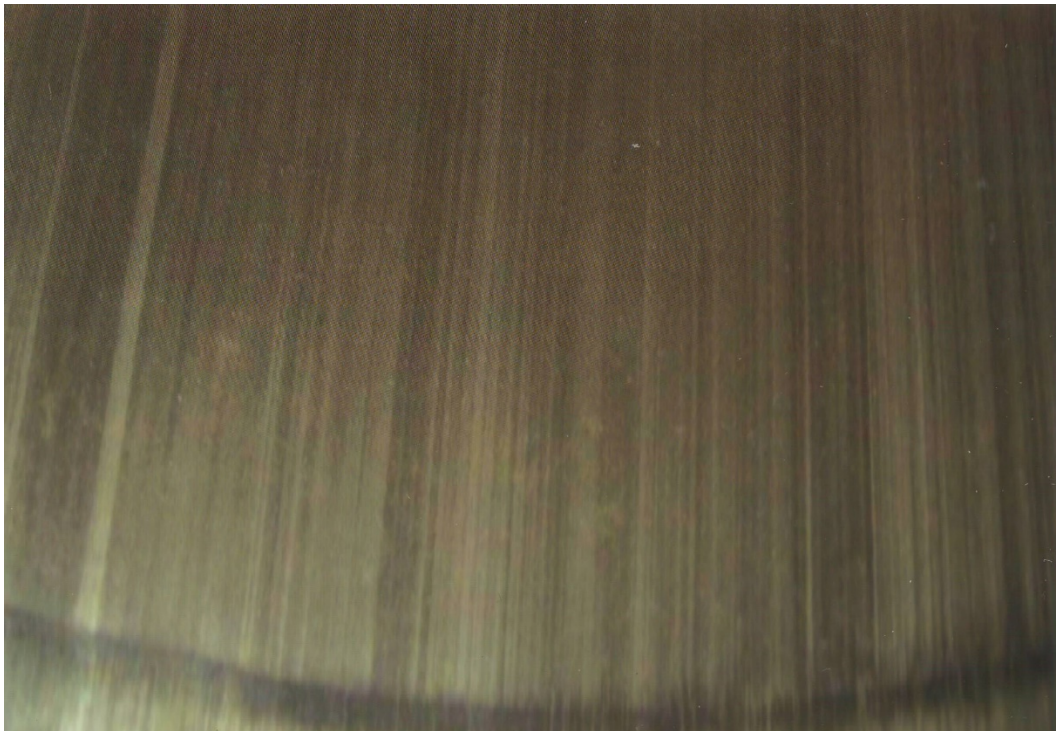


Рис. 3. Знос поршневої втулки

Ревізії внутрішньої поверхні циліндрових втулок з виміром внутрішніх діаметрів повинні проводитися регулярно при розтині циліндрів (приблизно, через кожні 6000-8000 годин експлуатації) для точного визначення ступеня зносу. Необхідно вести постійні записи результатів вимірів для кожного циліндра [5].

Перед вимірами циліндр повинен бути ретельно очищений і оглянутий. Загальний стан поверхні дзеркала циліндра свідчить про ефективність роботи системи змащення. Необхідно особливо ретельно оглянути поверхню, прилеглу до камери згоряння, для виявлення можливих раковин і тріщин [1].

Внутрішні діаметри втулки вимірюються мікрометром або індикатором з подовженим стрижнем, які попередньо калібрують за еталонною мірою. Бажано, щоб втулка була охолоджена до кімнатної температури, однак, якщо це неможливо, слід нагріти вимірювальний інструмент до температури втулки, для компенсації термічного розширення.

Вимірювання проводяться в декількох горизонтальних перетинах (зазвичай від 4-х до 6-ти) в межах діапазону переміщення поршневих кілець. Вимірюються діаметри в подовжній і поперечній площинах. Для точної фіксації місця замірів використовуються шаблони. Результати вимірювань записуються в журнал вимірів, і по ним розраховується величина середньої швидкості зносу за період після попереднього обстеження [3].

Розподіл величини зносу по довжині циліндра може відрізнятися в залежності від типу двигуна, однак, для двотактних дизелів простої дії найбільша величина зносу має місце у верхній частині втулки, що примикає до камери згоряння, де температури і тиск досягають максимальних значень. Знос зменшується у напрямку до нижнього кінця втулки, проте знову зростає в районі продувних і випускних вікон внаслідок збільшеного контактного тиску на перемички вікон і руйнування плівки мастила потоком повітря або вихлопних газів [2].

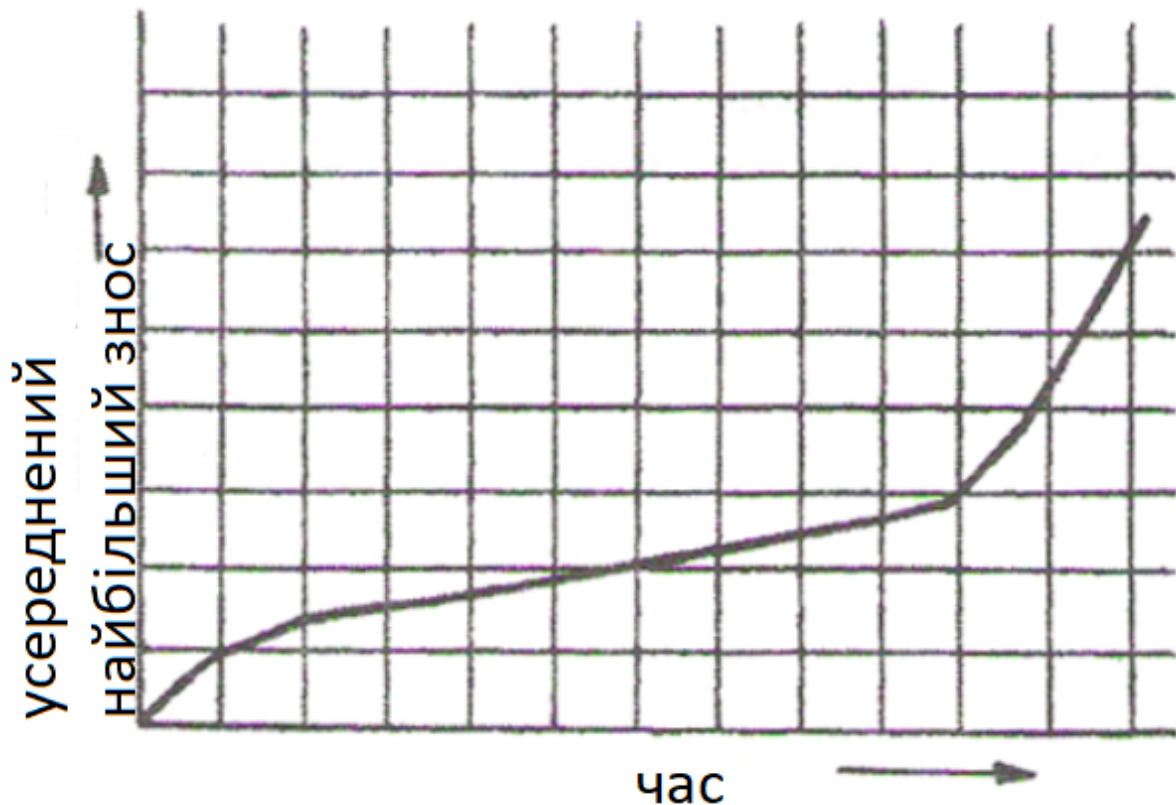


Рис. 4. Швидкість зносу циліндрової втулки

Якщо з плином часу масляна плівка з тієї чи іншої причини частково зникає і на дзеркалі утворюються сухі ділянки, останні і поверхні поршневих кілець під дією тертя і нагрівання упрочнюються і піддаються мікрозадірам. На них з'являються темні плями, в цих місцях дзеркальна поверхня зникає. Поверхні з мікрозадірами, ознакою яких є наявність вертикальних смуг, стають щодо твердими, і це провокує посилені знос. Пошкоджені ділянки можуть зникнути, якщо збільшити подачу масла. Якщо ж вони не зникають, то їх освіта була наслідком прориву газів через поршневі кільця (заїдання кілець в Кепах, їх поломка або колапс) [5]. Про наявність прориву свідчить наявність темних сухих ділянок на кільцях і на верхній частині циліндрових втулок. У ряді випадків знос циліндрів в перерізі нагадує «лист конюшини» - на втулці з'являються вертикальні смуги підвищеного зносу, що розташовуються між мастильними отворами. Пояснюється це недоліком масла в зонах смуг або малим запасом лужності

масла (в міру розтікання масла в горизонтальній площині лужність його убуває в зв'язку з нейтралізацією кислоти) [3].

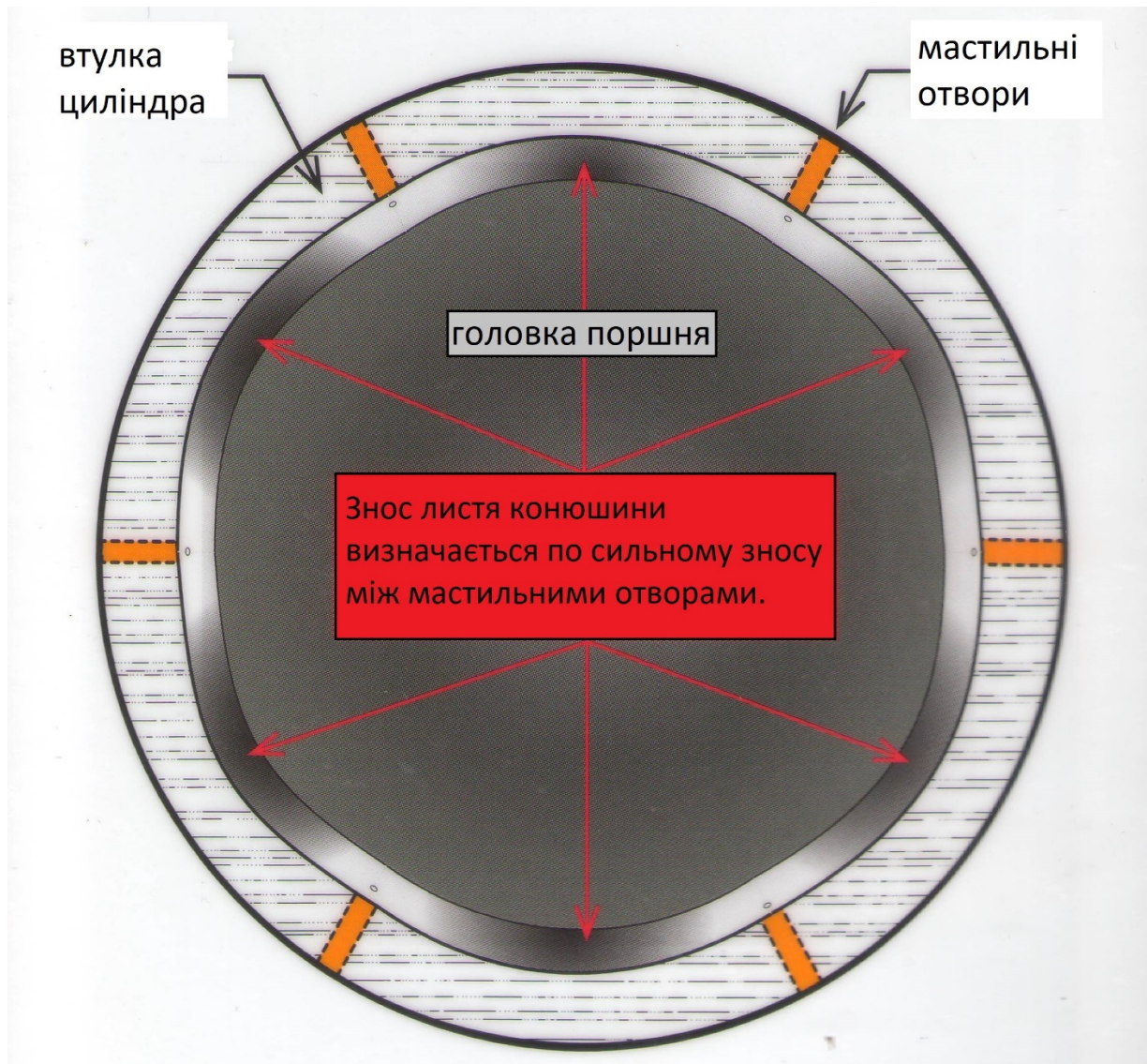


Рис. 5. Знос втулки листя конюшини

Ремонт циліндричної втулки полягає в розточуванні внутрішнього діаметра, який потім відновлюють до номінального хромуванням з наступною механічною обробкою (шліфуванням і хонингованим). Хонингование дозволяє отримати високу точність внутрішнього діаметра, форму і малу шорсткість. Хонинговання виконують хонінгувальні верстати з хонинговальною головкою, в пази якої встановлені корундові бруски, які здійснюють обертальний і зворотно-поступальний рух.

Швидкість зношування циліндрових втулок малообертових дизелів фірми MAN B&W серії S70 і S80 змінюється в широких межах від 0,01 мм/1000 год. до 0,2 мм/1000год. При проведенні дослідження відкинуто значення швидкості зношування, що не відповідають дійсності. Встановлено, що серед запропонованих апроксимуючих статистичних функцій, таких як закон нормального розподілу та закон Вейбулла-Гніденко, найбільш точно відображає розподіл досліджуваної випадкової величини закон Вейбулла-Гніденко. Для прийнятого закону приведено інтегральну функцію, що дозволяє визначити ймовірність кожного конкретного значення швидкості зношування циліндрових втулок [4].

Література

1. Engine Management Concert Makes Significant Break-throught / Diesel Facts. 2011. № 1.
2. MAN B&W S70MC6 Project Guide Camshaft Controlled Two-stroke Engine.
3. Service Experience of MAN B&W Low Speed Diesel Engines. Two-stroke engines/MAN Diesel&Turbo, April, 2013.
4. Суворов П.С. Судовые двигатели внутреннего сгорания и их техническая эксплуатация. Одесса, НУ «ОМА». 2017.
5. MAN Energy Solutions. URL: <https://www.mandieselturbo.com>