

**Savchuk Volodymyr Petrovych** – Ph.D., Associate Professor, Head of the “Vessel’s Power Plants Operation” Department, Kherson State Maritime Academy.

**Gritsuk Igor Valeriiovych** – D.Sc., Professor, Professor of the “Vessel’s Power Plants Operation” Department, Kherson State Maritime Academy.

**Rybalchenko Mykola Yevhenovych** – Post-Graduate Student of the “Vessel’s Power Plants Operation” Department, Kherson State Maritime Academy.

**Belousova Tetiana Petrivna** – Senior Lecturer of the “Management and Information Technology” Department, Kherson State Agrarian and Economic University.

### Сведения об авторах

**Белоусов Евгений Викторович** – к.т.н., доцент, доцент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Херсонская государственная морская академия.

**Савчук Владимир Петрович** – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой эксплуатации судовых энергетических установок, Херсонская государственная морская академия.

**Грицук Игорь Валерьевич** – д.т.н., профессор, профессор кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Херсонская государственная морская академия.

**Рыбальченко Николай Евгеньевич** – аспирант кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Херсонская государственная морская академия.

**Белюсова Татьяна Петровна** – старший преподаватель кафедры менеджмента и информационных технологий, Херсонский государственный аграрно-экономический университет

УДК 621.436

### АНАЛІЗ ПРИЧИН ЗАДИРУ ПОРШНІВ ТРАНСПОРТНИХ ДВОТАКТНИХ ДИЗЕЛІВ І МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЦЬОЇ ПРОБЛЕМИ

*А. П. Марченко, В. О. Пильов, О. Ю. Лінков, С. В. Лыков*

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

### ANALYSIS OF THE CAUSES OF TWO-STROKE TRANSPORT DIESELS PISTONS SEIZING AND POSSIBLE WAYS TO SOLVE THIS PROBLEM

*A. P. Marchenko, V. O. Pylyov, O. Yu. Linkov, S. V. Lykov*

*National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”*

### АНАЛИЗ ПРИЧИН ЗАДИРОВ ПОРШНЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ДВУХТАКТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭТОЙ ПРОБЛЕМЫ

*А. П. Марченко, В. А. Пылёв, О. Ю. Линков, С. В. Лыков*

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*

**Вступ.** Загальні тенденції розвитку двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) передбачають постійне покращення їх техніко-економічних та масогабаритних показників. При цьому в умовах експлуатації високофорсованих дизелів виникають випадки непрогнозованої втрати фізичної надійності особливо теплонапружених елементів конструкції ще задовго до досягнення величини заявленого ресурсу. У повній мірі, а часто і в першу чергу, це стосується поршнів. За загальним переконанням фахівців, вихід з ладу поршнів пов'язують з частими експлуатаційними змінами режимів навантаження двигунів [1–3].

**Розкриття проблеми.** Для поршнів можна виділити такі види втрати фізичної надійності: задири бічної поверхні, розтріскування кромek камер згорання, руйнування міжкільцевих перетинок, прихвати поршневого пальця тощо.

Найбільш поширеним варіантом руйнувань є задири бічної поверхні, які виникають як в площині качання шатуна, так і в зонах навколо отвору під поршневий палець [1]. Для чотиритактних двигунів в зонах отвору поршневого пальця проблема в першу чергу вирішується шляхом виконання виборок на бічній поверхні. Однак, для двотактних двигунів таке конструктивне рішення є неприйнятним через особливості конструкції циліндру.

Актуальність проблеми суттєво загострюється при подальшому форсуванні двотактних дизелів у зв'язку з появою задиру бічної поверхні навіть при проведенні обкатувальних випробувань. При цьому аналіз і перевірки поданих на дослідження поршнів, що вийшли з ладу, відхилень від вимог документації не виявляють. Це засвідчує про те, що в умовах знакоперемінних динамічних і термомеханічних навантажень застосовані нині конструктивні рішення, матеріали та технології виготовлення наближаються до межі свого використання.

У зв'язку з цим при подальшому форсуванні двотактних двигунів виникає задача встановлення меж застосування прийнятих конструктивно-технологічних рішень для поршнів. Теорія і практика сучасного двигунобудування показують те, що в залежності від конструкції або обраних конструкційних матеріалів ці межі не однакові для поршнів двигунів різного призначення.

В [4] нами було доведено, що основним фактором, який викликає втрату фізичної надійності робочої поверхні юбки поршня, є повзучість матеріалу. Тому забезпечення надійної роботи цієї зони поршня слід пов'язувати з забезпеченням навантажень конструкції при параметрах температурно-напруженого стану, що не перевищують межю повзучості матеріалу. Традиційно межю повзучості матеріалів встановлюють на часовій базі, що відповідає призначеному ресурсу [5]. Важливо, що для поршневих алюмінієвих сплавів специфічними є щонайменше дві ділянки повзучості з відмінним характером деформування в часі [5]. Перша з них відповідає зміцненню матеріалу, тобто зменшенню швидкості повзучості. Тривалість цієї ділянки в часі не перевищує 5–20 годин та скорочується при підвищенні температури [6]. Друга ділянка є основною, відповідає незмінній в часі швидкості повзучості і тому визначає межю повзучості в умовах подальшої експлуатації двигуна.

У роботі запропоновано методику визначення межі повзучості для незміцненого матеріалу, тобто з урахуванням його деформування тільки на першій ділянці повзучості.

Для визначення деформації повзучості та релаксації термічних напружень використовуємо наступні залежності:

$$\dot{\varepsilon} = A_0 \cdot \exp(-K_1/T) \cdot \sigma^n \cdot (1 + D\varepsilon^{-\alpha}), \quad \varepsilon(0) = 0;$$

$$\Delta\sigma = \dot{\varepsilon} \cdot \Delta\tau \cdot E,$$

де  $\varepsilon$  – деформація повзучості;

$\dot{\varepsilon}$  – швидкість повзучості матеріалу;

$D, \alpha$  – постійні матеріалу, що характеризують інтервал зміцнення матеріалу в процесі повзучості матеріалу;

$A_0, K_1, n$  – постійні матеріалу, які характеризують сталий процес повзучості;

$T$  – температура;

$\sigma$  – діючі напруження;

$E$  – модуль пружності матеріалу.

На цій основі нами отримано дані щодо межі повзучості незміцненого поршневого сплаву АК12М2МгН. Значення коефіцієнтів  $D, \alpha, A_0, K_1, n$  узяті з роботи [6]. Результати розрахунків в окружному напрямі бічної поверхні поршня над отвором поршневого пальця наведені на рисунку 1. Тут крайня права точка відповідає положенню по осі поршневого пальця, а крайня ліва – положенню під кутом  $45^\circ$  до осі поршневого пальця. Бачимо, що частина точок знаходиться над межею повзучості матеріалу поршня.

З огляду на встановлений граничний рівень навантажень, обґрунтовано використання інших матеріалів для складеного та монометалевого поршнів, застосування покриттів та методів, що зміцнюють поверхневий шар деталей або перешкоджають проникненню тепла. Сформульовано напрями зміни конструкцій поршнів.

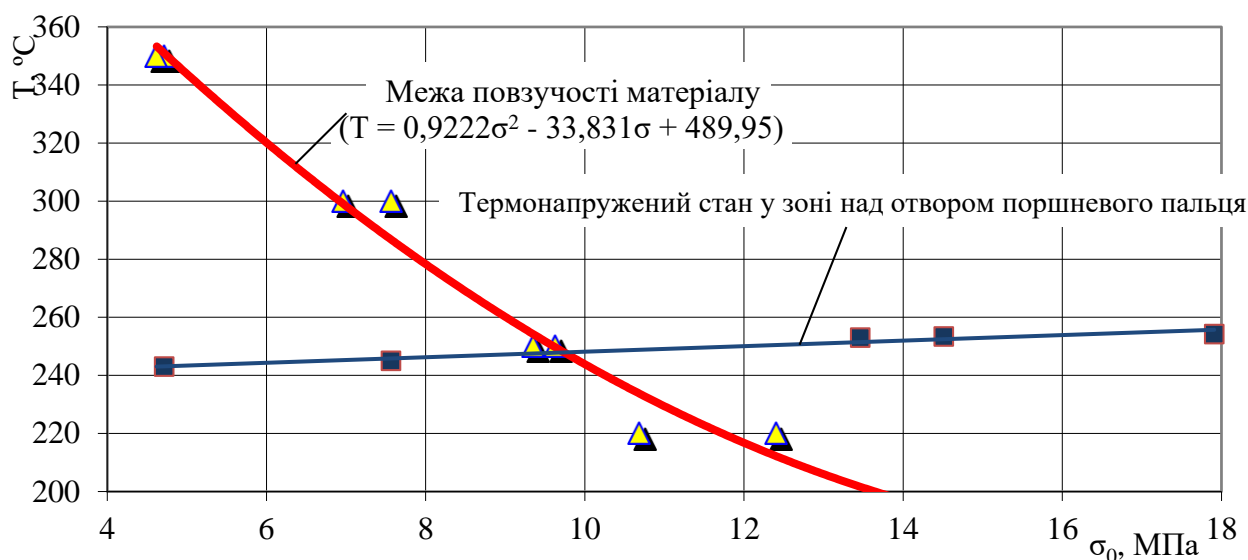


Рис. 1 – Аналіз теплонапруженого стану зони поршня над отвором поршневого пальця:  $\triangle$  – розрахункові точки межі повзучості;  $\square$  – розрахункові точки теплонапруженого стану конструкції

**Висновки.** Проведені розрахункові дослідження підтвердили, що матеріали, які використовуються зараз для конструкцій поршнів сучасних транспортних двотактних двигунів, в теперішньому конструктивному виконанні практично вичерпали свій запас фізичної надійності.

Використання отриманих даних дозволяє забезпечити застосування запропонованої методики також при аналізі появи задирих на бічній поверхні поршнів в площині качання шатуна як для двотактних, так і чотиритактних двигунів.

### Література

1. Piston damage – recognizing and rectifying. MS Motorservice International GmbH – 50 003 973-02 – EN – 07/15 (012020), 92 p.
2. Damage analysis of details of ICE, DFCDIESEL [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.dfcdiesel.com/warranty-info/failure-analysis>
3. Pylyov V. O. The Influence of Load Modes on the Resource Reliability of Engine Parts of Agricultural Machinery / V. O. Pylyov, O. Linkov, D. Samoilenko, S. O. Kravchenko, V. V. Pylyov, I. Mordivintseva, S. Lykov / Proceedings of 24<sup>th</sup> International Scientific Conference Transport Means. September 30 – October 02, 2020 Online Conference. – Kaunas, Lithuania. Part 1. Pp. 107–113.
4. Пылев В. А. Повышение надежности поршня форсированного быстроходного дизеля / В. А. Пылев, А. В. Белогуб, О. Ю. Линьков, В. В. Пылев, С. В. Лыков, П. С. Баглай, А. А. Терно // Двигатели внутреннего сгорания. – 2016. – № 2. – С. 55–58.
5. Пильов В. О. Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності: Монографія. – Харків: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2001. – 332 с.
6. Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности. Под ред. А. Ф. Шеховцова / Ф. И. Абрамчук, А. П. Марченко, Н. Ф. Разлейцев, Е. И. Третьяк, А. Ф. Шеховцов, Н. К. Шокотов. – Київ: Техніка, 1992. – 272 с.

### Відомості про авторів

**Марченко Андрій Петрович** – д.т.н., професор, проректор з наукової роботи, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

**Пильов Володимир Олександрович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри двигунів внутрішнього згорання, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

**Ліньков Олег Юрійович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри двигунів внутрішнього згорання, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

**Ликов Сергій Валентинович** – аспірант кафедри двигунів внутрішнього згорання, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

### Information about authors

**Marchenko Andrii Petrovych** – Dr.Sc., Professor, Vice-Rector for Scientific and-Research Work, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”.

**Pylyov Volodymyr Oleksandrovych** – Dr.Sc., Professor, Head of the “Internal Combustion Engines” Department, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”.

**Linkov Oleh Yuriiiovych** – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the “Internal Combustion Engines” Department, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”.

**Lykov Serhii Valentynovych** – Graduate Student of the “Internal Combustion Engines” Department, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”.

### Сведения об авторах

**Марченко Андрей Петрович** – д.т.н., профессор, проректор по научной работе, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».

**Пылёв Владимир Александрович** – д.т.н., профессор, заведующий кафедры двигателей внутреннего сгорания, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».

**Линьков Олег Юрьевич** – к.т.н., доцент, доцент кафедры двигателей внутреннего сгорания, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».

**Лыков Сергей Валентинович** – аспирант кафедры двигателей внутреннего сгорания, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».

УДК 621.1.016.4

### НАПРАВЛЕНИЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ЭЛЕМЕНТАХ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ИХ ЗАДАННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

*В. В. Кузнецов, А. П. Шевцов*

*Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова  
(Николаев)*

### НАПРЯМКИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ В ЕЛЕМЕНТАХ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ЇХ ЗАДАНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

*В. В. Кузнецов, А. П. Шевцов*

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
(Миколаїв)*

### DIRECTIONS FOR THE INTENSIFICATION OF HEAT TRANSFER PROCESSES IN THE ELEMENTS OF MARINE POWER PLANTS FOR ACHIEVMENT ITS SELECTED EFFICIENCY

*V. V. Kuznetsov, A. P. Shevtsov*

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Mykolaiv)*