



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В.С. МАРТИНОВСЬКОГО**

## **XII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

**27-28 вересня 2019 року**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ**



**ОДЕСА 2019**

УДК 621.565 (075.6)

**Сучасні проблеми холодильної техніки та технології** / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 229 с.

У збірнику наведені матеріали XII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XII Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.  
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

**Голова наукового комітету** – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

**Заступник голови** – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

**Члени наукового комітету:**

Ванєєв Сергій Михайлович - Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Василенко Сергій Михайлович - Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор;

Железний В.П. - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Лабай Володимир Йосипович - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. - д-р техн. наук, професор;

Мілованов В.І. - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

Морозюк Л.І. - д-р техн. наук, професор;

Потапов Володимир Олексійович - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Семенюк В.А. - к.т.н., директор НПФ «Терміон»;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Снежкін Юрій Федорович - директор Інституту технічної теплофізики, д.т.н., академік НАНУ

Ткаченко Станіслав Йосипович - д.т.н., професор Вінницького національного технічного університету;

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Щит Михайло Львович - к.т.н., пров. наук. спів. Інституту енергетики Академії Наук Молдови.

**ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Жихарєва Н.В., к.т.н. Когут В.Є., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С.

## ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

**110 РОКІВ ПРОФЕСОРУ ЧУКЛІНУ СЕРГІЮ ГРИГОРОВИЧУ (1909-1974)**

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОМФОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Н.И. Радченко, д.т.н., проф., Е.И. Трушляков, к.т.н., проф., А.Н. Радченко, к.т.н., доц.,  
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

### **АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Кириченко И.В., технический директор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса;  
Леонтьев А.А., главный конструктор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса.  
e - mail: info@krioprom.com.ua

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ**

Жихарева Н.В., к.т.н., доц., Одеська національна академія харчових технологій

## ЗМІСТ

|     | <b>СЕКЦІЯ № 1. ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ.<br/>КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.</b>  | стр. |
|-----|--|------|
| 1.  | <b>УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ГАЗІВ СУДНОВОГО ДВИГУНА ЕЖЕКТОРНОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ МАШИНОЮ З ОХОЛОДЖЕННЯМ ПОВІТРЯ НА ВХОДІ</b>                 | 10   |
| 2.  | <b>ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ</b>  | 14   |
| 3.  | <b>СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ</b>   | 17   |
| 4.  | <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В АЕРОТЕРМОПРЕСОРИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ CFD МОДЕЛЮВАННЯ</b>  | 20   |
| 5.  | <b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ АЭРОТЕРМОПРЕССОРНОГО АПАРАТА ДЛЯ СИСТЕМ КОНТАКТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ</b>                      | 22   |
| 6.  | <b>МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ХОЛОДОПРОДУКТИВНОСТІ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ</b>  | 24   |
| 7.  | <b>ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКТНОГО ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ В КОНКРЕТНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ</b>                  | 28   |
| 8.  | <b>ПОДХОД К АНАЛИЗУ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ</b>  | 32   |
| 9.  | <b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ КОМБІНОВАНОГО ТИПУ</b>  | 36   |
| 10. | <b>АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ ТРИГЕНЕРАЦІЙНОЇ ГАЗОПОРШНЕВОЇ УСТАНОВКИ</b>   | 41   |
| 11. | <b>ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРИГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ</b>  | 46   |
| 12. | <b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ГТУ В РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ</b> | 52   |
| 13. | <b>ТЕПЛОНАСОСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ СУДНОВИХ ДВЗ</b>   | 54   |
| 14. | <b>ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В СИСТЕМІ ОХОЛОДЖЕННЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА НА ПАЛИВНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ</b>  | 57   |
| 15. | <b>UKRAINIAN ENERGY POLICY DEVELOPMENT. INTERNATIONAL EXPERIENCE</b>   | 60   |
| 16. | <b>THE CYCLE ENSURING UNINTERRUPTED OPERATION OF THE CONTACT HEAT EXCHANGER</b>  | 62   |
| 17. | <b>ОХОЛОДЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ</b>  | 64   |
| 18. | <b>АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ БЫТОВОЙ АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ</b>                                    | 67   |

УДК 621.577

## ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В СИСТЕМІ ОХОЛОДЖЕННЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА НА ПАЛИВНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ

Калініченко І.В., к.т.н., доцент; Павлов О.В., Боровик О.О., Лещов Є.М., магістри  
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,  
Херсонська філія, м. Херсон; kiv26@ukr.net

Системи охолодження сучасних і перспективних поршневих і комбінованих двигунів повинні забезпечувати оптимальний і стабільний тепловий стан деталей і вузлів.

Оптимальним слід вважати такий температурний рівень, при якому матеріали деталей зберігають свої властивості міцності, моторні масла - високу здатність змащувати і несучу здатність, а втрати теплоти через систему охолодження мінімальні. На експлуатаційні показники двигуна чинить негативний вплив як недостатнє, так і надмірне охолодження. Процеси тепловідведення в рідинних системах охолодження супроводжуються ерозійно-корозійними руйнуваннями елементів систем і утворенням відкладень на тепловіддаючих поверхнях. Зі збільшенням середнього ефективного тиску і зниженням питомої маси двигунів проблема кавітаційних і корозійних руйнувань в порожнинах охолодження зберігає свою актуальність. Зазначені процеси вкрай негативно позначаються на надійності і ефективності ДВЗ. Корозія в системах охолодження є причиною утворення шламу, який осідає переважно в зонах з низькою швидкістю течії. Під відкладеннями, що утворюються активно протікає підшламова корозія [1].

Дизелі, експлуатовані в складі суднових енергетичних установок суден, значну частину часу працюють на несталих і змінних режимах. Найбільш характерними є перехідні режими, пов'язані з численними реверсами і маневруванням. Під час несталих режимів роботи і перехідних процесів температура найбільш теплонавантажених деталей циліндропоршневої групи зазнає значних змін, а температура охолоджувальної рідини залишається при цьому практично незмінною. Має місце так звана теплова інерційність. Дана проблема особливо актуальна для сучасних суднових дизелів, що мають високий рівень форсування, в яких теплові навантаження і температурні напруги стають порівнянними з механічними, у багатьох випадках обмежуючи надійність двигунів. Для вирішення зазначеної проблеми необхідно забезпечити оптимальний температурний рівень судового дизеля не тільки на сталих режимах роботи, а й на перехідних, несталих режимах.

Вплив фізико-хімічних і теплофізичних властивостей охолоджуючих рідин на ресурсні, економічні та екологічні показники роботи дизелів є вкрай важливим фактором. У зв'язку з цим сучасна концепція регулювання охолодження повинна передбачати як автоматичне регулювання режимних показників, так і регулювання водно-хімічних параметрів охолодження.

Мета роботи – оцінити вплив параметрів системи охолодження сучасних двигунів внутрішнього згорання з високим рівнем форсування на їх паливну ефективність.

Удосконалення рідинних систем охолодження суднових дизелів передбачає вирішення трьох взаємопов'язаних завдань:

- визначення параметрів охолодження, що роблять найбільш істотний вплив на надійність і ефективність роботи двигуна;
- обґрунтування бажаних значень обраних параметрів;
- розробка механізмів, які забезпечують автоматичний контроль і регулювання параметрів охолодження.

Отримані результати підтверджують, що ерозійно-корозійні руйнування циліндрових втулок найбільш інтенсивно протікають в двигунах з високим ступенем форсування по середньому ефективному тиску і малій питомій масі, яка призводить до підвищеної віброактивності дизеля.

Для оцінки впливу режимів охолодження на інтенсивність ерозійно-корозійних руйнувань і втрати теплоти через систему охолодження були виконані розрахунки для трьох дизель-генераторів (ДГ). Результати виконаних розрахунків представлені на рис. 1 і 2 [4].

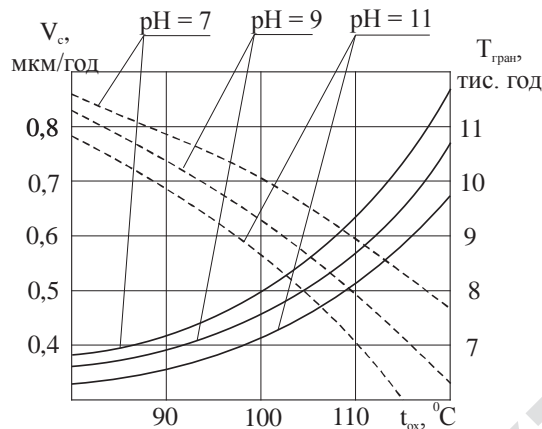


Рисунок 1. Вплив режимів охолодження на інтенсивність ерозійно-корозійних руйнувань зовнішньої поверхні втулки циліндра

— середня швидкість ерозійно-корозійних руйнувань, мкм/год;  
 - - - - час до граничного зносу, тис. год

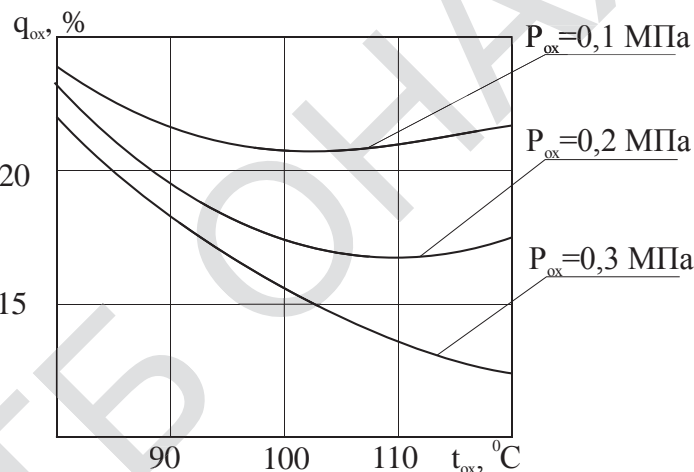


Рисунок 2. Вплив режимів охолодження на теплові втрати з охолоджуючою рідиною

Отримані дані свідчать про те, що найбільш оптимальними з енергетичної та ресурсної точки зору для суднових ДГ є температура охолоджуючої рідини 110 ... 120 °C, при тиску, що виключає активне пристіночне кипіння (0,13 ... 0,14 МПа), і склад охолоджуючої рідини, що містить комплексну присадку, що забезпечує водневий показник в межах 7,5 ... 9,0.

При роботі двигуна з фіксованим навантаженням ( $N_e = 1300$  кВт) температура охолоджуючої рідини на виході з двигуна змінювалася від 75 до 110 °C. Подальше підвищення температури обмежувалося можливостями герметизації штатної системи охолодження, тиск в якій становив при температурі 110 °C близько  $P = 0,15$  МПа. Підвищення температури рідини  $t_{ох}$  призвело до практично лінійному зростанню температури відпрацьованих газів перед турбіною  $t_r$ , що викликало деяке підвищення тиску наддуву  $p_k$  і температури повітря після компресора  $t_k$ . Більш суттєвим було підвищення температури на впуску  $t_{вп}$ , що пояснюється зменшенням глибини охолодження наддувочного повітря в охолоджувачі, включеному у внутрішній контур охолодження. Результати розрахунків представлені на рис. 3.

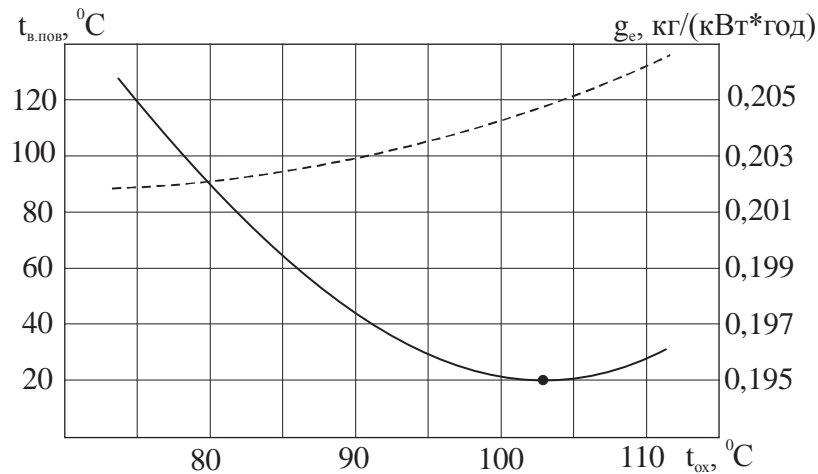


Рисунок 3. Вплив температури охолоджуючої рідини на питомі витрати палива ДГ  
 ———— питомі витрати важкого палива ДГ;  
 - - - температура повітря на впуску в циліндри  $t_{вп}$

Мінімальне значення питомої ефективної витрати палива відповідало  $t_{ox} = 102 ^\circ C$ . При подальшому збільшенні температури питома ефективна витрата палива почала зростати, що пояснюється зниженням коефіцієнта наповнення і підтверджує необхідність збільшення глибини охолодження наддувочного повітря.

Висновки.

Результати виконаних розрахунків підтвердили, що найбільш інтенсивно ерозійно-корозійні руйнування протікають в двигунах з підвищеною віброактивністю, обумовленої високим середнім ефективним тиском і низькою питомою масою двигуна.

Доведено вплив параметрів охолодження (температури охолоджуючої рідини, тиску в системі охолодження, водневого показника охолоджуючої рідини) на економічні та ресурсні показники роботи ДВЗ.

Проведено математичне моделювання, що дозволило визначити оптимальні значення зазначених параметрів, для високофорсованих суднових дизель-генераторів.

Список літератури

1. Безюков, О.К. Комплексная оптимизация параметров охлаждения судовых энергетических установок / Безюков О.К., Жуков В.А. // Журнал университета водных коммуникаций. – 2012. – Вип. 1. – С. 51–60.
2. Дорохов, А.Ф. Моделирование теплопередачи через стенку рабочего цилиндра поршневого ДВС и управление его напряженно-деформированным состоянием / Дорохов, А.Ф., Пахомов Н.В. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2015. – №1 (45). – С. 68–74.
3. Безюков, О.К., Выбор параметров охлаждения судовых дизелей / Безюков, О.К., Жуков В.А., Пуляев А.А. // Вестник государственного университета морского и речного флота. – (2018). – №2. – С. 379–389.
4. Ципленкин, Г.Е. Уровень форсировки поршневых ДВС нового поколения / Ципленкин, Г.Е., Иовлев В.И. // Двигателестроение. – 2016. – №1. – С. 25–30.