



НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ КОНФЕРЕНЦІЇ

Національний університет кораблебудування

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ДВИГУНОБУДУВАННЯ

VII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

24–25 листопада 2022 р.

МАТЕРІАЛИ



Миколаїв ■ 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ДВИГУНОБУДУВАННЯ

VII Міжнародна науково-технічна конференція

24–25 листопада 2022 року

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, пр-т Героїв України, 9*

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Миколаїв
Видавець Торубара В.В.
2022

УДК 621.43
С89

ОРГАНІЗАТОРИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Академія наук суднобудування України
ДП Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря»—«Машпроект»
Колумбійський університет (Нью-Йорк, США)
Корейський науково-дослідний інститут машинобудування і матеріалів
(Республіка Корея)
Стамбульський університет, (Турецька Республіка)

Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами.

Претензії до організаторів не приймаються.

Відповідальний за випуск:

О. А. Гогоренко

С 89 **Сучасний стан та проблеми двигунобудування : Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв : видавець Торубара В.В., 2022. – 192 с.**

ISBN 978-617-7472-99-4

У збірнику наведені матеріали міжнародної конференції, яка відбулася у Національному університеті кораблебудування (м. Миколаїв) 24–25 листопада 2022 року. Розглянуті науково-технічні, організаційні та екологічні питання, що виникають при дослідженні, проектуванні, виготовленні та експлуатації двигунів та установок різного типу і призначення. Досліджені загальні питання двигунобудування, робочі процеси в газотурбінних двигунах і двигунах внутрішнього згорання, а також аспекти конструювання й виробництва двигунів та їх елементів. Велика увага приділена впровадженню енергоощадних технологій, застосуванню прогресивних технологій при виготовленні та монтажі двигунів.

Матеріали збірника можуть бути корисними для науковців, інженерно-технічних працівників, викладачів, студентів і аспірантів.

УДК 621.43

ISBN 978-617-7472-99-4

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2022

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ЛІНІЙНИХ СУДЕН

Мошенцев Ю. Л.

кандидат технічних наук, професор кафедри двигунів внутрішнього згорання, установок та технічної експлуатації

Гогоренко О. А.

кандидат технічних наук, в.о. завідувача кафедри двигунів внутрішнього згоряння,
установок та технічної експлуатації

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв, Україна*

Системи охолодження (СО) суден можуть бути розраховані для різних початкових умов [1, 2]. Їх можна розрахувати для так званих «полярних» умов, коли температури повітря та забортної води знижені відповідно до умов роботи судна в холодних водах. Тоді сумарна маса серцевини теплообмінників системи, M_{Σ} , буде значно менше, ніж відповідна M_{Σ} , отримана за початкових умов розрахунку, що відповідають умовам перебування в теплих водах. Позначимо першу $M_{\Sigma п}$, а другу $M_{\Sigma е}$. Очевидно, що $M_{\Sigma п} < M_{\Sigma е}$.

Величина M_{Σ} , за інших рівних умов, може бути різною. У [3] автори показали, що схема СО може бути і повинна бути раціональною, а величина M_{Σ} може бути мінімізована за рахунок вибору параметрів теплообмінників і витрат ТВК (теплоносії внутрішнього контуру) через них. Очевидно, що із цих позицій мають бути спроектовані СО та для обох порівнюваних умов. Такі розрахунки були зроблені для типового суховантажного судна [4]. Основні параметри його енергетичної установки наведено у табл. 1, а схема системи охолодження судна показано на рис. 1.

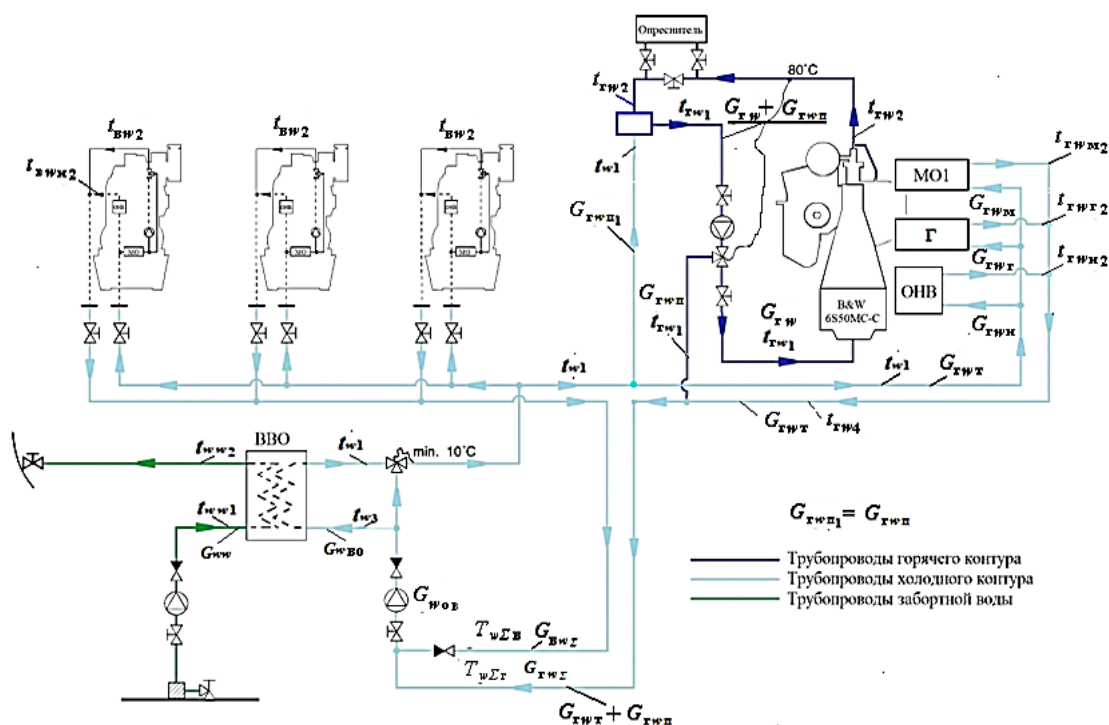


Рис. 1. Теплова схема системи охолодження судна: ГД – головний двигун; ДГ – допоміжні двигуни; ОНВ – охолоджувач наддувного повітря ГД; МО – охолоджувач масла ГД; ВВО – охолоджувач ТВК

На рис. 2 показані графіки оптимізації СО на номінальному режимі для «холодних» умов експлуатації, а на рис. 3 – графіки для умов перебування в теплих водах.

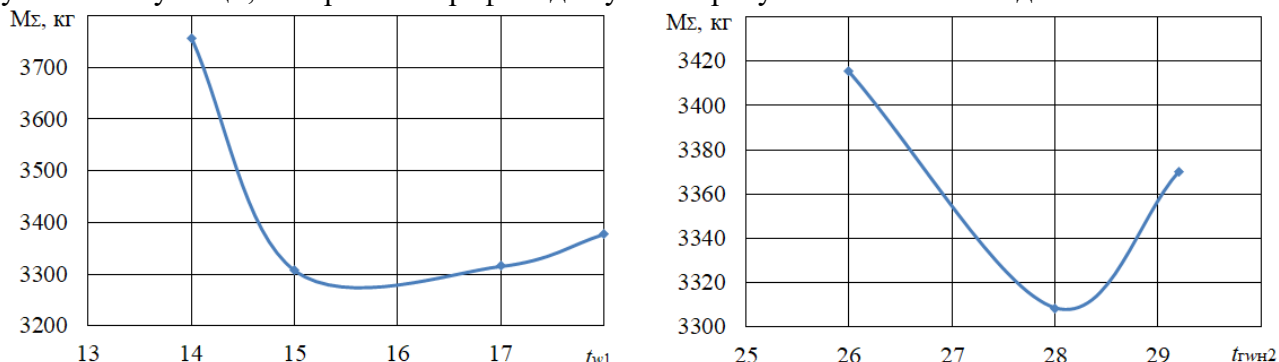


Рис. 2. Оптимізація СО для «холодних» умов перебування: $T_o = 15^\circ\text{C}$, $T_{ww1} = 5^\circ\text{C}$

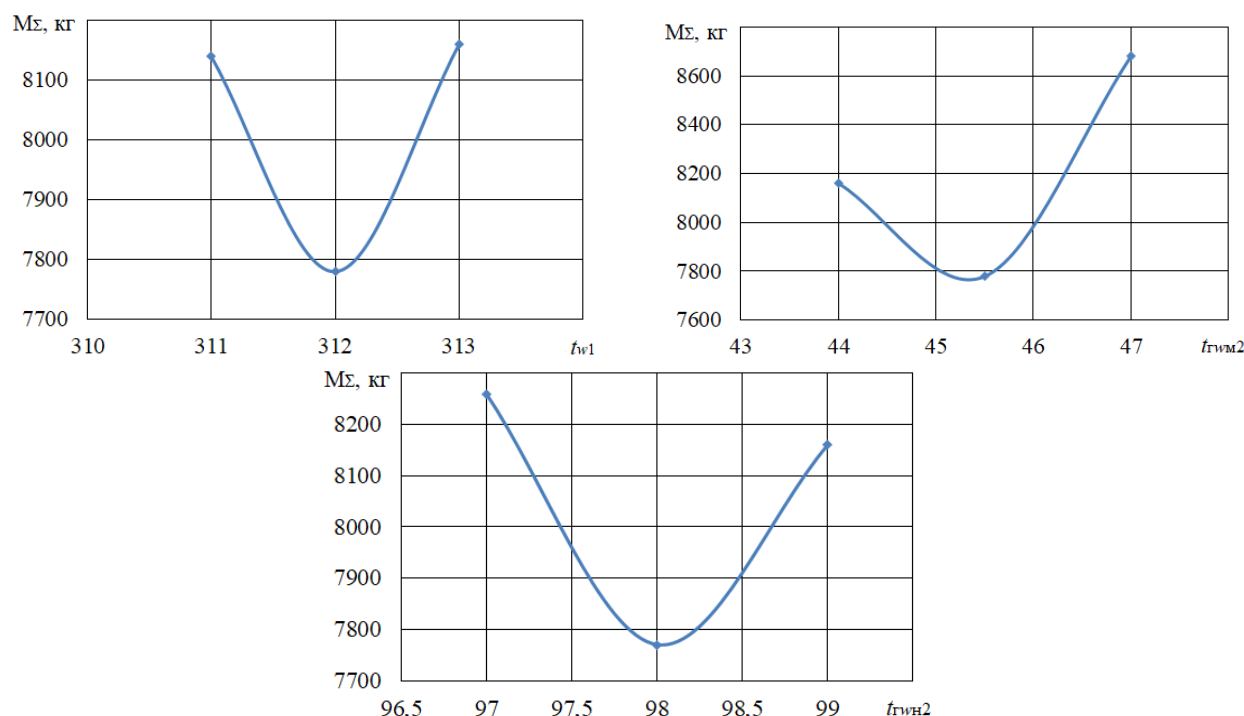


Рис. 3. Оптимізація СО для «теплых» умов перебування: $T_o = 45^\circ\text{C}$, $T_{ww1} = 35^\circ\text{C}$

Оптимізація проведена відповідно до [3]. Під рисунками вказані прийняті в обох випадках температури навколишнього повітря та заборотної води. Далі називатимемо умови для рис. 2 «холодними», а для рис. 3 – «теплыми». Як видно з рис. 2, $M_{\Sigma n}$ дорівнює 3300 кг, а $M_{\Sigma e}$ приблизно – 7800 кг.

Можна зазначити, що якщо судно експлуатувати лише у холодних водах, а й у нього стоїть СО з $M_{\Sigma e}$, тобто маса серцевини системи охолодження у такого судна дорівнює 7800 кг, то приблизно 4000 кг дорогих матеріалів, в принципі, є зайвими. Очевидно, це дуже велика маса і значна вартість. Якщо ж на судні встановлена СО з $M_{\Sigma n}$, то судно буде нормально експлуатуватися в холодних водах, але при потраплянні в теплі води тут виникнуть певні проблеми. Для нормальної роботи суднової енергетичної установки (СЕУ) у цих умовах потужність головного двигуна (ГД) доведеться знижувати.

Були виконані розрахунки параметрів СЕУ та СО для різних режимів навантаження ГД та різних умов плавання. Розрахунки виконувались у діапазонах параметрів, зазначених у табл. 1.

Таблиця 1. Вихідні параметри при прорахунках СО СЕУ

№	Найменування	Познач.	Значення	Примітки
1.	Частота обертання колінчатого валу ГД, хв^{-1}	n	117...86	Виражається поліномом в залежності від потужності ГД
2.	Потужність ГД, кВт	N_e	10680...4272	
3.	Температура повітря перед компресором, $^{\circ}\text{C}$	T_o	15...45	Для знаходження в холодних и теплих водах
4.	Температура забортної води перед ВВО, $^{\circ}\text{C}$	T_{ww1}	5...35	
5.	Тиск повітря перед компресором, кПа	P_o	100	
6.	Тиск повітря після компресора, кПа	P_1	181...400	Виражається поліномом в залежності від потужності ГД
7.	Температура повітря після компресора, $^{\circ}\text{C}$	T_k	117...226	
8.	Температура повітря за ОНП, $^{\circ}\text{C}$	T_s	20...48	
9.	Температура води за ГД, $^{\circ}\text{C}$	T_{gw2}	98	
10.	Температура води за ДГ, $^{\circ}\text{C}$	T_{bw2}	98	
11.	Температура гідравлічного масла на виході із системи, $^{\circ}\text{C}$	T_{gt1}	51	
12.	Температура масла на виході із ГД, $^{\circ}\text{C}$	T_{gm1}	51	
13.	Тепловідведення в зарубашковий простір ГД, кВт	Q_{gw}	1600...4300	Виражається поліномом в залежності від потужності ГД
14.	Тепловідведення в МО ГД, кВт	Q_{gm}	760...571	
15.	Тепловідведення від ОНВ ГД, кВт	Q_{gn}	4090...1013	
16.	Тепловідведення від ДГ, кВт	Q_b	725	
17.	Витрата води через насос ГД, кг/с	G_{tw}	23	
18.	Витрата наддувного повітря для ГД, кг/с	G_{tn}	8,8...23	Виражається поліномом в залежності від потужності ГД
19.	Витрата масла через ГД, кг/с	G_{tm}	51	
20.	Витрата гідравлічного масла, кг/с	G_{tt}	4	
21.	Витрата забортної води через ВВО, кг/с	G_{ww}	178	ВВО – охолоджувач ТВК
22.	Число ДГ, шт.	Z_b	3	

Залежності параметрів СЕУ від потужності головного двигуна і температур повітря та забортної води були встановлені моделюванням робочого циклу двигуна відповідно до розрахункового комплексу Blitz-PRO, розробленого Д. С. Мінчевим [5].

При розрахунках системи охолодження виконувалося рішення прямих і зворотних задач [6]. У прямих задачах визначалися конструктивні параметри систем охолодження. У зворотних задачах, знаходилися температури теплоносіїв, що забезпечуються системою охолодження із заданими конструктивними параметрами. Ці розрахунки виконувались на основі розрахункових комплексів, розроблених авторами дослідження.

При вирішенні зворотних задач конструктивні дані системи охолодження та витрати ТВК через охолоджувачі приймалися за прямими розрахунками СО, виконаних для різних навантажень двигуна та умов перебування у теплих водах. У розрахунках визначалися і використовувалися як параметри теплової схеми системи, так і параметри всіх її теплообмінників, кожен із яких докладно розраховувався на основі розрахункового комплексу.

Розрахунки показали, що СО з $M_{\Sigma n}$ може нормально працювати приблизно при 40 % потужності головного двигуна, якщо перебувати в теплих водах. Розрахунками також було встановлено, що система охолодження з $M_{\Sigma e}$ розрахована для цієї ж потужності (40 % від номіналу) при роботі в теплих водах, забезпечує роботу судна в холодних водах на номінальному режимі. Таким чином, система охолодження, розрахована для умов холодного перебування на номінальній потужності ГД, практично еквівалентна за своїми можливостями СО, розрахованої для умов теплового плавання при 40 % потужності ГД. Це зменшення потужності головного двигуна відповідає зниженню швидкості ходу судна з 18 до 7 вузлів.

Для $M_{\Sigma e}$, отриманої при зниженні потужності ГД до 50 %, СО забезпечить нормальну роботу СЕУ в теплих водах при зниженні швидкості ходу до 9 вузлів (відповідно до цієї потужності). При цьому гарантовано буде забезпечена нормальна робота СЕУ судна в полярних водах на номінальному режимі, якщо параметри теплообмінників при цьому знижувати, перепускаючи частину ТВК повз них. Аналогічно буде забезпечена робота СЕУ при 100 % потужності ГД для умов перебування в холодних водах, і буде забезпечено менше зниження потужності ГД, якщо перебування буде в теплих водах, за умов проектування судна для більшої частки від номінальної потужності ГД.

Таким чином, системи охолодження лінійних суден, спроектовані для умов перебування в теплих водах, явно мають надмірну суму мас серцевини теплообмінників (і надлишкові габарити) за умов перебування в холодних водах. Якщо судно перебуває весь час у холодних водах або заходить у теплі короткочасно, то проектувати систему охолодження, як це в основному прийнято зараз, на умови перебування в теплих водах, проблемно. Точні рекомендації можна отримати для конкретних суден, маючи всі дані про їхні райони плавання та параметри теплоносіїв у цих районах для всіх пор року.

Література:

1. Stanivuk T., Lalić B., Mikuličić J. Ž., Šundov M. Simulation modelling of marine diesel engine cooling system. *Transactions on Maritime Science*. 2021;10(1):112–125.
2. Guojin C., Miaofen Z., Zhongmin L., Tingting L., Shaohui S., Yijiang C. Study on Air Intake and Cooling System for Marine Diesel Engine. *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*. 2014; 12(2):998–1004.
3. Moshentsev, Y., Gogorenko, O., Dvirna, O. (2022). Possibilities for Improving the Cooling Systems of IC Engines of Marine Power Plants. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 16(3), 183-192. doi:10.12913/22998624/149658
4. Maersk Kiera. *Machinery Operating Manual*. Worldwide Marine Technology Limited; 2011.
5. <http://blitzpro.zeddmalam.com/application/index/signin>
6. Мошенцев Ю. Л. Системы охлаждения и теплообменные аппараты двигателей внутреннего сгорания : Учебное пособие / Ю. Л. Мошенцев, А. А. Гогоренко, Д. С. Минчев. – Николаев: издатель Торубара В. В., 2020. – 234 с.

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

Гогоренко О. А., Наливайко В. С., Авдюнін Р. Ю. 90-річна історія кафедри «двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації» і 50 років її Херсонської філії	3
---	---

НАПРЯМ №1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ДВИГУНОБУДУВАННЯ

Погорлецький Д. С., Кожедубов О. С. Покращення сепарації палива за рахунок контролю витрати та подачі палива до сепаратору	8
Грич А. В., Остапенко О. В. Аналіз впливу ступеневого кондиціювання повітря на ефективність газових двигунів автономної теплоелектростанції	10
Грицук І. В., Поліщук О. В. До питання підвищення технічної готовності судових енергетичних установок на основі двигунів внутрішнього згоряння удосконаленням методів керування системою технічного обслуговування	12
Чередніченко О. К., Басов О. Ю. Проблема визначення раціональної межі застосування термохімічної регенерації теплоти в енергетичних комплексах різного цільового призначення	14
Доценко С. М., Ченчик Д. О., Чебаненко В. О. Альтернативні палива для дизельних двигунів з відновлювальних джерел енергії	16
Грицук О. В., Парамонов М. А. Усвідомлений вибір основних конструктивних і регульованих параметрів вітчизняного дизеля для вантажно-пасажирських автомобілів, мінівенів і мікроавтобусів	18
Побережець О. О., Пузир Р. В., Грабовенко О. І. Передумови використання генераторного газу в якості альтернативного палива в ДВЗ	22
Побережець Ю. О., Роман О. А., Грабовенко О. І. Перспективи отримання в Україні біогазу із відходів органічного походження	24
Мошенцев Ю. Л., Гогоренко О. А. Особливості проектування систем охолодження лінійних суден	27
Проскурін А. Ю., Тимошевський Б. Г., Мілінг А. С., Химорода І. І., Андрущенко А. М. Перспективи використання альтернативних палив у судових двигунах	31
Грич А. В., Остапенко О. В. Система двоступеневого охолодження повітря машинного відділення автономної теплоелектростанції на базі газових двигунів	34
Проскурін А. Ю., Ковальов В. А. Аналіз способів подачі води у циліндри сучасних ДВЗ	36
Бельдіян Д. І., Шаповалов Ю. О., Семенов М. М. Аналіз дослідження впливу наночастинок в низькотемпературних акумуляторах теплоти	38
Харевський В. В., Ремінний А. О., Грабовенко О. І., Урсуленко І. О. Використання стендової установки з дизелем 1С 7,8/6,2 (Кентавр-300) для проведення лабораторних та науково-дослідних робіт	42
Васюков Е. П., Семенов М. М., Шаповалов Ю. О. Аналіз показників ефективності встановлення ДВЗ для нафтовидобувного підприємства	45
Глушков В. Є. Аналіз впливу введення стандарту Євро-7 на виробництво автомобільних двигунів внутрішнього згоряння	47
Козлов А. Є. Деякі питання паливopідготовки на судні	49
Кубінський В. В. Хімічна обробка палива на судні	50
Снісар О. О. Підвищення ефективності паливopідготовки за рахунок гомогенізації	52
Булаш І. Л., Борисов А. В. Уточнення розрахункових залежностей для аналізу ефективності дизельних енергетичних установок танкерів-продуктовозів	53
Тимошевський Б. Г., Ткач М. Р. Ефективність когенерації на базі малообертових двигунів внутрішнього згоряння	55