

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ
МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ

ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ

XVI Міжнародна науково-технічна конференція

МАТЕРІАЛИ

25–26 вересня 2025 рік

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9*



ВИДАВНИЦТВО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА

2025

ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ
МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ

ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Міністерство освіти і науки України; Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України; ДП «Адміністрація морських портів» (Україна); ДП «Адміністрація річкових портів» (Україна); ДП «Дослідно-проектний центр кораблебудування» (Україна); Південний науковий центр НАН України і МОН України (Україна); Головне управління Державної служби з надзвичайних ситуацій України у Миколаївській області (Україна); Національний університет «Одеська національна академія» (Україна); Одеський національний морський університет (Україна); Черкаський державний технологічний університет (Україна); Національний авіаційний університет (Україна); Компанія «АМІКО ГРУПП» (Україна); Морське інженерне бюро (Україна); АТ «Завод «Екватор» (Україна); Асоціація ветеранів Військово-морських сил України (Україна); Харбінський інженерний університет (КНР); Університет науки і технологій Цзянсу (КНР); Таджикиський технічний університет ім. академіка М.С. Осими (Таджикістан); Кошалінський технічний університет (Польща); Гданьський технологічний університет (Польща); Празький університет хімії і технології (Чеська республіка); Батумський навчально-навігаційний університет (Грузія); ДУ «Національний антарктичний науковий центр».

ІНФОРМАЦІЙНІ ПАРТНЕРИ

ТОВ «Видавничий дім «Гельветика»; науковий журнал «Shipbuilding & marine infrastructure»; журнал «Судноплавство»

Відповідальний за випуск
Павлов Геннадій Вікторович

*Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність наведених даних та посилань.
Матеріали публікуються в авторській редакції*

Інновації в суднобудуванні та океанотехніці : XVI Міжнародна науково-технічна
I-66 конференція : матеріали. – Миколаїв : НУК, 2025. – 1256 с.

ISBN 978-966-321-487-0

У збірнику наведені матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». Збірник становить інтерес для наукових працівників, викладачів, інженерів та студентів.

УДК 001.895:629.5

ISBN 978-966-321-487-0

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2025

[4] Jeon T., Lee Y. Energy saving in ship central cooling systems: IMC-tuned PID with feedforward control. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2025, vol. 13(3), 510.

[5] Kocak G. Durmusoglu Y. Energy efficiency analysis of a ship's central cooling system using variable speed pump. *Journal of Marine Engineering & Technology*. 2017, vol. 17(1), pp. 43-51.

[6] Młynarczak A. Box coolers as an alternative to existing cooling systems. *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin*. 2013, vol. 36, no. 108, pp. 131-136.

ВИКОРИСТАННЯ БОКС-КУЛЕРІВ В ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ОХОЛОДЖЕННЯ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Патлайчук В. М., Козирко О. А.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв, Україна.

Анотація. Розглянуті особливості використання теплообмінних апаратів типу «бокс-кулер» в централізованих двоконтурних системах охолодження суднових енергетичних установок. Проаналізовані переваги та недоліки їхнього використання.

Ключові слова: суднова енергетика; теплообмінник; бокс-кулер; система охолодження; теплове навантаження.

УДК 621.4

ОЦІНКА ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЦЕНТРАЛІЗОВАНУ СИСТЕМУ ОХОЛОДЖЕННЯ СУДНА ВІД ГАЗОТУРБІННИХ АГРЕГАТІВ ПРОСТОГО ЦИКЛУ

Патлайчук В.М.

кандидат технічних наук,

завідувач кафедри турбін

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

volodymyr.patlaichuk@nuos.edu.ua

Козирко О.А.

аспірант кафедри турбін

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

oleh.kozyrko@nuos.edu.ua

Анотація. Виконана оцінка теплового навантаження на централізовану систему охолодження судна від пропульсивних газотурбінних двигунів простого термодинамічного циклу і обслуговуючих їх систем. Проаналізована можливість використання для охолодження даних двигунів теплообмінних апаратів типу «бокс-кулер».

Ключові слова: суднова енергетика; теплообмінник; бокс-кулер; система охолодження; теплове навантаження.

В останні роки теплообмінні апарати типу «бокс-кулер» отримали певне розповсюдження у складі енергетичних установок малих та середніх суден, включаючи, наприклад, буксири, баржі, рибальські човни, судна-носії, земснаряди, судна постачання, пороми, криголами, вантажні судна, танкери та рефрижератори.

Проте на даний момент використання таких теплообмінників зосереджене виключно у складі дизельних енергетичних установок, де вони знаходять застосування, головним чином, в системах охолодження головних двигунів, а також для охолодження наддувного повітря та масла систем змащування головних двигунів та редукторів. Питання, пов'язані з використанням бокс-кулерів в системах охолодження елементів судових газотурбінних установок, на даний момент залишаються невирішеними.

Не ставлячи собі за мету зробити повний аналіз потоків енергії централізованої системи охолодження судна, яке використовує у ролі пропульсивної установки газотурбінні агрегати, проведемо оцінку можливого теплового навантаження на теплообмінники «бокс-кулер» з боку безпосередньо газотурбінних двигунів простого термодинамічного циклу і обслуговуючих їх систем.

Теплове навантаження на централізовану систему охолодження в даному випадку надходить, головним чином, лише від масла систем змащення газотурбінного двигуна та його редуктора.

Система змащення газотурбінного двигуна за рахунок охолодження підтримує нормальну температуру його підшипників та зубчастих передач навішених на нього механізмів.

За даними [1], внаслідок тертя у вказаних елементах в теплову енергію перетворюється приблизно 0,5–1,0 % механічної енергії обертання ротора газотурбінного двигуна. Відповідно механічний ККД турбомашин η_m становить для даного випадку приблизно 0,990–0,995.

Для зниження частоти обертання вихідного валу до складу судових газотурбінних агрегатів традиційно вводять окрім двигуна також і редуктор. Система змащення редуктора підтримує нормальну температуру його зубчастих коліс та шестерен, а також зменшує їх зношення та втрати на тертя.

В судових газотурбінних агрегатах використовують, як правило, багатоступінчасті редуктори, які часто мають у своєму складі, як переборні, так і планетарні ступені. За даними [1], втрати механічної енергії обертання в редукторах через тертя становлять приблизно 2–4 %. Більші значення характерні для газотурбінних агрегатів меншої потужності. Відповідно механічний ККД редуктора η_p приблизно дорівнює 0,96–0,98.

Тепловий потік, який треба відвести у забортну воду за допомогою теплообмінника «бокс-кулер» від систем змащення двигуна та редуктора, можна в першому наближенні оцінити через зазначені втрати механічної енергії.

Оцінимо значення відводимого від масла систем змащення тепла для конкретних конструкцій газотурбінних двигунів, які зараз серійно виготовляються для морського флоту [2; 3]. Результати розрахунків зведено до табл. 1.

Доцільно порівняти отримані цифри з тепловим навантаженням $Q_{охл}$ на охолоджувач типу «бокс-кулер» від судових головних дизельних двигунів аналогічної потужності.

В ролі зразка для порівняння обираємо малооборотні дизельні двигуни, характерними рисами яких є питома витрата палива $g_e^{мод} = 0,160–0,170$ кг/(кВт·год), використання палива з

нижньою теплотворною здатністю $Q_H^p = 42700$ кДж/кг та сумарна частка теплового балансу 22–25 %, яка відводиться системою охолодження (втрати з охолодженням кожуха двигуна, наддувного повітря та масла системи змащення) [4]. Результати порівняння наведені на рис. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків відводимого від систем змащення тепла

Марка двигуна	Потужність на вихідному валу $N_e^{ГТА}$, кВт	Міра підвищення тиску π_k	Витрата повітря G_k , кг/с	Тепло від систем змащення $Q_m + Q_p$, кВт
Двигуни «GE Aerospace» (США)				
LM500	4570	14,4	16,4	146–292
LM2500	25060	19,3	69,4	782–1566
LM2500+	30200	22,2	85,7	960–1924
LM6000PC	46123	28,5	130	1503–3012
Двигуни «Rolls-Royce Holdings plc» (Велика Британія)				
MT7	3900	10,1	15,6	122–244
MT30	36000	24,0	113	1181–2366
Двигуни АТ «НВКГ «Зоря»-«Машпроект» (Україна)				
UGT3000	3360	13,5	16,6	115–230
UGT6000	6700	16,6	31,0	232–464
UGT15000	17600	19,6	73,0	604–1211
UGT25000	28700	23,6	93,0	947–1897

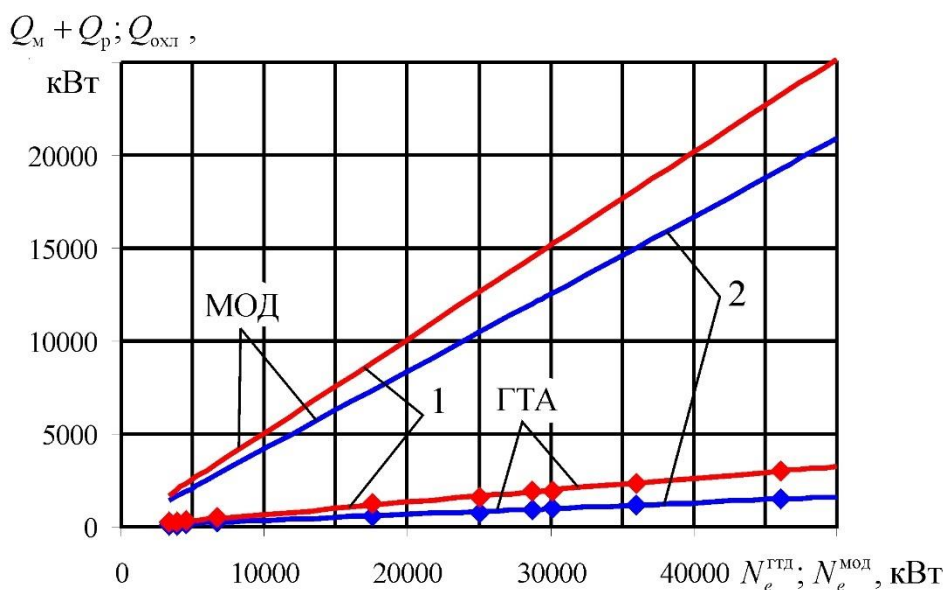


Рисунок 1 – Залежність тепла, відводимого забортною водою, від потужності двигуна:
МОД – малооборотний дизельний двигун; ГТА – газотурбінний агрегат простого циклу;
1 – максимальне значення параметра; 2 – мінімальне значення параметра

Результати порівняльного аналізу свідчать про те, що теплове навантаження на бокс-кулер при використанні його для відведення тепла від газотурбінних агрегатів простого циклу буде приблизно в 7,5–12,5 разів меншим, ніж при його використанні для охолодження малооборотних дизельних двигунів аналогічної потужності.

Згідно з даними [5; 6], теплообмінники «бокс-кулер», які зараз серійно виготовляють для суднових потреб, можуть бути застосовані для охолодження дизельних двигунів потужністю

до 30 МВт. Максимальне значення цього параметра пояснюється габаритними обмеженнями простору кінгстонних ящиків, в яких розміщуються бокс-кулери.

На основі результатів порівняльного аналізу можна зробити висновок про те, що серійно виготовляемі конструкції бокс-кулерів при стандартних розмірах кінгстонних ящиків потенційно можуть бути застосовані для відведення тепла від газотурбінних агрегатів простого циклу потужністю до 225–375 МВт, що більш ніж перекриває можливий діапазон використання цих агрегатів в судновій енергетиці.

Література

- [1] Романовський Г. Ф., Ващилєнко М. В., Сєрбін С. І. Теоретичні основи проєктування суднових газотурбінних агрегатів. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 304 с.
- [2] Patlaichuk V., Vashchenko M. Design of gas turbine units. Миколаїв: НУК, 2020. 88 с.
- [3] Liu K., Chen D., Serbin S., Patlaichuk V. Gas Turbines Structural Properties, Operation Principles and Design Features. Shanghai: Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2023. 256 p.
- [4] Горбов В. М. Енциклопедія суднової енергетики. Миколаїв: НУК, 2010. 622 с.
- [5] Aijjou A., Bahatti L., Raihani A. Enhanced ship energy efficiency by using marine box coolers. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. 2018, vol. 3, no. 6, pp. 83-88.
- [6] Mlynarczyk A. Box coolers as an alternative to existing cooling systems. *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin*. 2013, vol. 36, no. 108, pp. 131-136.

ESTIMATION OF THE THERMAL LOAD ON THE CENTRAL COOLING SYSTEM OF A SHIP FROM SIMPLE CYCLE GAS TURBINE UNITS

Patlaichuk V. M., Kozyrko O. A.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine.

Abstract. The thermal load on the central cooling system of the ship from the propulsive gas turbine engines of a simple thermodynamic cycle and their servicing systems was assessed. The possibility of using heat exchangers of the “box cooler” type for cooling these engines was analyzed.

Key words: marine power generation; heat exchanger; box cooler; cooling system; thermal load.