



ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ



ІНФОРМАЦІЙНІ ПАРТНЕРИ



**SHIPBUILDING
& MARINE INFRASTRUCTURE**
СУДОБУДОВАННЯ І МОРСЬКА ІНФРАСТРУКТУРА



СУДОХОДСТВО
SHIPPING

Науково-дослідна частина
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова

Просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025
Тел.: (0512) 70-91-04; <http://conference.nuos.edu.ua>
e-mail: conference@nuos.edu.ua

ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ
ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ
МАТЕРІАЛИ XV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

2024



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ
ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ

МАТЕРІАЛИ

XV МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

26-27 вересня 2024 року



Миколаїв ■ 2024

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

XV Міжнародна науково-технічна конференція

МАТЕРІАЛИ

26–27 вересня 2024 рік

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



ВИДАВНИЦТВО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА

2024

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, ректор (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 : XV Міжнародна науково-технічна
I-66 конференція : матеріали. – Миколаїв : НУК, 2024. – 1032 с.

ISBN 978-966-321-473-3

У збірнику наведені матеріали XV 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 978-966-321-473-3

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2024

СЕКЦІЯ № 3. ЕФЕКТИВНІСТЬ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ТА СИСТЕМ

УДК 621.45.034

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДОПАЛЮВАЧА ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ДЛЯ СУДНОВОЇ СИСТЕМИ SOFC-GT

Сербін С. І.

*доктор технічних наук, професор кафедри турбін
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна
serhiy.serbin@nuos.edu.ua*

Ващилєнко М. В.

*кандидат технічних наук, доцент кафедри турбін
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна
nnuy5te@gmail.com*

Патлайчук О. В.

*аспірант кафедри турбін
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна
alexpatlaichuk@gmail.com*

Анотація. Запропоновано конструкцію допалювача відхідних газів ежекторного типу для роботи у складі суднової гібридної системи, що містить твердооксидні паливні елементи і газову турбіну. Проаналізовані можливості його подальшого математичного моделювання з урахуванням низької теплотворної здатності відхідних газів і високим вмістом водяної пари.

Ключові слова: твердооксидний паливний елемент; газова турбіна; суднова енергетика; гібридна система; допалювач відхідних газів.

Процес електрохімічної взаємодії компонентів в твердооксидних паливних елементах (SOFC) характеризується неповнотою використання підводимого до них палива. За різними оцінками, приблизно 15–25 % цього палива не встигає вступити в реакцію і з відхідними газами від анодної частини SOFC покидає установку.

На підставі цього, можливим напрямком підвищення ефективності суднових гібридних енергетичних систем, що містить твердооксидні паливні елементи і газову турбіну (SOFC-GT), є використання допалювача газів, які виходять зі стеку паливних елементів. Даний допалювач розташований безпосередньо за стеком і служить для організації спалювання залишків горючих компонентів (водень, чадний газ) на виході з анодної частини SOFC.

В роботах [1–3] запропонована складна схема газотурбінної частини системи SOFC-GT, яка працює з перерозширенням і в якій реалізується цикл з впорскуванням водяної пари в допалювач. Особливістю роботи допалювача в такій системі є потреба в організації стійкого горіння відхідних газів твердооксидного паливного елемента в умовах не тільки низької теплотворної здатності цих газів, але й додаткового впорскування водяної пари, що збільшує вірогідність погасання полум'я без додаткових засобів інтенсифікації процесів перемішування і згоряння.

Слід зазначити, що звичайні серійні камери згоряння газотурбінних двигунів не можуть бути використані безпосередньо в таких системах без їх модифікування, як через низьку теплотворну здатність анодних газів та додавання пари, так і через використання в них у ролі окислювача відхідного з катодної частини SOFC повітря, яке має менший вміст кисню порівняно з атмосферним повітрям.

Таким чином, допалювач відхідних газів потрібно спеціально конструювати (модифікувати) для використання у складі системи SOFC-GT. Ще одним фактором, який треба враховувати, є необхідність стабільної роботи допалювача в широкому діапазоні навантажень з низькими викидами токсичних компонентів.

Для дослідження пропонується конструкція допалювача відхідних газів ежекторного типу [4], схема якого представлена на рис. 1. Окислювач (відхідні гази з катодної частини SOFC) через чотири входні патрубки 1 надходить у ресивер 2, де розділяється на чотири потоки. Перший потік надходить в ежектор 3 через три канали 4. Відхідні анодні гази після твердооксидного паливного елемента проходять через патрубок 5, частково перемішуються з окислювачем першого потоку в змішувачі 6 і далі надходять у жарову трубу 7.

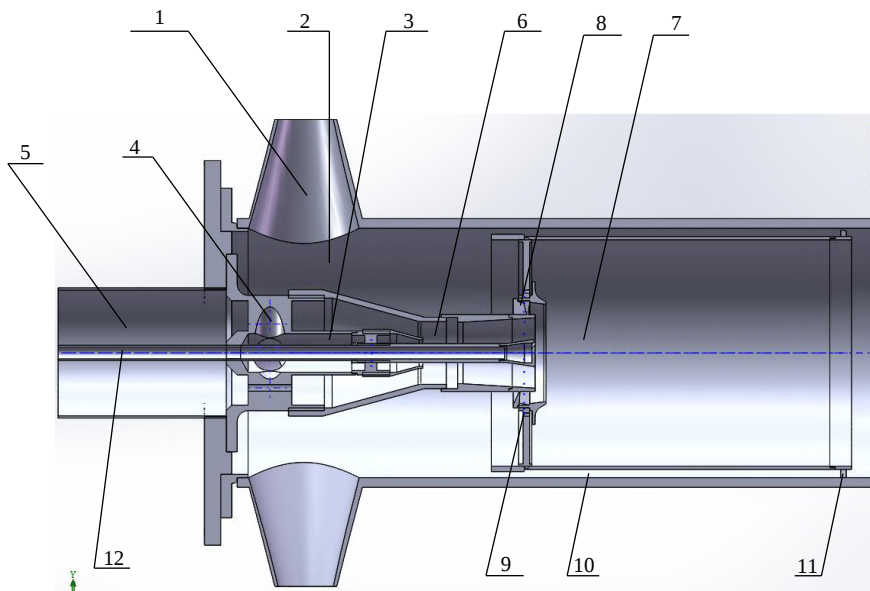


Рис. 1. Конструкція допалювача відхідних газів SOFC:

1 – входні патрубки; 2 – ресивер; 3 – ежектор; 4 – канал подачі окислювача в ежектор;
5 – патрубок підведення відхідних газів від паливного елемента; 6 – змішувач; 7 – жарова труба; 8 – завихрювач; 9 – отвори подачі окислювача; 10 – щілина для охолодження жарової труби; 11 – завихрювач; 12 – канал підведення додаткового палива (при потребі)

Другий потік окислювача подається в завихрювач 8, закручується і надходить в жарову трубу 7, утворюючи вихрову зону горіння. Третій потік окислювача поступає в жарову трубу через ряд отворів 9. Четвертий потік окислювача підводиться в канал 10 для охолодження стінки жарової труби, і далі після завихрювача 11 переміщується з продуктами згоряння для досягнення необхідної температури на виході з допалювача. Через канал 12 для підтримки стабільності процесів горіння в зону горіння по осі камери може подаватися природний газ.

Запропонована авторами конструкція допалювача відхідних газів для гібридної суднової системи SOFC-GT є основою для подальшого його математичного моделювання, дослідження та оптимізації параметрів.

Для теоретичного дослідження цієї конструкції важливе значення матиме використання тривимірного CFD-аналізу робочих процесів, які проходять у ньому. При розробці моделі хімічно реагуючих турбулентних течій в допалювачі слід враховувати, що вона повинна містити серію підмоделей для найважливіших фізико-хімічних процесів, таких як утворення горючої суміші, турбулентне перенесення компонентів і їх горіння в присутності великої кількості водяної пари.

Розробка математичної моделі допалювача відхідних газів твердооксидних паливних елементів має виконуватися на основі розв'язування системи рівнянь, що описує конвективний і дифузійний перенос концентрацій для кожного з компонентів реагуючої суміші.

Література

- [1] Serbin S., Washchilenko N., Cherednichenko O., Burunsuz K. Energy System with Solid Oxide Fuel Cells and Steam-Injected Gas Turbine. *IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*. 2023. P. 1–5.
- [2] Chen D., Serbin S., Washchilenko N., Burunsuz K. Parameter evaluation for a hybrid marine system combining solid oxide fuel cells and overexpanded steam-injected gas turbine. *International Journal of Thermofluids*. 2024. Vol. 21. 100565.
- [3] Ващилєнко М.В., Сєрбін С.І., Патлайчук О.В. Суднова гібридна енергетична система з твердооксидними паливними елементами та газовою турбіною. *Shipbuilding and marine infrastructure*. 2023. № 1 (17). С. 13–21.
- [4] Matveev I.B., Serbin S.I., Vilkul V.V., Goncharova N.A. Synthesis Gas Afterburner Based on an Injector Type Plasma-Assisted Combustion System. *IEEE Trans. Plasma Sci.* 2015. Vol. 43. No. 12. P. 3974–3978.

DESIGNING OF THE OFF-GAS BURNER FOR THE SOFC-GT MARINE SYSTEM

Serbin S., Washchilenko N., Patlaichuk O.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine

Abstract. The design of an ejector-type off-gas burner for operation as part of a marine hybrid system containing solid oxide fuel elements and a gas turbine is proposed. The possibilities of its further mathematical modeling are analyzed, taking into account the low calorific value of waste gases and the high content of water vapor.

Keywords: solid oxide fuel cell; gas turbine; marine power engineering; hybrid system; off-gas burner.