



НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ КОНФЕРЕНЦІЇ

Національний університет кораблебудування

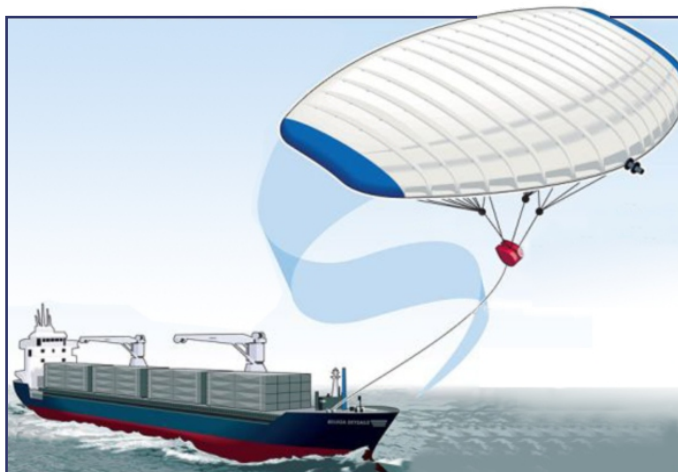
**СУДНОВА ЕНЕРГЕТИКА:
СТАН ТА ПРОБЛЕМИ**

МАТЕРІАЛИ

**ХІ МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**присвяченої пам'яті професора
Горбова Віктора Михайловича**

07–08 листопада 2023 р.



Миколаїв ■ 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
ДП «Дослідно-проектний центр кораблебудування»
Одеський національний морський університет
Херсонська державна морська академія
ДП Науково-Виробничий Комплекс Газотурбобудування
«Зоря»-«Машпроект»
Kielce University of Technology (Poland)
Jiangsu University of Science and Technology (China)
Batumi Navigation Teaching University (Georgia)
Bureau Veritas (Marine & Offshore) (Canada)

СУДНОВА ЕНЕРГЕТИКА: СТАН ТА ПРОБЛЕМИ

XI Міжнародна науково-технічна конференція
присвячується пам'яті професора Горбова Віктора Михайловича

07-08 листопада 2023 року

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, вул. Героїв України, 9
Машинобудівний навчально-науковий інститут
вул. Кузнецька, 5*

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Миколаїв
Видавець Торубара В.В.
2023

УДК 62-8
С89

ОРГАНІЗАТОРИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
ДП «Дослідно-проектний центр кораблебудування»
Одеський національний морський університет
Херсонська державна морська академія
ДП Науково-Виробничий Комплекс Газотурбобудування
«Зоря»-«Машпроект»
Kielce University of Technology (Poland)
Jiangsu University of Science and Technology (China)
Batumi Navigation Teaching University (Georgia)
Bureau Veritas (Marine & Offshore) (Canada)

*Матеріали публікуються за оригіналами, які представлені авторами.
Претензії щодо змісту та якості матеріалів не приймаються.*

Відповідальний за випуск:
Личко Богдан Михайлович

С89 Суднова енергетика: стан та проблеми : Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції. — Миколаїв : Видавець Торубара В.В., 2023. — 240 с.

ISBN 978-617-8355-03-6

У збірнику наведенні матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Суднова енергетика: стан та проблеми». Збірник становить інтерес для наукових працівників, викладачів, інженерів та студентів.

© Національний університет
кораблебудування, 2023

ISBN 978-617-8355-03-6

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine

Abstract. To create a hybrid power plant based on solid oxide fuel cells in a complex with a gas turbine unit, two variants of the thermal scheme are proposed. The initial parameters for the calculation were defined, their thermodynamic calculation and comparative analysis was carried out.

Keywords: solid oxide fuel cells; gas turbine unit; compressor; recuperator; heater; turbine.

УДК 621.45.034

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІДВИЩЕННЯ ТИСКУ В КОМПРЕСОРІ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ТИПУ SOFC-GT

Ващиленко 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. Проведене дослідження впливу міри підвищення тиску повітря в компресорі на ефективність комбінованої енергетичної установки на основі твердооксидних паливних елементів, поєднаних з газотурбінним агрегатом. Визначені параметри, за яких досягаються максимальна ефективність та потужність такої установки.

Ключові слова: твердооксидні паливні елементи; газотурбінний агрегат; компресор; регенератор; підігрівач; турбіна.

Доцільність дослідження впливу підвищення тиску повітря в компресорі на ефективність комбінованої енергетичної установки типу SOFC-GT (твердооксидні паливні елементи в комплексі з газотурбінним агрегатом) пояснюється двома факторами:

1) неоднозначним впливом цього параметру на ефективність газотурбінного агрегату [1];

2) впливом тиску реагентів на воднево-кисневу електрохімічну реакцію і, відповідно, на ефективність перетворення енергії в твердооксидних паливних елементах [2].

Дослідження впливу тиску повітря проводилось для теплової схеми енергетичної установки, зображеної на рис. 1. Значення тиску повітря перед стеком паливних елементів варіювалося від 0,2 до 0,5 МПа.

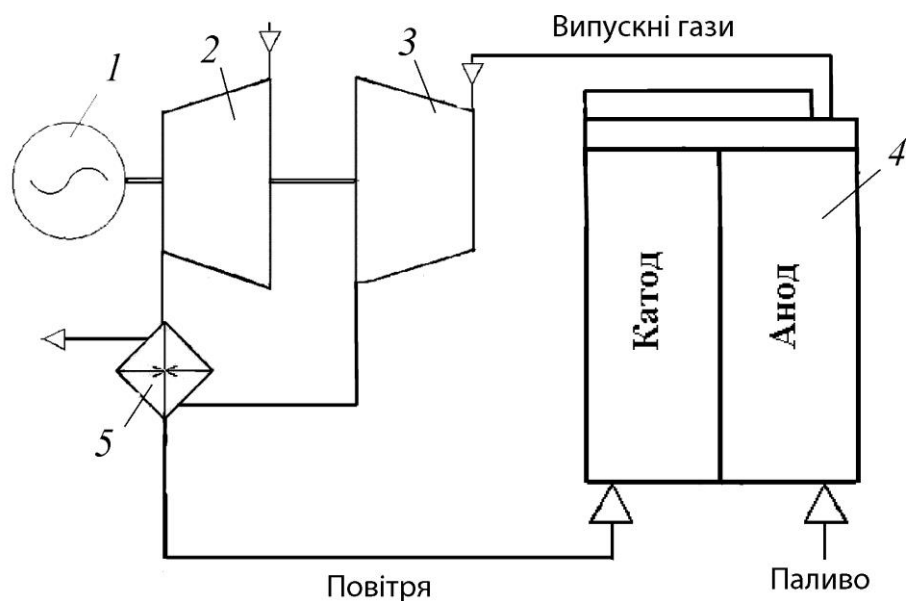


Рис. 1. Схема енергетичної установки типу SOFC-GT:

1 – електрогенератор; 2 – компресор; 3 – турбіна; 4 – стек твердооксидних паливних елементів; 5 – регенератор

У ролі початкових параметрів для розрахунку обирались параметри, які були отримані компанією Siemens–Westinghouse при проведенні експериментальних досліджень зразка стеку твердооксидних паливних елементів (табл. 1) [2; 3; 4]. Ці параметри (крім тиску повітря) в процесі дослідження підтримувалися незмінними.

Виходячи із заданої електричної потужності 2000 кВт, вважаємо, що досліджуєма енергетична установка SOFC-GT складається із 10 стеку твердооксидних паливних елементів, аналогічних стеку компанії Siemens-Westinghouse, та спільного для них газотурбінного агрегату.

Таблиця 1. Параметри стеку паливних елементів Siemens-Westinghouse

Параметр	Значення
Електрична потужність стеку, кВт	161,5
ККД стеку, %	46,27
Напруга однієї комірки стеку, В	0,610
Сила струму однієї комірки стеку, А	267
Тиск повітря на вході у стек, МПа	0,291
Температура повітря на вході у стек, К	773
Витрата повітря на вході у стек, кг/с	0,495
Витрата палива (природний газ) на вході у стек, кг/с	0,007
Температура газів на виході зі стеку, К	1053

Зміна ефективності перетворення хімічної енергії палива в електричну в паливних елементах оцінювалась за допомогою графіка на рис. 2. На цьому рисунку наведені результати експериментальних досліджень твердооксидних паливних елементів типу AES, які компанія Siemens-Westinghouse розробила спільно з Ontario Hydro Technologies і які вона використовує в своїх енергетичних установках [2].

Результати параметричного аналізу ефективності та потужності стеку для різних значень тиску повітря на вході в паливні елементи зведені до табл. 2.

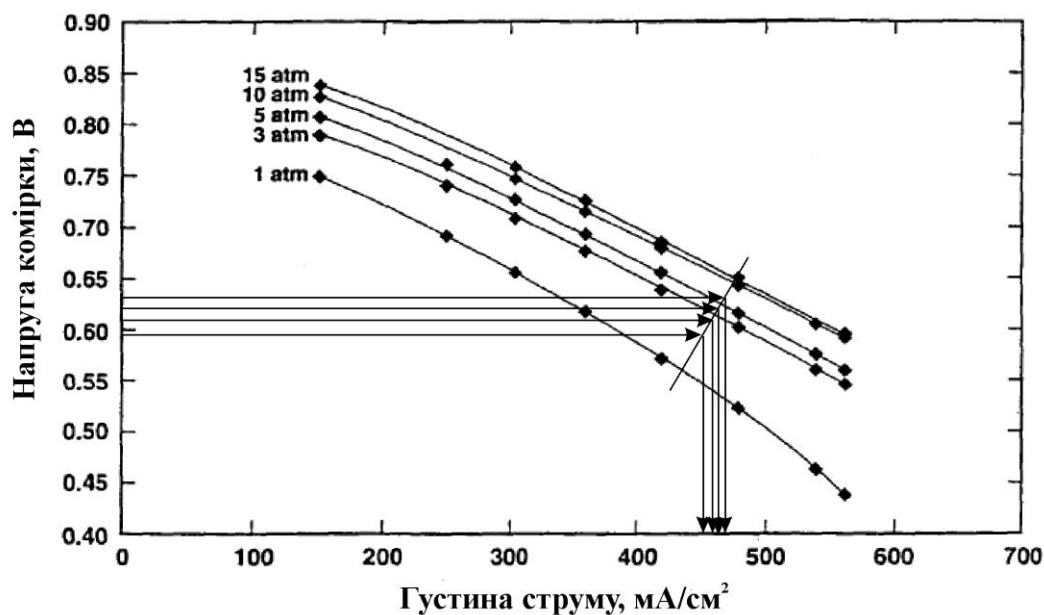


Рис. 2. Вплив тиску на продуктивність трубчастого паливного елемента типу AES

Таблиця 2. Потужність та ефективність стеку паливних елементів

Параметр	Тиск повітря на вході в стек, МПа				
	0,2	0,291	0,3	0,4	0,5
Напруга комірки U , В	0,590	0,610	0,611	0,620	0,628
Густина струму I , mA/cm^2	448	460	461	463	466
Електрична потужність одного стеку $N_{\text{ст}}$, кВт	152,1	161,5	162,1	165,2	168,4
Ефективність стека $\eta_{\text{ест}}$	0,4359	0,4627	0,4645	0,4734	0,4826

Основні результати розрахунку параметрів енергетичної установки при різних значеннях тиску повітря перед стеком наведені на рис. 3 та 4.



Рис. 3. Залежність ефективності установки SOFC-GT від тиску повітря на вході в стек

Результати розрахунків свідчать про те, що:

1) Збільшення тиску повітря перед стеком паливних елементів від 0,2 до 0,5 МПа веде до зростання ефективності воднево-кисневої електрохімічної реакції (від 43,6 до 48,3 %) й до пропорційного збільшення електричної потужності, генерованої стеком (від 152 до 168 кВт).

2) Залежність потужності газотурбінного агрегату від підвищення тиску повітря у компресорі має оптимум, що є взагалі характерним для газотурбінних установок. Максимальна потужність (460 кВт) досягається при тиску за компресором 0,315 МПа.

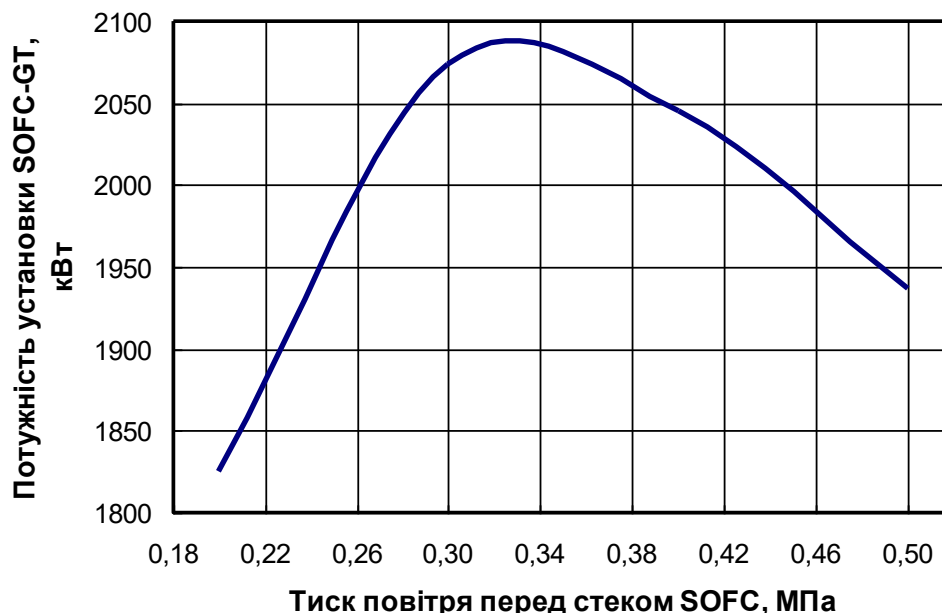


Рис. 4. Залежність потужності установки SOFC-GT від тиску повітря на вході в стек

3) Вплив параметрів газотурбінної частини обумовив наявність оптимуму й для залежності ККД та потужності всієї енергетичної установки SOFC-GT від підвищення тиску повітря у компресорі. Максимальний ККД (59,9%) та максимальна потужність (2090 кВт) досягається при тиску за компресором 0,325 МПа.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Романовський Г. Ф., Ващиленко М. В., Сербін С. І. Теоретичні основи проектування суднових газотурбінних агрегатів: навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 304 с.
- [2] Ferrari M., Damo U., Turan A., Sanchez D. Hybrid Systems Based on Solid Oxide Fuel Cells. Modelling and Design. JohnWiley & Sons Ltd. 2017. 334 p.
- [3] Serbin S., Washchilenko N., Cherednichenko O., Burunsuz K., Dzida M., Chen D. Application analysis of a hybrid solid oxide fuel cellgas turbine system for marine power plants. *Ships and Offshore Structures*. 2022. Vol. 17(4). P. 866-876.
- [4] National Fuel Cell Research Center. Hybrid Fuel Cell / Gas Turbine Systems. (2015) URL: http://www.nfrcr.uci.edu/PDF_Research_Summaries/HYBRIDfuelCELL_GASTurbineSystems-AnalysesHybridFuelCellGasTurbine Systems.pdf.

Study of the influence of pressure increase in the compressor on the efficiency of the SOFC-GT power plant

Washchilenko N., Patlaichuk O.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine

Abstract. A study of the influence of pressure increase in the compressor on the efficiency of a combined power plant based on solid oxide fuel cells combined with a gas turbine unit was carried out. The parameters that achieve the maximum efficiency and power of such plant are determined..

Keywords: solid oxide fuel cells; gas turbine unit; compressor; recuperator; heater; turbine.