



ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ



ІНФОРМАЦІЙНІ ПАРТНЕРИ



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 XVI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

2025



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ

МАТЕРІАЛИ

XVI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

25-26 вересня 2025 року



Миколаїв ■ 2025

- [4] Turyk V., Kochin V., Moroz V., Miliukov D. Development of an untraditional technique to control the structure of the output flow from a vortex chamber. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 6, No. 8 (120), 2022. P. 55–64.

AERODYNAMIC FEATURES OF END-TYPE VORTEX MIXING CHAMBERS

Viktor Babenko¹, Viktor Kochin¹, Volodymyr Moroz¹, Volodymyr Turyk²

¹Institute of Hydromechanics of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

Abstract. In thermoanemometric studies of the aerodynamics of a vortex chamber with a one-sided inlet of the working medium, the control effect on the profiles of the components of the time-averaged actual velocity and the relative intensity of the pulsations of the output flow velocity under the action of coherent vortex structures, generated by complex variations in the geometry of the placement of the tangential inlet flow nozzle relative to the chamber axis and the relative depth of dead end part was determined. The most rational combination of these parameters was established, which maximizes the efficiency of transfer processes in a swirling flow. The results can be applied in the development of methods for intensification of mass and heat transfer by low-cost methods of controlling the working process of vortex mixing chambers of ship power plants and systems.

Keywords: vortex chamber, thermal anemometry, velocity profiles, pulsation intensity, coherent vortex structures, mass and heat transfer.

УДК 621.438

ВИКОРИСТАННЯМ РЕАКТОРНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ З ВПОРСКУВАННЯМ ПАРИ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ВОДНІ

Сербін С.І.

д.т.н., професор кафедри турбін Національного університету кораблебудування

ім. адм. Макарова, м. Миколаїв, Україна

serhiy.serbin@nuos.edu.ua

Шмарков О.А.

аспірант Національного університету кораблебудування

ім. адм. Макарова, м. Миколаїв, Україна

shmarkov.oleksandr@gmail.com

Анотація. Отримання енергетичних та екологічних параметрів ГТД, які відповідатимуть світовим стандартами, на етапі проектування потребує проведення досліджень з використанням математичного моделювання у поєднанні з використанням сучасних CFD комплексів. Застосування реакторних моделей для симуляції роботи камери згоряння ГТД є ефективним методом отримання режимних характеристик камери згоряння для оптимізації її

роботи. В роботі було розроблено реакторну модель камери згоряння з впорскуванням пари та досліджено теоретично можливі екологічні параметри, які можна отримати при енергетичній ефективності не менше розрахункової.

Ключові слова: газотурбінний двигун; альтернативні палива; водень; гібридний цикл; утилізація теплоти; реакторне моделювання.

Основний матеріал

Багатообіцяючим напрямком розвитку, який відповідає світовим тенденціям досягнення нейтральних викидів токсичних компонентів, є впорскування водяної пари у камеру згоряння газотурбінного двигуна для зниження максимальних температур у зоні горіння, збільшення об'єму робочого тіла та застосування 100 % водню у якості палива для досягнення нульової емісії парникових газів, сірки та інших шкідливих з'єднань, котрі звичайно утворюються при спалюванні вуглеводневих видів палива. За даних обставин головним питанням стосовно екологічних параметрів камери згоряння, яка працює на водні, стає питання організації робочого процесу з метою повного розкриття енергетичного потенціалу водню за умов допустимих рівнів викидів токсичних компонентів, передусім оксидів азоту [1].

Опціонально можливим варіантом моделювання роботи камери згоряння є представлення камери згоряння як сукупності паралельно та послідовно розташованих реакторів, кожен з яких представляє собою ту чи іншу зону камери згоряння. Так, на рис. 1 представлена розроблена реакторна модель камери згоряння ГТД з впорскуванням водяної пари. Основними структурними одиницями (реакторами) виступають: реактори ідеального змішування (РІЗ) проточні реактори (ПР) та адіабатні змішувачі (АЗ) [2].

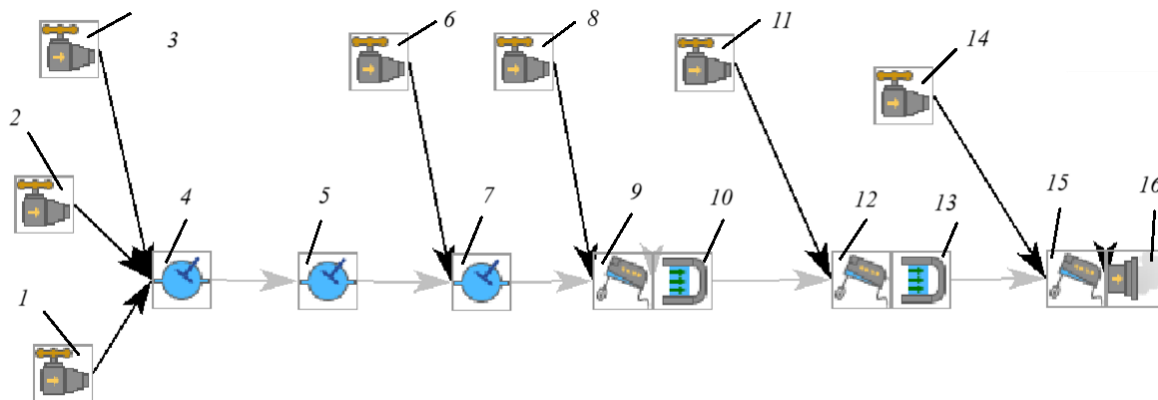


Рис. 1. Реакторна модель камери згоряння з впорскуванням водяної пари, що працює на водні: 1 – підведення водню; 2 – підведення повітря через завихрювач; 3 – підведення екологічної пари; 4 – РІЗ зони завихрювання; 5 – РІЗ зони зворотних течій; 6 – підведення повітря в зону основного горіння; 7 – РІЗ зони основного горіння; 8 – підведення енергетичної пари; 9 – АЗ; 10 – ПР зони підведення енергетичної пари; 11 – підведення повітря в зону розбавлення; 12 – АЗ; 13 – ПР зони розбавлення; 14 – підведення повітря для охолодження стінок камери згоряння; 15 – АЗ; 16 – вихід продуктів згоряння

Для проведення дослідження було обрано камеру згоряння ГТД потужністю 16 МВт типу «Водолій» зі ступінчастою подачею пари виробництва АТ НКВГ «Зоря»-«Машпроект» [3]. Параметри роботи камери обрано за результатами дослідження [4].

Оптимізаційні розрахунки проведено з використанням комплексу Ansys Chemkin [5]. У роботі досліджено вплив на емісію токсичних компонентів трьох параметрів: масової витрати повітря через лопатковий завихрювач, відношення витрат первинного та вторинного повітря при сталій їх сумарній витраті, відношення витрат екологічної та енергетичної пари при сталій їх сумарній витраті. Отримані дані для кожного варіанта представлено на рис. 2-4 у вигляді графіків залежності об'ємної концентрації оксидів азоту від досліджуваних параметрів. Моделювання процесів окислення проходило з використанням моделі окиснення водню, що налічує 19 елементарних зворотних реакцій [6].

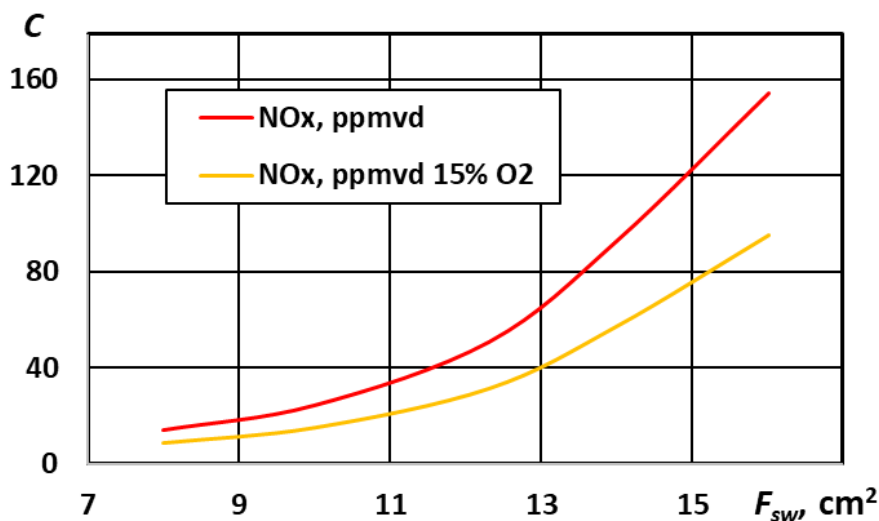


Рис. 2. Об'ємна концентрація оксидів азоту у перерахунку на суху суміш з 15 % вмістом кисню в залежності від площі проходного перерізу завихрювача

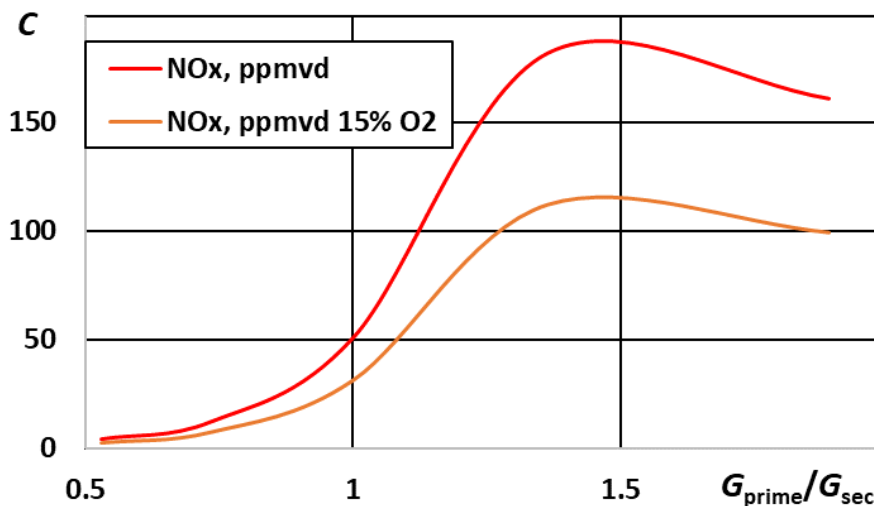


Рис. 3. Об'ємна концентрація оксидів азоту у перерахунку на суху суміш з 15 % вмістом кисню в залежності від відношення витрат первинного та вторинного повітря

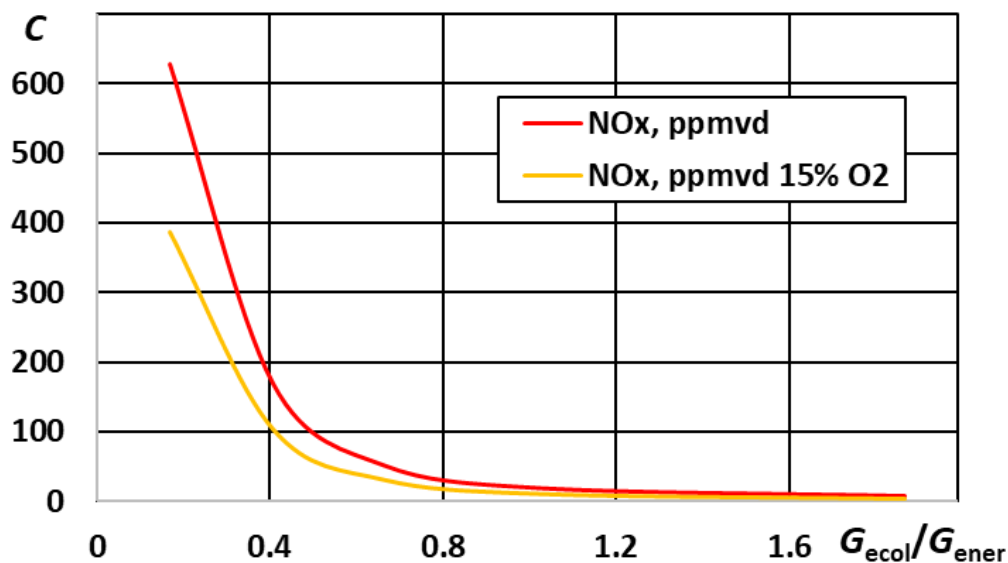


Рис. 4. Об'ємна концентрація оксидів азоту у перерахунку на суху суміш з 15 % вмістом кисню в залежності від відношення витрат екологічної та енергетичної пари

Аналіз отриманих даних показує, що варіювання кожного з досліджуваних параметрів може знижувати емісію оксидів азоту нижче за гранично встановлений міжнародними стандартами рівень у 25 ppmvd. Такий рівень при роботі камери згоряння досягається при: зменшенні площі прохідного перерізу завихрювача до значень нижче 10 см²; значеннях відношення $G_{prime}/G_{sec} < 1$ та значеннях $G_{ecol}/G_{ener} \geq 1$.

За підсумком, у межах роботи було розроблено реакторну модель камери згоряння з впорскуванням пари, що працює на водні, досліджено вплив різних параметрів на рівень емісії оксидів азоту та наведено розраховані значення досліджуваних параметрів, за яких емісія оксидів азоту відповідає міжнародно встановленим нормам на викиди токсичних компонентів.

Література

- [1] Shmarkov, O., Serbin, S., Korobko, V. (2025). Using Detailed Kinetic Schemes for CFD Calculations of Hydrogen-Fueled Gas Turbine Combustion Chamber Processes. In: Lytvynov, O., Pavlikov, V., Krytskyi, D. (eds) *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2024. ICTM 2024. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 1474. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-94852-7_17.
- [2] Zihao, W., Zhe, W. (2025). Towards foundation model for chemical reactor modeling: Meta-learning with physics-informed adaptation. *Chemical Engineering Research and Design*, Volume 218, pp. 839-853. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2025.05.015>.
- [3] Burunsuz, K.S., Kuklinovsky, V. V., Serbin, S. I. (2019). Investigations of the emission characteristics of a gas turbine combustor with water steam injection. *Refrigeration equipment and technology*, 55 (2), pp. 77-83. DOI: <https://doi.org/10.15673/ret.v55i2.1356>.
- [4] Serbin, S. I., Shmarkov, O.A. (2023). Characteristics of combustion chamber of hybrid gas-steam power plant operated on hydrogen fuel for FPSO vessel. *Shipbuilding & marine infrastructure*, №1 (17), pp. 22-30. DOI: [https://doi.org/10.15589/smi2022.1\(17\).03](https://doi.org/10.15589/smi2022.1(17).03).

[5] ANSYS Chemkin Tutorials Manual. (2023). URL: <https://www.scribd.com/document/629882624/Ansys-Chemkin-Pro-Tutorials-2023-R1>.

[6] M. O. Conaire, H. J. Curran, J. M. Simmie, W. J. Pitz, C. K. Westbrook. (2004). A Comprehensive Modeling Study of Hydrogen Oxidation. *International Journal of Chemical Kinetics*, vol. 36, issue 11, pp. 603-622. <https://doi.org/10.1002/kin.20036>.

THE APPLICATION OF REACTOR MODELS FOR PREDICTION ECOLOGICAL PARAMETERS OF HYDROGEN-FUELED GAS TURBINE COMBUSTION CHAMBER WITH STEAM INJECTION

Serbin S.I., Shmarkov O.A.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Abstract. Obtaining energy and environmental parameters of gas turbine engines that comply with international standards at the design stage requires research employing mathematical modelling combined with advanced CFD tools. The application of reactor models for simulating the operation of a gas turbine combustion chamber is an effective method for determining its performance characteristics and optimizing its operation. In this study, a reactor model of a combustion chamber with steam injection was developed, and the theoretically achievable environmental parameters were investigated, provided that the energy efficiency is not lower than the calculated baseline.

Key words: gas turbine engine; alternative fuels; hydrogen; hybrid cycle; heat recovery; reactor modeling.

УДК 629.5.064

ПОРІВНЯННЯ ДВОХ СХЕМНИХ РІШЕНЬ СУДНОВОЇ УСТАНОВКИ НА ОСНОВІ ОРГАНІЧНОГО ЦИКЛУ РЕНКІНА ДЛЯ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВОДИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНА WÄRTSILÄ 12V46F

Константинов О.І.

асп.

Хлісва О.Я.

д.т.н., проф.

Національний університет “Одеська морська академія”,

м. Одеса, Україна, khliuyev@ukr.net

Анотація. Проаналізована ефективність суднової установки на основі органічного циклу Ренкіна (робоче тіло R601), яка живиться теплою водою охолодження двигуна Wärtsilä 12V46F. Ефективність схеми з регенеративним теплообмінником вище на 7...10 %, ніж без нього в інтервалі розглянутих температур заборотної води 2...30 °C. Потужність установки по виробленій електроенергії змінюється від 280 до 500 кВт в залежності від умов роботи.

Ключові слова: рекуперація вторинної теплоти; органічний цикл Ренкіна; термодинамічний аналіз; енергоефективність; регенеративний теплообмінник; робоче тіло