



НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ КОНФЕРЕНЦІЇ

Національний університет кораблебудування

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ДВИГУНОБУДУВАННЯ

VII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

24–25 листопада 2022 р.

МАТЕРІАЛИ



Миколаїв ■ 2022

ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В ЯКОСТІ ПАЛИВА ДЛЯ ГТД КОНТАКТНОГО ТИПУ

Сербін С. І.

*д.т.н., професор кафедри турбін Національного університету кораблебудування імені
адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Шмарков О. А.

*аспірант Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Необхідність виконання вимог законодавчих актів міжнародних організацій, в тому числі Міжнародної морської організації (ІМО), щодо зниження впливу енергетики на навколишнє середовище визначає запит практики, спрямований на розробку та адаптацію енергоефективних технологій в стаціонарну та суднову енергетику шляхом комплексного впровадження новітніх установок, визначення діапазонів їх досяжних параметрів з розробкою науково обґрунтованих перспективних схемних рішень, які забезпечують підвищення ефективності використання паливних ресурсів, мінімізацію викидів CO₂ та інших шкідливих речовин в навколишнє середовище.

На початку 2020 р. Європейський Союз прийняв European Green Deal (Європейський зелений договір). Це стратегія, яка повинна зробити Європу кліматично нейтральною до 2050 року, це план досягнення практично нульового викиду парникових газів і нульового сумарного забруднення навколишнього середовища. В якості одного з ключових партнерів для реалізації цих планів розглядається Україна.

Концепція використання водню як палива в газотурбінних агрегатах, у тому числі газотурбінних агрегатах контактного типу, відповідає основним тенденціям розвитку сучасних енергетичних систем і є актуальною. Її слід вважати одним з перспективних напрямків підвищення ефективності декарбонізованих енергетичних модулів.

Перевагами використання водню у якості палива – є більш висока теплотворна здатність [1], що приводить до зниження витрати палива, та відсутні викиди оксидів карбону (з огляду на відсутність карбону C у структурі палива) [2].

Одним з можливих недоліків використання водню у якості основного палива для ГТД є потенційно можливі високі показники емісії NO_x, яка збільшується внаслідок збільшення максимальної температури горіння в порівнянні з іншими видами палива, такими, як наприклад, природний газ. Для зниження шкідливих викидів NO_x в первинну зону камери згоряння може впорскуватися водяна пара, яка знижує температуру горіння та покращує екологічні показники камери. Більш детальний вплив водяної пари на екологічні показники камери згоряння ГТД представлено в [3]. Найбільш раціонально водень може бути використано в газотурбінному агрегаті контактного типу [4, 5], де для поліпшення енергетичних і екологічних характеристик установки водяна пара, що впорскується в камеру згоряння, ділиться на дві частини – екологічну та енергетичну. Перша з них подається в головну частину жарової труби з метою зменшення температурного рівня і запобігання утворення оксидів азоту.

У рамках дослідження можливостей роботи камери згоряння дифузійного типу на чистому водні розроблено математичну модель робочого процесу, побудовано 3-D геометричну модель та проведено ряд числових експериментів за допомогою програмного обчислювального CFD комплексу Ansys Fluent. Отриманні результати свідчать про потенціал математичної моделі у прогнозуванні характеристик камери згоряння ГТД контактного типу з впорскуванням пари, яка працює на водні, у широких діапазонах робочих навантажень.

На рис. 1 та 2 представлено деякі результати розрахунків камери згоряння, що працює на чистому газоподібному водні. Початкові параметри робочого середовища (на одну жарову

трубу): витрата повітря 2,752 кг/с, його температура 769,3 К, витрата водню 0.03045 кг/с, його температура 300 К. Для всіх розрахунків витрата екологічної пари становила 0,205 кг/с, витрата енергетичної пари 0,25 кг/с при температурі пари 700 К, тиск в камері згоряння 2,383 МПа.

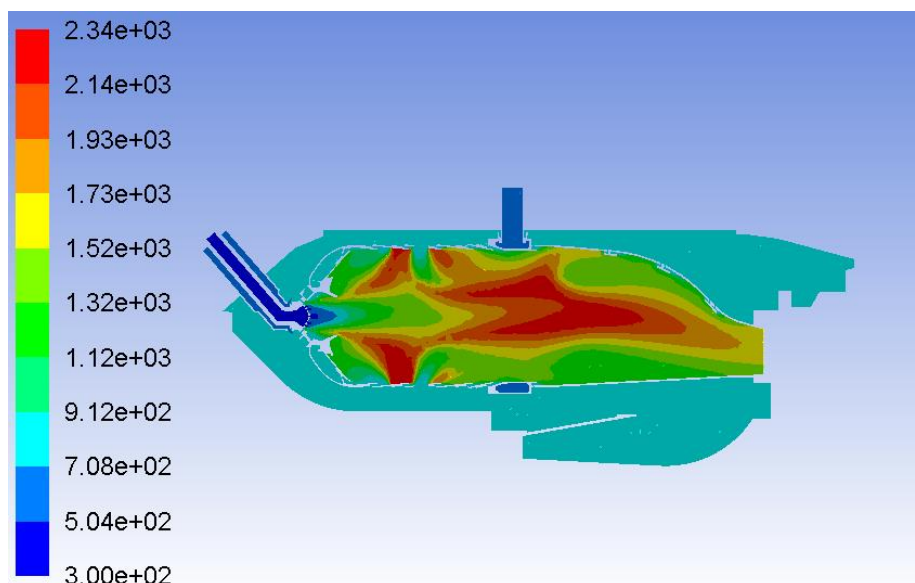


Рис. 1. Розподіл температур у повздовжньому перерізі камери згоряння, що працює на чистому водні

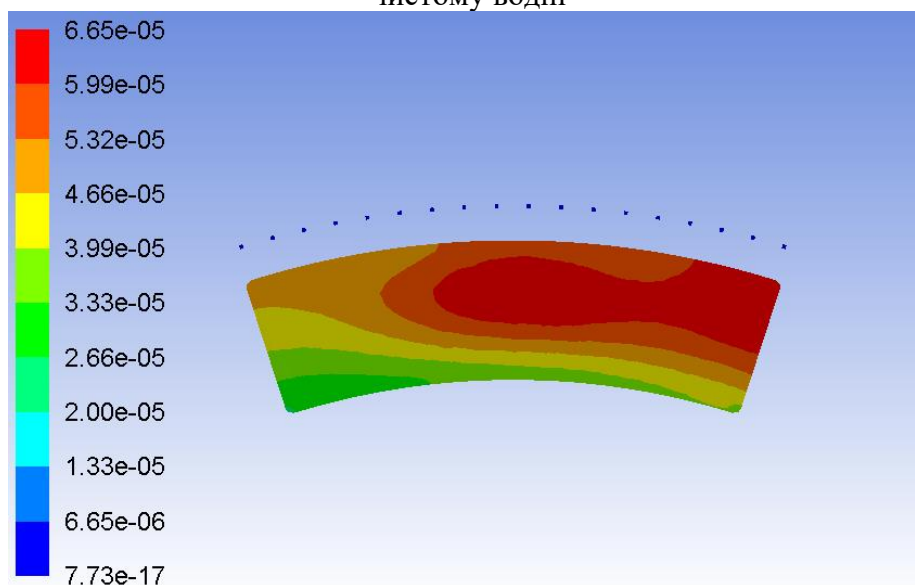


Рис. 2. Розподіл масової частки NO у вихідному перерізі жарової труби камери згоряння

Відомо, що в світовій практиці існує практично тільки один приклад промислового використання так званої технології “Водолій” [4] для перекачування природного газу – в Україні (газотурбінна установка з конденсацією водяної пари в контактному конденсаторі). Новизна запропонованого підходу полягає в тому, що принципи використання газотурбінної енергетичної системи поєднуються з можливостями ефективного та екологічно чистого спалювання водню в дифузійних камерах згоряння з впорскуванням водяної пари.

Отримані результати можуть бути використані на практиці при створенні ефективних енергетичних модулів комплексного та швидкого забезпечення електроенергією, теплотою та холодом об’єктів берегової зони півдня України, базування ВМС України, а також підвищать ефективність газотранспортної системи України, яка оснащена здебільшого газотурбінними двигунами. Це дозволить прискорити перебудову енергетичних систем

України з метою зменшення викидів CO₂ і інших шкідливих компонентів, що в перспективі забезпечить зниження навантаження на навколишнє середовище.

Література:

1. S. McAllister, J.-Y. Chen J.-Y. A.C. Fernandez-Pello, *Fundamentals of combustion processes*. New York : Springer, 2011.
2. G. Nemir, H. Hamse, *Hydrogen-fired gas turbine for power generation with exhaust gas recirculation*. Academy of Economics, Society and Technology, 2019.
3. Sebastian Göke, Sebastian Schimek, Alexander Fateev, Sønnik Clausen, Phoebe Kuhn, Steffen Terhaar et al., "Investigation of NO_x and CO Formation in a Premixed Swirl-Stabilized Flame at Ultra Wet Conditions", *47th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit*, AIAA 2011-5535, pp. 1-15, 2011.
4. S. N. Movchan, V. V. Romanov, V. N. Chobenko, A. P. Shevtsov, "Contact Steam-and-Gas Turbine Units of the "AQUARIUS" Type: The Present Status and Future Prospects," *ASME Turbo Expo 2009: Power for Land, Sea, and Air*, pp. 1-7, 2009.
5. S. Serbin, A. Mostipanenko, I. Matveev, "Investigation of the Working Processes in a Gas Turbine Combustor with Steam Injection," *Proceedings of the ASME/JSME 8th Thermal Engineering Joint Conference*, AJTEC2011-44042, T20012, pp.1-6, 2011.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНАХ

Яковлєв М. Ф.

аспірант кафедри турбін

*Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв, Україна*

Питання переведення газотурбінних двигунів на альтернативні палива, в тому числі суміш природного газу та водню, синтез-газ з великим вмістом водню та чистий водень, вже достатньо давно в центрі уваги дослідників.

Відмітимо, що роль газотурбінних двигунів в майбутніх низьковуглецевих енергетичних системах залежить від досягнення підвищеної теплової ефективності та здатності працювати на таких паливах, як водень. Згідно з прогнозами International Energy Agency (IEA) розвиток газотурбінної техніки, що працює на водні, може стати майбутньою вуглецево-нейтральною технологією для підтримки суспільства. Відмітимо, що відомі світові виробники газових турбін (GE Power, Mitsubishi Heavy Industries, Siemens Energy, Rolls-Royce, Ansaldo Energia та ін.) достатньо давно плідно працюють у даному напрямку.

Потенціал використання водню як палива для газових турбін

Базова конфігурація газової турбіни, здатної спалювати природний газ, залишиться незмінною при спалюванні водню. Конкретні області, які необхідно розглянути в газовій турбіні, її допоміжних системах і самій установці, включають: 1) трубопроводи подачі палива та компоненти, 2) систему згоряння газової турбіни та засоби керування, 3) кожух газової турбіни та 4) утилізаційний парогенератор і система селективного каталітичного відновлення для видалення NO_x. Контроль NO_x важливий, оскільки в більшості юрисдикцій це регульований забруднювач.

Водень має теплотворну здатність, яка становить приблизно одну третину природного газу. Якщо використовується паливна суміш водень/природний газ з відносно