

[3] Micco, S. Di, Minutillo, M., Mastropasqua, L., Cigolotti, V., Brouwer, J. (2021). Ammonia-based Solid Oxide Fuel Cell for zero emission maritime power: a case study. *European Fuel Cells*, 06007.

[4] Rivarolo, M., Rattazzi, D., Magistri, L., Massardo, A. F. (2021). Multi-criteria comparison of power generation and fuel storage solutions for maritime application. *Energy Conversion and Management*, 244, 114506.

[5] Serbin, S., Washchilenko, N., Cherednichenko, O., Burunsuz, K., Dzida, M., & Chen, D. (2022). Application analysis of a hybrid solid oxide fuel cell-gas turbine system for marine power plants. *Ships and Offshore Structures*, 17 (4), 866-876.

[6] Van Biert, L., Woudstra, T., Godjevac, M., Visser, K., Aravind, P. V. (2018). A thermodynamic comparison of solid oxide fuel cell-combined cycles. *Journal of Power Sources*, 397, 382–396.

[7] Van Biert, L., Godjevac, M., Visser, K., & Aravind, P. V. (2018). A review of fuel cell systems for maritime applications. *Journal of Power Sources*, 327, 345–364.

[8] Bakalis, D. P. (2014). Turbomachinery Analysis and Design for Hybrid SOFC-GT Systems Optimized Performance. PhD thesis: University of Thessaly, 1-171.

Оцінка ефективності технології паливних елементів для енергетичної системи судна

Сербін С.¹, Ващилєнко М.¹, Чєн Д.², Янг З.²

¹Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

²Університет науки і технології провінції Цзянсу, КНР

Роботу присвячено аналізу термодинамічної ефективності циклу суднової гібридної енергетичної системи з паливними елементами та газовою турбіною потужністю 2500 кВт. Проведені розрахунки доказали підвищення ефективності теплової схеми установки з утилізацією теплоти відхідних газів паливних елементів в газотурбінному контурі з впорскуванням водяної пари в камеру згоряння. Це дозволяє стверджувати про перспективність подібної енергетичної системи для генерації електроенергії в суднових умовах.

Ключові слова: енергетична система; тепловий двигун; паливний елемент; газова турбіна.

УДК 629.123.066

ПРО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СУДНОВИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК

Воїнов О. П.¹, Самохвалов В. С.², Кобалава Г. О.³, Воїнова С. О.⁴

¹доктор технічних наук, професор кафедри теплотехніки

Херсонського навчально-наукового інституту

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Херсон, Україна

voynova_s@yahoo.com

²кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки

Херсонського навчально-наукового інституту

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Херсон, Україна

vsevoloddsamohvalov@gmail.com

³кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки

Херсонського навчально-наукового інституту

*Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Херсон, Україна
g.lavamay@gmail.com
⁴кандидат технічних наук, доцент кафедри
автоматизації технологічних процесів і робототехнічних систем
Одеського національного технологічного університету
м. Одеса, Україна
voynova_s@yahoo.com*

Анотація. У сучасній воднотранспортній енергетиці актуальним є підвищення ефективності функціонування та екологічної безпеки енергоустановок, зокрема шляхом зниження викидів оксидів азоту судновими котельними установками. Доцільним є використання маловитратних технологій - рециркуляції димових газів, регулювання коефіцієнта надлишку повітря, часткового оновлення зношеного діючого обладнання судових котельних установок та удосконалення автоматизованих систем управління (АСУ) ними.

Ключові слова: енергетична ефективність, екологічна безпека, суднова котельна установка, рециркуляція димових газів, часткове оновлення, АСУ.

Вступ. У сучасній світовій стаціонарній та транспортній енергетиці виникла та розвивається необхідність підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки енергоустановок, зокрема котельних установок.

Котельні установки, що спалюють органічне паливо, у тому числі судові, відносяться до основних джерел забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами, зокрема оксидами азоту. Тому у складі заходів щодо охорони повітряного басейну при роботі стаціонарних та судових котельних установок актуальним є зниження викидів оксидів азоту. Для цього впроваджено значну кількість природоохоронних технологій, які відрізняються вартістю їх впровадження та експлуатації, а також ефективністю [1].

Мета роботи полягає в аналізі можливих шляхів зниження викидів оксидів азоту судновими котельними установками з метою підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки їх функціонування.

Основна частина. З позицій матеріальних та часових витрат для української судової теплоенергетики доцільними є маловитратні технології, які дозволяють знизити викиди в 1,5–2 рази без істотного впливу на техніко-економічні показники роботи обладнання. Зниження викидів оксидів азоту можливе за допомогою технологічних (первинних, режимних) заходів.

Рециркуляція димових газів є найпоширенішим засобом зниження температурного рівня, а значить, і концентрації оксидів азоту в них. Оскільки рециркуляція продуктів згоряння разом із екологічними діями впливає на техніко-економічні показники роботи котла, знижуючи його коефіцієнт корисної дії (ККД), застосування цього методу досить обмежено [2].

Відомі стандарти, що обмежують вихлоп головних дизелів, проте вони не мають сили в оцінці якості продуктів згоряння судових котлів. У той же час їх вихлоп значно забруднює атмосферне повітря, тому що спалювана в них маса палива є сумірною зі споживанням головної установки [3].

Поза акваторією морського або річкового порту головні двигуни є основним джерелом забруднення повітряного басейну, а якщо розглянути територію порту, то тут вже найбільшу екологічну шкоду завдає котельня, оскільки вона є основним споживачем палива.

При обстеженні діючих судових парових котлів було виявлено, що вміст оксидів азоту перевищує норму в 3–5 разів при бездимному горінні та незначному (0,02–0,04 %) виділенні СО [4]. Найбільш екологічний режим роботи судового котла рекомендується [4] здійснювати шляхом регулювання коефіцієнта надлишку повітря α в межах 1,15–1,25; а іноді - до 1,9 [3].

У даний час в літературі практично не проводиться оцінка енергетичної ефективності судових установок на основі ККД. Фактично питома витрата палива на судових енергоустановках застосовується як показник їхньої енергетичної ефективності. В різних режимах протягом терміну експлуатації цей показник раціонально використовувати для оцінки порівняльної ефективності установки. Втім, питома витрата палива однозначно пов'язана і з ККД судової енергетичної установки, і з ККД судового котла, тому питання про ККД та екологічну безпеку судових котлів залишаються актуальними [5].

Можливий варіант організації схеми рециркуляції димових газів у судових допоміжних котлах з використанням рециркуляції як для зниження викидів оксидів азоту, так і для підвищення ККД топкового пристрою. Для цього можна поєднати парову та вуглекислотну конверсію палива продуктами рециркуляції з енергетичним горінням та термохімічною регенерацією теплоти. З позицій термодинаміки доцільно рециркуляцію продуктів згоряння здійснювати в допоміжному судовому котлі. Енергетичний та стехіометричний аналіз процесів горіння умовного рідкого палива обумовлюють можливість конвертування палива при спільному введенні його та газів рециркуляції у відновну зону горіння камери згоряння. Практичне використання подібного рішення можливе в рамках реалізації відомих способів нестехіометричного та ступінчастого спалювання палива, які успішно застосовуються в деяких стаціонарних газомазутних та пилувугільних котлах [6].

Перспективними шляхами підвищення енергетичної ефективності судових котельнь є використання часткового оновлення зношеного діючого обладнання [7] та удосконалення АСУ ними [8].

Висновки

Судові котельні установки, що спалюють органічне паливо, є джерелом забруднення атмосферного повітря оксидами азоту.

Знижувати викиди оксидів азоту доцільно використанням маловитратних технологій, зокрема за допомогою технологічних заходів.

Найбільш екологічний режим роботи судового котла рекомендується забезпечувати шляхом регулювання коефіцієнта надлишку повітря.

Можливе використання рециркуляції димових газів у судових допоміжних котлах як для зниження викидів оксидів азоту, так і для підвищення ККД топкового пристрою.

Перспективними шляхами підвищення енергетичної ефективності судових котельнь є використання часткового оновлення зношеного діючого обладнання та удосконалення АСУ ними.

Література

[1] Бабій М.В., Скрипка Г.Л. Аналіз способів підвищення енергетичної ефективності судових енергетичних установок / Матер. 9-ї міжнар. наук. –практ. конф. «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування» (СЕУТТОО–2018).– Херсон: ХДМА, 2018. – С.111–112.

[2] Kuropyatnyk O.A., Sagin S.V. Exhaust Gas Recirculation as a Major Tech-nique Designed to Reduce NO_x Emissions from Marine Diesel Engines / Our Sea: In-ternational Journal of Maritime Science & Technology, 2019, Vol. 66, Iss. 1. – P. 1–9.

[3] Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Чернявський М.В. та ін. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. – Кн. 3: Розвиток теплоенергетики та гідроенергетики.- Київ: ТОВ "ЕНІСМ", 2013. – 400с.

[4] Радченко Р.М., Пирисунько М.А. Зменшення викидів оксидів азоту з відпрацьованими газами судових дизелів / Авіаційно–космічна техніка і технологія, 2018, № 5(149). – С.36–41.

[5] Adamkiewicz A., Bartoszewski M., Kendra M. Analysis of consequences of using gas fuels for running auxiliary ship boilers in the light of contemporary environmental protection requirements / Management Systems in Production Engineering, 2016, Vol. 23, Iss. 3. – P. 183–190.

[6] Шліхта О.М., Кардаш В.П. Підвищення енергоефективності робочого процесу суднового двигуна / Матер. наук. –техн. конф. «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 21–22 березня 2019, Одеса. – Одеса: НУ «ОМА», 2019. – С. 232–237.

[7] Воинов А.П., Коновалов Д.В., Самохвалов В.С., Воинова С.А. О некоторых особенностях управления изношенными техническими объектами / Энергетика та електрифікація, 2019, № 4. – С. 23–25.

[8] Воинов А.П., Воинова С.А. Управление экологичностью котлов – приоритетная задача развития котлостроения в Украине / Автоматизація технологічних і бізнес-процесів, 2012, № 9, 10. – С. 25–29.

ABOUT THE ENERGY AND ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF SHIP BOILER PLANTS INCREASING

Voinov Oleksandr Petrovych, Samokhvalov Viktor Serhiiovych,
Kobalava Halyna Oleksandrivna, Voinova Svitlana Oleksandrivna
Kherson Educational-Scientific Institute of
Admiral Makarov National University of Shipbuilding

Abstract. In modern water transport power engineering it is important to increase the efficiency of power plants, in particular by reducing emissions of nitrogen oxides from ship boiler plants. It is advisable to use low-cost technologies - flue gas recirculation, regulation of the excess air ratio, and others. A promising direction is the partial renewal of the worn-out operating equipment of ship boiler plants and the improvement of their automated control systems (ACS).

Keywords: energy efficiency, environmental efficiency, ship boiler plant, flue gas recirculation, partial renewal, ACS.

УДК 621.45.034

РОЗРОБКА ГІБРИДНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ НА ОСНОВІ ТВЕРДООКСИДНИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ГАЗОВОЇ ТУРБІНИ

Сербін С. І.

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

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. Проаналізовано особливості гібридних енергетичних установок на основі твердооксидних паливних елементів та газових турбін. Запропоновано перспективну схему такої установки, яка передбачає упорскування перегрітої водяної пари в камеру згоряння та використання турбіни перерозширення.