

УДК 621.444:629.5.03-8

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ГАЗІВ
АБСОРБЦІЙНОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ МАШИНОЮ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ
ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ СУДНОВОГО ДВИГУНА****Пирисунько М.А.¹, Шалапко Д.О.², Шалапко Г.Г.³**^{1,2} кандидат технічних наук, доцент³ студентка групи 1217*кафедри суднового машинобудування та енергетики Херсонського навчально-наукового
інституту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,**Херсон, Україна**maximka1786@gmail.com*

Анотація. Дизельні двигуни внутрішнього згоряння є джерелом інтенсивного забруднення повітря. Вони викидають у довкілля велику кількість шкідливих речовин. Це негативно впливає на екологічну ситуацію в районах акваторій, портів, ремонтних баз, на флору і фауну водойм, на здоров'я людей. Зменшення кількості шкідливих викидів та їх токсичності є складною науково-технічною проблемою. Необхідність її вирішення продиктована нормативними вимогами, які стають дедалі жорсткішими. Найчастіше їх реалізація супроводжується зниженням економічних та енергетичних показників двигунів.

Ключові слова: відпрацьовані гази, двигун внутрішнього згоряння, витрата палива, абсорбційна холодильна машина.

Міжнародні конвенції встановлюють жорсткі вимоги до технічного стану суден і процесу їх експлуатації. Недотримання цих норм під час експлуатації судна може бути обмежене або заборонене адміністративною процедурою [1]. З 2016 року введено нові стандарти IMO TIER III. Відповідно до них на регульованих територіях (ЕСА) кількість шкідливих викидів має бути зменшена більш ніж у 3 рази.

Крім оксидів азоту, правила IMO також обмежують викиди оксидів сірки. Як згадувалося раніше, на викиди SO_x (на відміну від NO_x) не впливає сам процес горіння. Вся сірка надходить у камеру згоряння разом з паливом, тому викиди SO_x можна зменшити лише за допомогою палива з низьким вмістом сірки.

Одним із перспективних напрямків екологізації суднових двигунів є протидія шкідливим речовинам шляхом їх рециркуляції. У цьому випадку вихлопні гази очищаються в скруберах, а їх тепло відводиться морською водою. Після цього очищені вихлопні гази разом з надувним повітрям після турбокомпресора надходять знову у циліндри двигуна (технологія EGR) [2].

Слід зазначити, що використання таких технологій супроводжується додатковими витратами енергії на циркуляцію газів та втратами тепла з морською водою, що призводить до збільшення витрати палива та зниження потужності двигуна. У той же час охолодження всмоктуваного повітря двигунів забезпечило б зниження витрати палива [3]. Можливість використання рециркуляційних (екологічних) газів, що викидаються за борт, також дає можливість зменшити витрати енергії на їх рециркуляцію та очищення з одночасним зменшенням шкідливих викидів [4].

Метою наукового дослідження є підвищення екологічної та енергетичної ефективності суднової енергетичної установки шляхом охолодження циркуляційного повітря в абсорбційній холодильній машині, що використовує тепло відпрацьованих та рециркуляційних газів.

Для розрахунку ефекту повітряного охолодження на вході було обрано суховантажне судно, до складу СЕУ якого входить судновий двигун від провідної двигунобудівної компанії

MAN Energy [5]. Двигун 6G50ME-C9.6-ТІІІ дизельний, малооборотний і має такі характеристики: потужність - $N_e = 9288$ кВт ($NMCR = 90\%$), питома витрата палива - $g_e = 165,8$ г/(кВт год). Доступна система рециркуляції вихлопних газів, яка допомагає відповідати нормам Tier III та зменшувати шкідливі викиди.

Холод, необхідний для охолодження наддувочного повітря, залежить від кліматичних умов на лінії рейсу. Для розрахунку характеристик двигуна було обрано рейсову лінію з порту Одеса (Україна) до порту Шанхай (Китай). Тривалість рейсу складає 24 дні (з 01.07.2018 по 24.07.2018), довжина $L = 15023$ км.

На рис. 1 показані параметри кліматичних умов (температура морської води $t_{м.в.}$, відносна вологість ϕ_p та температура зовнішнього повітря t_p) під час рейсу.

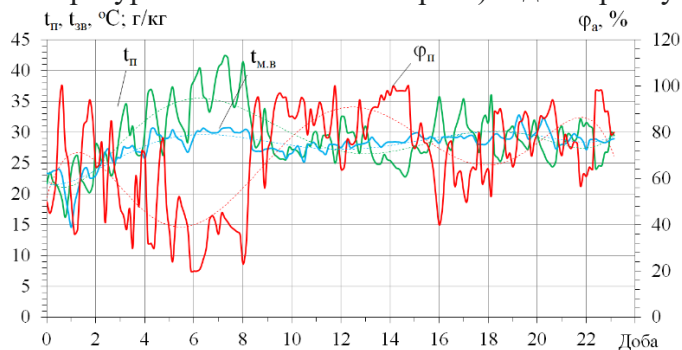


Рисунок 1. Зміна значень ϕ_p , $t_{м.в.}$ та t_p на протязі рейсу Одеса - Шанхай

Теплота вихлопних газів, яка потрібна для нагріву конденсату та відповідно отримання пари, розраховується враховуючи масову витрату вихлопних газів $G_{вг}$, їх теплоємності $c_{вг}$ та температури вихлопних газів на вході $t_{вг1}$ та на виході $t_{вг2}$ з котельної установки:

$$Q_{г.вг} = G_{вг} \cdot c_{вг} \cdot \Delta t_{вг} = G_{вг} \cdot c_{вг} \cdot (t_{вг1} - t_{вг2}) \quad (1)$$

На рис. 2 представлено схему системи охолодження повітря на вході в ТК суднової енергоустановки за рахунок утилізації теплоти рециркуляційних і вихлопних газів в абсорбційній холодильній машині.

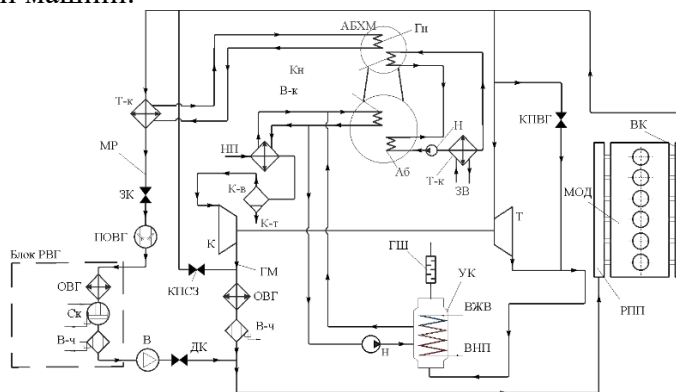


Рисунок 2. Схема розробленої системи охолодження повітря на вході суднового двигуна утилізацією теплоти рециркуляційних і випускних газів в абсорбційній холодильній машині

Охолодження температури повітря на вході двигуна шляхом утилізації теплоти відпрацьованих та вихлопних газів в абсорбційній холодильній машині дозволяє знизити значення питомої витрати умовного палива в залежності від значення теплового коефіцієнта. При цьому питома витрата палива складе (рис. 3): $\Delta g_{e.pг+вг(0,6)} = 163,6 \dots 167,9$ г/(кВт·год) ($\zeta = 0,6$); $\Delta g_{e.pг+вг(0,7)} = 163,9 \dots 167,6$ г/(кВт·год) ($\zeta = 0,7$).

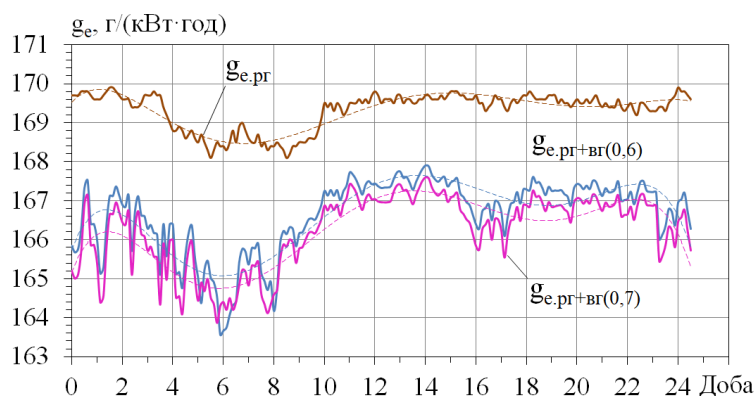


Рисунок 3. Поточні значення питомої витрати палива базового двигуна з рециркуляцією газів $g_{e.pr}$, питомої витрати палива двигуна $g_{e.pr+вг(0,6)}$ та $g_{e.pr+вг(0,7)}$ з охолодженням повітря на вході в АБХМ ($\zeta = 0,6; 0,7$) на протязі рейсу судна

Зниження викидів за рахунок зниження температури повітря на вході при використанні теплоти рециркуляційних (екологічних) газів складає: $\Delta g_{NOx} = 4,8 \dots 5,1$ г/(кВт год); $\Delta g_{SOx} = 1,0 \dots 1,2$ г/(кВт год). При цьому коефіцієнт рециркуляції відпрацьованих газів складає $K_r = 13$ %.

Висновки. Запропоновано та проаналізовано варіант конструктивної схеми і розрахунку при використанні теплоти рециркуляційних та вихлопних газів двигуна суднової енергоустановки для охолодження повітря на вході турбокомпресора в абсорбційній холодильній машині.

ЛІТЕРАТУРА

- [1]. Ghosh, S. and Dutta, D., "The Effects of EGR on the Performance and Exhaust Emissions of a Diesel Engine Operated on Diesel Oil and Pongamia Pinata Methyl Ester (PPME)", International Journal of Engineering Inventions, 12 (1), - 2012. - 39-44.
- [2]. Hussain, J., Palaniradja, K., Alagumurthi, N. and Manimaran, R., "Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on performance and emission characteristics of a three cylinder direct injection compression ignition engine", Alexandria Engineering Journal, 51 (4), - 2012. - 241-247.
- [3]. De Serio, D., de Oliveira, A., Sodr , J. R.: Application of an EGR system in a direct injection diesel engine to reduce NOx emissions. Journal of Physics: Conference Series 745(3) (2016).
- [4]. Pyrysunko, M., Radchenko, A., Tkachenko, V., Zubarev, A., & Andreev, A. (2022). Marine Diesel Engine Inlet Air Cooling by Ejector Chiller on the Vessel Route Line. In Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange (pp. 259-268). Springer, Cham.
- [5]. MAN Diesel Turbo, «CEAS Engine Calculations», 2019. [Онлайновий]. Available: <https://marine.man-es.com/two-stroke/ceas>.

Prospects For Using The Heat Of Recirculation Gases Of An Absorption Refrigerator To Reduce Harmful Emissions Of A Marine Engine

Maxim Pyrysunko - PhD, Lecturer of the Ship Power Plants Operation and Heat-Power Engineering Department, Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson, Ukraine.

Shalapko Denys - PhD, Lecturer of the Ship Power Plants Operation and Heat-Power Engineering Department, Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson, Ukraine.

Shalapko Ganna – student.

Abstract. Diesel internal combustion engines are a source of intense air pollution. They release a large amount of harmful substances into the environment. This negatively affects the ecological situation in areas of water areas, ports, repair depots, the flora and fauna of water bodies, and human

health. Reducing the amount of harmful emissions and their toxicity is a complex scientific and technical problem. The need to solve it is dictated by regulatory requirements that are becoming more stringent. More often, their implementation is accompanied by a decrease in the economic and energy performance of engines.

Keywords: exhaust gases, internal combustion engine, fuel consumption, absorption refrigerator.

УДК: 621.181.2

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДОПОМІЖНОЇ КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ТАНКЕРА YEVGENIY TITOV

Підвисоцький М.В.

магістр гр.6214мз, НУК імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Бондаренко М.С.

к.т.н., доцент кафедри експлуатації СЕУ та ТЕ

Єлеонська О.С.

*викладачка кафедри експлуатації СЕУ та ТЕ
НУК імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Анотація. Розглянуті питання поліпшення експлуатаційних показників енергетичної установки танкера YEVGENIY TITOV шляхом більш глибокої утилізації тепла наддувного повітря головного двигуна.

Ключові слова. утилізаційний парогенератор, теплота наддувного повітря, теплова схема, зниження витрат котельного палива, строк окупності, лімітна ціна.

Актуальність. Дослідження присвячене аналізу можливості підвищення енергетичної ефективності установки – більш повного використання теплоти, що виділяється при згорянні палива в теплових двигунах.

Традиційними методами підвищення ефективності використання палива і скорочення його витрат є утилізація вторинних енергетичних ресурсів: теплоти відпрацьованих газів, наддувного повітря, охолоджуючої води двигунів [1].

Одним із напрямків удосконалення головних суднових малообертових двигунів є підвищення ступеню наддуву, що супроводжується значним ростом температури повітря після компресора газотурбонагнітача (до 200...220°C) і втрат в охолоджувачі наддувного повітря (до 14...16% від кількості тепла, що виділяється при згорянні палива). Утилізація цього тепла може значно поліпшити економічність суднової енергетичної установки.

Проектне рішення. Для забезпечення танкера YEVGENIY TITOV тепловою енергією використовується два допоміжних автоматизованих котла (ДК) з природною циркуляцією номінальною продуктивністю 8 т/год. насиченої пари тиском 7 бар. Для утилізації тепла відхідних газів головного двигуна (ГД) використано утилізаційний парогенератор (УПГ) вертикальний, водотрубний з примусовою циркуляцією та іскрогасником. Його продуктивність при експлуатаційній потужності ГД 7940 кВт становить близько 1,1 т/год. насиченої пари тиском 7 бар. Система допоміжної пари забезпечує живлення всіх споживачів (табл. 1) від любого котла при одиночній чи сумісній їх роботі.

В тепловій схемі суднової ЕУ часто використовують підігрів живильної води, що поступає із теплового ящика до сепаратора УПГ у високотемпературній секції охолодника наддувного повітря. Так як продуктивність УПГ порівняно невелика, утилізується при цьому незначна кількість тепла наддувного повітря. Його температура знижується на 10...15°C.