ANALYSIS OF POWER PLANTS FOR FLOATING POWER STATIONS

Oleksandr K. Cherednichenko, NatalyaV. Korobyeynikova
Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Abstract. The production of liquefied natural gas is growing every year. The prospects for the use of floating power plants and their conversion to liquefied natural gas are considered. The current trends in the development of marine energy are analyzed.

Key words: Floating power stations; liquefied natural gas; LNG carrier

УДК 628.165:621.44

ЗНИЖЕННЯ ГАБАРИТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНОВИХ ДИЗЕЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК З ГЛИБОКОЮ УТИЛІЗАЦІЄЮ ТЕПЛОТИ

Кузнецова С.А.
кандидат технічних наук,
доцент кафедри Експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна
svitlana.kuznetsova@nuos.edu.ua

Анотація. Представлені результати оцінки ефективності використання глушника-економайзера при глибокій утилізації теплоти дизель-генераторів та головних дизельних двигунів. Застосування такого елемента дозволяє об’єднати два елемента - котел та глушник у єдиному корпусі і для інтенсифікації тепловіддачі додатково використати систему лунок на ребрах. Ці комплексні заходи дозволили знизити габарити цього елементу. Додатково перевірена можливість задоволення вимог по зниженню шуму. Числа Струхала 0,184-0,190 при максимальному допустимому значенні 0,210 підтверджують забезпечення необхідного рівня шуму при використанні цього елементу.

Ключові слова: суднова енергетична установка, дизельний двигун, глушник, економайзер, утилізація, габаритні показники.

Підвищення вимог Міжнародної морської організації (*International Maritime Organization – IMO*) до екологічної ефективності суднових енергетичних установок обумовлює пошук способів для забезпечення їх відповідності [1, 2]. Одним з таких є глибока утилізація теплоти вторинних енергоресурсів, що забезпечує зниження витрати палива енергетичною установкою, зменшуючи таким чином загальний обсяг викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Компанія MAN B&W розробила та пропонує для дизельних енергетичних установок контейнеровозів ряд теплових схем глибокої утилізації теплоти вторинних енергоресурсів – надувного повітря та відпрацьованих газів головного двигуна та відпрацьованих газів допоміжних двигунів [3]. Реалізація таких схем з додатковими утилізаційними елементами ускладнюється із-за зростання і так відносно високих габаритних показників. Також обмеженість газовипускних систем по висоті та наявність додаткових елементів, що знижують викиди по NO_x та SO_x, ще більше загострюють ситуацію. Аналіз сучасних дизельних установок суден за даними Significant Ships [4] показав, що реалізація подібних схем можлива не тільки для контейнеровозів, а і для балкерів або суден типу Con-ro. Особливістю складу їх енергетичних установок є один головний малообертовий двотактний двигун (ГД) та 3-5 дизель-генератора (ДГ) з високообертовими чотирьохтактними двигунами. Присутні і обмеження по потужності, а саме не менш ГД –12000 кВт та ДГ - 600 кВт.

Згідно вимогам Регістру [5] та самих виробників двигунів [6,7] газовипускні системи дизельних двигунів (рис. 1) повинні бути обладнані глушниками для забезпечення відповідного рівня шуму на судні [8]. Так для машинного відділення це 90-110 дБ в залежності від часу перебування (постійна вахта чи ні).

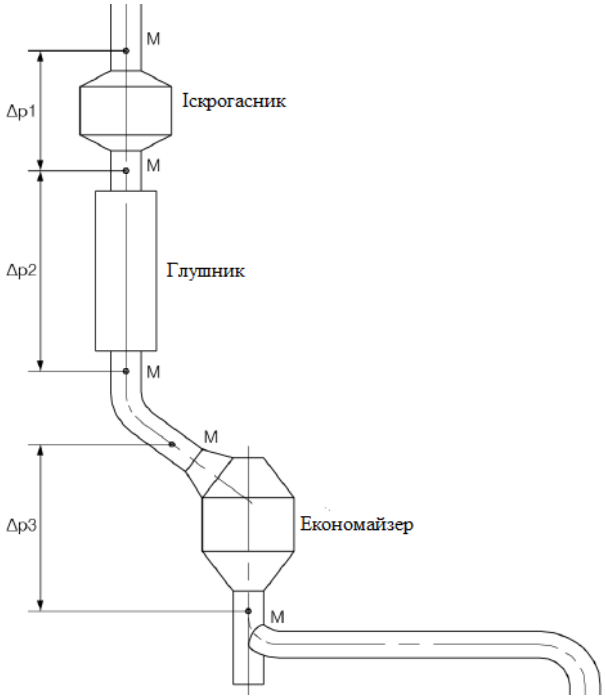

Рис.1 Загальна схема розташування елементів системи відведення газів для двигунів фірми MAN B&W

Компанія *Maxim Silencers Inc.* по виготовленню глушників *mft* [9] пропонує поєднати конструкції утилізаційного котла – економайзера та глушника у єдиному корпусі (рис. 2).

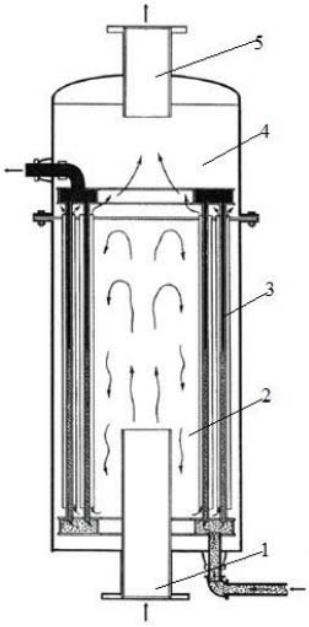

Рис 2. Схема глушника розширювального типу *mft*: 1 – підвідний патрубок для газів; 2 – розширювальна газова камера ; 3 – теплообмінна поверхня типу «труба у трубі», де відбувається тепловіддача від газів до води; 4 – випускна камера для газів; 5 – відвідний патрубок для газів.

Для зниження габаритних характеристик такого елемента газовипускної системи, доречно використати інтенсифікацію тепловіддачі у теплообмінній частині глушника. В якості конструктивного елемента для інтенсифікації розглянуто ребрах теплообмінної поверхні на які нанесені лункові системи [10].

Мета роботи: оцінка ефективності використання лункових систем на ребрах для зниження габаритних показників глушника-економайзера при забезпеченні належного рівня шуму.

Дослідження застосування цього елементу виконується за ДГ при параметрах газів: температурі 330-350°С, швидкість 40-50 м/с, витрата 1,3-1,5 кг/с.

Розглянуто схеми з послідовним, шаховим та коридорним розташуванням лунок. Встановлено, що найбільш ефективним з точки зору термогідравлічної ефективності є шахове розташування лунок на ребрах. Результати зниження висоти глушника-економайзера за рахунок використання лункових систем при шаховому розташуванні лунок d/h = 0,5 (де d та h – діаметр та висота лунок) та типу *mft* що виробляється Maxim Silencers Inc, наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 Зміни висоти глушника-економайзера при використанні лункової системи на ребрах

Без застосування лункових систем		З застосуванням лункових систем	
Висота теплообмінної поверхні, мм	Висота усього елементу разом, мм	Висота теплообмінної поверхні, мм	Висота усього елементу разом, мм
1691	2413	1484	2216
1725	2483	1504	2270
1781	2491	1542	2268
1852	2769	1596	2514
1979	2870	1692	2594
2053	2972	1745	2674

При реалізації такого способу інтенсифікації існує небезпека виникнення вторинних акустичних явищ при проходженні потоку газів крізь лункові системи. Це може спостерігатися при значеннях числа Струхала більше 0,210 [11].

Проведена оцінка цього явища показала, для параметрів дизель-генераторів у діапазоні потужностей 600-650 кВт, при проходженні теплообмінної поверхні глушника-економайзера числа Струхала лежать у діапазоні 0,184-0,197, що забезпечує виконання основного призначення – зниження рівня шуму. При цьому додатково спостерігається зниження рівня шуму на 11-13 дБ.

Таким чином застосування запропонованої конструкції глушника-економайзера дасть можливість знизити габаритні показники суднових установок за рахунок виключення зі схеми економайзера на газоходах дизель-генераторів, а застосування лункових систем додатково зменшить висоту глушника-економайзера.

Висновки.

Зменшення габаритних показників суднових дизельних установок при використанні систем глибокої утилізації досягається за рахунок поєднання двох елементів економайзера та глушника у єдиному корпусі.

Для інтенсифікації процесів теплообміну в ньому запропоновано використання лункових систем з шаховим розташуванням лунок на ребрах, що додатково може зменшити висоту до 0,3 м при використанні базових моделей глушника mft компанії Maxim Silencers Inc .

Значення числа Струхала 0,184-0,197 підтвердило, що використання таких лункових систем, де утворюються вторинні вихри, не перевищує допустиме значення 0,210 і дозволяють виконувати функції глушника.

Література

[1]. MARPOL 73/78 Annex VI, Prevention of Air Pollution from Ships: веб-сайт. URL: https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/marpol-73-78-annex-vi-prevention-of-air-pollution-from-ships (дата звернення 21.08.2023).

[2]. MARPOL Annex VI and the Act To Prevent Pollution From Ships (APPS): веб-сайт. URL: https://www.epa.gov/enforcement/marpol-annex-vi-and-act-prevent-pollution-ships-apps (дата звернення 21.08.2023).

[3]. Waste Heat Recovery System (WHRS) for Reduction of Fuel Consumption, Emissions and EEDI. MAN Diesel & Turbo. URL: https://www.biofuels.co.jp/waste-heat-recovery-system.pdf (дата звернення 21.08.2023).

[4]. Significant Ships: веб-сайт. URL: https://www.libramar.net/news/ significant_ships_series/ 3-0-140 (дата звернення 21.08.2023).

[5]. РЕГІСТР СУДНОПЛАВСТВА УКРАЇНИ. ПРАВИЛА КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ МОРСЬКИХ СУДЕН. Том 3. URL: https://www.shipregister.ua/wp-content/uploads/2022/09/PSVP3u.pdf (дата звернення 21.08.2023).

[6]. Technical Documentation. Project Guide S60ME-C10.6. Document No 7020-0291-02ppr January 2023. URL: https://man-es.com/applications/projectguides/2stroke/content/printed/S60ME-C10_6.pdf (дата звернення 21.08.2023).

[7]. Man L16/24 Project Manual: веб-сайт. URL: https://www.manualslib.com/products/Man-L16-24-10451241.html (дата звернення 21.08.2023).

[8]. Woodyard D. Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines. Butterworth-Heinemann. 2009. 928 p. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Pounder_ s_Marine_Diesel_Engines_ and_Gas.html?id=RC_k4q6y-JIC&redir_esc=y (дата звернення 21.08.2023).

[9]. Heat recovery silencers for reciprocating engines: веб-сайт. URL: https:// maximsilencers.com/silencers/heat-recovery-silencers/reciprocating-engine-heat-recovery-silencers-mft/ (дата звернення 21.08.2023).

[10]. Кузнецов В.В., Кузнецова С.А. Снижение тепловой заметности кораблей класса корвет интенсификацией теплопередачи в элементах систем газовыпуска. Збірник наукових праць НУК. 2018. № 3-4. С. 19–27.

[11]. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика Теоретическая физика. 3-е изд., перераб. т.VI. 1986. 736 с. URL: http://www.immsp.kiev.ua/postgraduate/Biblioteka_ trudy/Gidrodinamika Landay1986.pdf (дата звернення 21.08.2023).

Reducing the overall characteristics of the marine diesel power plants with deep heat recovery

Kuznetsova S.A.
Admiral Makarov National University of Shipbuilding

Abstract. The paper presents the results of evaluating the efficiency of using a silencer-economiser for deep heat recovery of diesel generators and main diesel engines. The use of such an element makes it possible to combine two elements - a boiler and a silencer - in a single cover and to use a system of dimples on the ribs to intensify heat transfer. These comprehensive measures helped to reduce the size of this element. The ability to meet noise reduction requirements was additionally tested. Struhal numbers of 0.184-0.190 with a maximum permissible value of 0.210 confirm that the required noise level is met when using this element.

Key words: marine power plant, diesel engine, silencer, economizer, recycling, overall parameters.