

Дакі О.А.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Штрибець В.В.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Ткаченко В.В.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Рященко О.І.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУДНОВИХ КОТЛІВ-УТИЛІЗАТОРІВ ТЕПЛА

У статті підкреслено, що енергоефективність виконання рейсів є одним із найперспективніших способів зниження собівартості перевезень водним транспортом. Усі судноплавні компанії намагаються зменшити витрати палива, а суднобудівні підприємства - розробити нові способи його економії. Перспективним напрямком економії палива під час експлуатації суднових енергетичних установок вважається корисне використання теплоти відпрацьованих газів як головних, так і допоміжних двигунів. У дослідженнях науковців указано, що значну економію палива під час експлуатації СЕУ можна отримати за рахунок корисного використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), таких як теплота відпрацьованих газів головних двигунів (ГД) і дизель-генераторів (ДГ), теплота контурів охолодження і змащування ГД і ДГ, теплота системи охолодження наддувочного повітря та інших. Вторинні теплові потоки (ВТП) СЕУ суден, які експлуатуються, досить великі та за правильного їх використання можуть повністю покрити потреби судна у теплоті на ходових режимах. Для пасажирських суден, суховантажних теплоходів, нафторудовозів, буксирів і для деяких інших груп рухомого складу флоту характерно значне перевищення потужності ВТП над потребами у теплоті або не досить повне використання ВТП. Через те доцільно розглядати можливості застосування ВТП без перетворення або із перетворенням у механічну чи електричну енергію. Перспективи вдосконалення суднових котлів-утилізаторів пов'язані не з одним фізичним показником, а з покращенням комплексу характеристик. Насамперед це теплова ефективність, газодинамічний опір, показники надійності і габарити. З урахуванням того, що властивостям високої теплової ефективності, компактності і потужності за останні роки приділяється велика увага на водному транспорті, і значного поширення отримують котли-утилізатори водотрубного типу. Подальшого покращення експлуатаційних характеристик котлів-утилізаторів можна досягти шляхом використання нових методів інтенсифікації тепловіддачі, застосування ефективних схем струму теплоносія, оптимізації конструктивних параметрів технологічності виготовлення, простоти обслуговування і ремонту, забезпечення потрібної надійності температурних режимів роботи матеріалів котлів.

Ключові слова: енергоефективність, котел-утилізатор, суднові енергетичні установки, суднобудування, експлуатація флоту.

Постановка проблеми. Енергоефективність виконання рейсів є одним із найперспективніших способів зниження собівартості перевезень водним транспортом. Усі судноплавні компанії намагаються зменшити витрати палива, а суднобудівні підприємства - розробити нові способи його економії.

Перспективним напрямком економії палива під час експлуатації суднових енергетичних установок (СЕУ) фахівці вважають корисне використання теплоти відпрацьованих газів як головних,

так і допоміжних двигунів. Аналіз теплових балансів СЕУ свідчить, що за ефективного використання теплоти відпрацьованих газів суднових двигунів може бути ліквідована потреба у спалюванні палива в автономних водогрійних або парових котлах задля отримання гарячої води для систем опалення та інших суднових систем.

Незважаючи на те, що доцільність застосування утилізаторів із метою корисного використання теплоти відпрацьованих газів підтверджена

теорією і перевірена практикою, нині не спостерігається належного широкого використання цього типу енергетичних апаратів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У низці робіт [1-6] указано, що значна економія палива за експлуатації СЕУ може бути отримана за рахунок корисного використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), до яких відносяться теплота відпрацьованих газів головних двигунів (ГД) та дизель-генераторів (ДГ), теплота контурів охолодження і змащування ГД та ДГ, теплота системи охолодження наддувочного повітря та інші. Вторинні теплові потоки (ВТП) СЕУ суден, які експлуатуються, досить великі та за правильного їх використання можуть повністю покрити потреби судна у теплоті на ходових режимах. Для пасажирських суден, суховантажних теплоходів, нафторудовозів, буксирів і деяких інших груп рухомого складу флоту характерно значне перевищення потужності ВТП над потребами у теплоті або не досить повне використання ВТП. Через те доцільно розглядати можливості застосування ВТП без перетворення або із перетворенням у механічну чи електричну енергію [7; 8].

Підвищенню ефективності використання вторинних енергетичних ресурсів присвячені роботи відомих фахівців, таких як П.І. Бажан, В.К. Голубєв, П.В. Бойко, Д.І. Денисенко, В.І. Єнін, І.І. Лощаков, Е.І. Манушин, Д.І. Осипов.

Постановка завдання. Метою роботи є аналіз та узагальнення методів підвищення ефективності суднових котлів-утилізаторів тепла.

Виклад основного матеріалу дослідження. Слабке використання котлів-утилізаторів під час експлуатації суден судноплавними компаніями пояснюється такими об'єктивними факторами:

- через відносно невисоку температуру відпрацьованих газів дизелів температурні напори в утилізаторах є значно нижчими, ніж в автономних котлах. Унаслідок цього утилізатори значно уступають автономним котлам за питомою теплопродуктивністю, габаритами та масою;

- через відносно низькі температури газів у проточній частині котлів-утилізаторів на часткових навантаженнях

можливе утворення кислого конденсату, що призводить до розвитку корозії на теплообмінних поверхнях, появи додаткових витрат на обслуговування і ремонт;

- використання у котлах-утилізаторах мало-ефективних у тепловому та газодинамічному відношенні теплообмінних поверхонь і схем руху теплоносіїв за низьких значень коефіцієнтів теплопередачі дає відносно високий опір за газовою стороною, що не дозволяє у потрібному ступені збільшувати теплообмінні поверхні, а в деяких випадках погіршує умови роботи деталей циліндропоршневої групи дизелів.

До складу системи комплексної утилізації теплоти СЕУ річкового судна має входити теплогенеруюче обладнання: котел-утилізатор (паровий або водогрійний) і теплообмінники-утилізатори, які відбирають теплоту систем охолодження і змащування ГД і ДГ, а також теплоту із систем наддуву. Важливим елементом системи комплексної утилізації річкових суден повинен стати акумулятор теплоти [9]. Призначення акумулятора теплоти полягає в узгодженні графіків виробництва і споживання теплоти на судні шляхом накопичення теплоти за її надлишкового виробництва СЕУ та видачі споживачам за її відсутності, наприклад, під час стоянки.

На рис. 1 представлено одну із можливих схем комплексної утилізації теплоти ДГ для підігріву води [8].

Генератором теплоти у схемі на рис. 1 є підігрівач-утилізатор (4) контуру охолодження ДГ і котел-

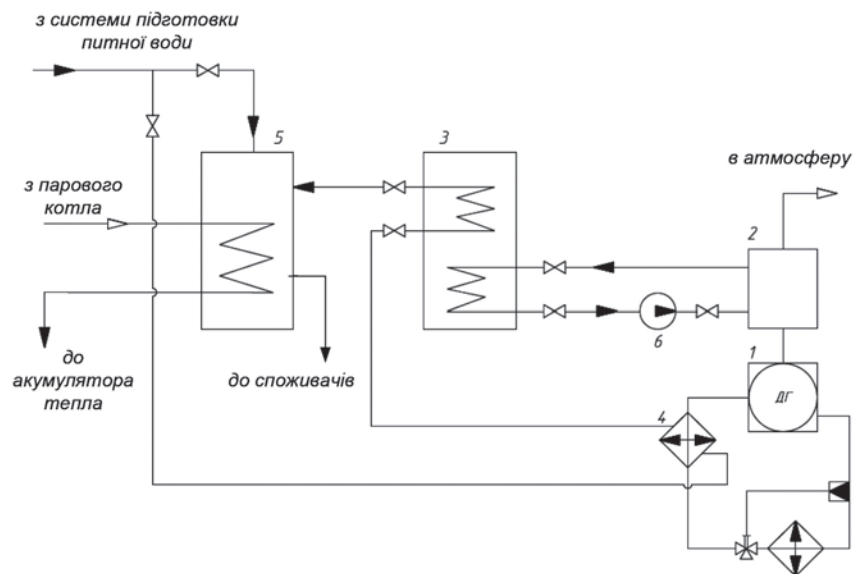


Рис. 1. Варіант вмикання обладнання утилізації теплоти для підігріву питної води:

1 – дизель-генератор; 2 – котел-утилізатор; 3 – акумулятор теплоти; 4 – теплообмінник; 5 – бойлер; 6 – насос

утилізатор (2) теплоти відпрацьованих газів ДГ. Обидва джерела передають теплоту у теплоаккумулятор (3), який накопичує теплоту в режимі надлишку ВЕР та віддає її у систему підігріву води у період дефіциту ресурсів. Слід зазначити простоту і функціональність цієї схеми. Зокрема, штатна система охолодження зазнає мінімальної модернізації: у контур охолодження ДГ вбудовується тільки підігрівач-утилізатор (4). Усе регулювання температури контуру охолодження забезпечується штатним терморегулятором. Труба система утилізаційного контуру охолодження, що міститься в аккумуляторі теплоти, може виконувати як функції зарядки, так і розрядки теплового аккумулятора (3). Ефективність роботи цієї схеми визначається насамперед тепловою ефективністю утилізаційного обладнання (4) та (2).

В якості теплообмінників-утилізаторів використовуються охолоджувачі дизелів. Теплова ефективність цих апаратів становить усього 0,17-0,22, чого не досить. Котли-утилізатори також відрізняються низьким коефіцієнтом корисної дії (ККД): зазвичай $\eta_{\text{кay}}=0,18-0,28$.

Із метою збільшення ефективності роботи системи комплексної утилізації теплоти до схеми може бути доданий підігрівач-утилізатор. Зокрема, у роботі [8] наведена схема експеримен-

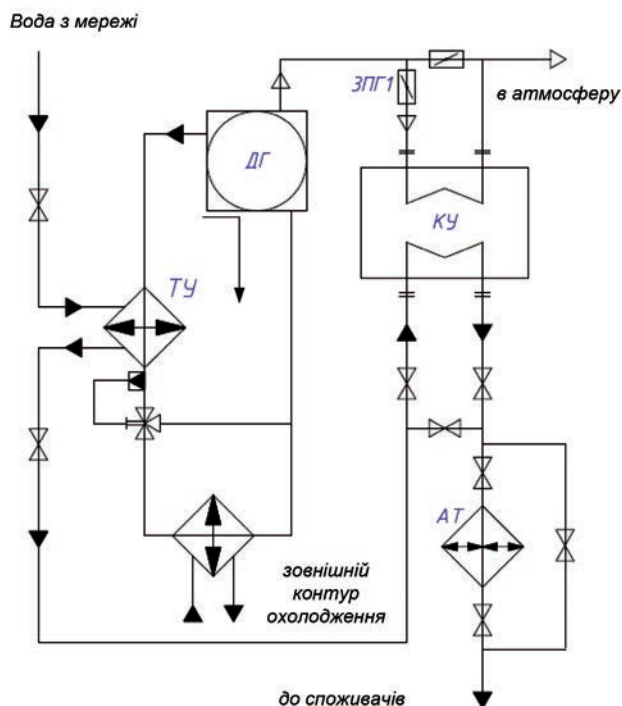


Рис. 2. Удосконалена схема утилізації теплоти:
ЗПГ – заслінки поворотні газів; ДГ – дизель-генератор;
ТУ – теплообмінник-утилізатор; КУ – котел-утилізатор;
АТ – акумулятор теплоти

тальної установки із підігрівачем-утилізатором, котлом-утилізатором та аккумулятором теплоти (рис. 2). Ця схема забезпечує ефективний відбір і використання вторинної теплоти дизель-генераторної установки. Водночас на потреби теплопостачання або підігріву води може використовуватися до 90% вторинної теплоти ДГ. Аккумулятор теплоти дозволяє погодити між собою графіки виробництва і споживання теплових потоків. Схема може бути застосована не тільки у складі дизель-генераторної установки, але і у комплексі з головними двигунами.

У теплофікаційних системах утилізації можуть застосовуватися не тільки водогрійні котли, але і парові. Зокрема, на теплоходах пр. 301 та пр. 302 установлені парові утилізаційні котли серії АКС1,0-16, що використовують теплоту відпрацьованих газів дизель-генераторів із двигунами 6NVD26/20 для виробництва пароводяної суміші, яка насосами подається у пароводяний барабан автономного парового котла (рис. 3).

Вибір типу і характеристик котла-утилізатора завжди індивідуальний та вимагає врахування низки факторів:

- тип судна та умови його плавання;
- місце розміщення котла або котлів;
- неповне забезпечення судна теплою і ентальпія теплоносіїв;
- тип, кількість і характеристики головних і допоміжних двигунів;
- тип палива для двигунів;
- допустимий газодинамічний опір газоходів за двигунами;
- вимоги до глушіння шуму та іскрогасіння.

Водночас можна виділити таку низку загальних вимог, характерних для котлів-утилізаторів теплоти річкових суден:

- висока теплова ефективність;
- мінімальні габарити і маса;
- надійність;
- простота і низька вартість обслуговування;
- мінімальні наведені витрати;
- безпека експлуатації;
- керуваність і можливість регулювання продуктивності.

Для формалізації оцінки доцільно використовувати загальноприйняті критерії досконалості котлів-утилізаторів.

Коефіцієнт компактності поверхні нагрівання:

$$K_k = A_{\text{пн}} / V_{\text{пн}}, \quad (1)$$

де $A_{\text{пн}}$ – площа поверхні трубного пучка (за стороною газу), м²;

$V_{\text{пн}}$ – об'єм, заповнений трубним пучком, м³.

10. Stolten D. Transition to Renewable Energy Systems: Energy Process Engineering. Ed. by Scherer V. Wiley-VCH Verlag GmbH. KGaA, 2013. 977 p.

Daki O.A., Shtrybets V.V., Tkachenko V.V., Ryashchenko O.I. METHODS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF SHIP BOILERS – HEAT RECOVERY

The article emphasizes that the energy efficiency of flights is one of the most promising areas in terms of reducing the cost of transportation by water transport. All shipping companies are trying to reduce fuel consumption, and shipbuilding companies are developing new ways to save it. A promising area of fuel economy in the operation of marine power plants is the useful use of exhaust gas heat from both main and auxiliary engines. Researchers have shown that significant fuel savings in the operation of SEU can be obtained through the useful use of secondary energy resources (VER), which include: the heat of the exhaust gases of the main engines (GD) and diesel generators (DG), the heat of the cooling circuits and lubrication of GD and DG, heat of the charge air cooling system, etc. The secondary heat fluxes (VTS) of the SEU of the vessels in operation are quite large and, if used correctly, can fully cover the heat needs of the vessel in running conditions. Passenger ships, dry cargo ships, oil ore carriers, tugs and some other groups of fleet rolling stock are characterized by a significant excess of VTP capacity over heat needs, or insufficient full use of VTP. In this regard, it is advisable to consider the possibility of using VTP without conversion or with the conversion into mechanical or electrical energy. Prospects for the improvement of ship recovery boilers are associated not with a single physical indicator, but with the improvement of a set of characteristics. First of all, it is thermal efficiency, gas-dynamic resistance, reliability indicators and dimensions. Given the fact that the properties of high thermal efficiency, compactness and power in recent years, much attention is paid to water transport, and water-type waste heat boilers are becoming widespread. Further improvement of operational characteristics of recovery boilers can be achieved by using new methods of heat transfer intensification, application of efficient heat transfer current schemes, optimization of design parameters in the direction of manufacturability, ease of maintenance and repair, providing necessary, in terms of reliability, temperature regimes of boiler materials.

Key words: energy efficiency, waste heat boiler, ship power plants, shipbuilding, fleet operation.