

Грицук Ігор Валерійович – д.т.н., професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net.

Турица Василь Миколайович – студент кафедри енергетичного машинобудування Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова Первомайський навчально-науковий інститут

Шпирко Антон Юрійович - студент кафедри енергетичного машинобудування Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова Первомайський навчально-науковий інститут

Шпаков Руслан Іванович - студент кафедри енергетичного машинобудування Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова Первомайський навчально-науковий інститут

Федоров Дмитро Володимирович - студент кафедри енергетичного машинобудування Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова Первомайський навчально-науковий інститут

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ СУДНА «AIDACOSMA» ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОВИХ ПАЛИВ В УМОВАХ ПОРТОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Постановка проблеми. Ключовим напрямком державної програми розвитку є її паливно-енергетична безпека, яка повинна забезпечуватися, в тому числі, для створення унікальних об'єктів морської техніки для формування інфраструктури морського забезпечення суден газомоторним паливом - зрідженим природним газом (далі - СПГ) на зовнішніх та внутрішніх водних шляхах. Це актуально з урахуванням вступу в силу вимоги Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню з органів (далі - MARPOL), жорстко обмежуючих поки тільки в ряді регіонів кількості шкідливих викидів в атмосфері судовими енергетичними установами. Наступні, традиційні сортові енергоносії в цих регіонах не можуть використовувати суднами. У якості заміни традиційним видам нафтового палива виступає природний газ. З-за його малої щільності в природному стані на транспортних засобах він використовується в стиснутому (компримованому) або зрідженому вигляді, що дозволяє багатократно збільшити його щільність, але створює масу зустрічних проблем. У рідкому стані природний газ переходить до атмосферного опалення при температурі $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ і при цій температурі він повинен зберігати до моменту використання його за призначенням, що призводить до необхідності застосування відповідного криогенного обладнання та забезпечення ізоляції криогенних ємностей - сховищ. Густина СПГ становить $0,42\dots 0,49\text{ т / м}^3$, що більше ніж у 600 разів вище таких у природного газу в природних умовах.

З огляду на те, що запитання економічної доцільності переводу на альтернативні види палив мають першочергове значення, досягнення високої паливної економічності дуальних двигунів є основною умовою успіху у справі розширення використання газових палив. Визначення оптимальних положень

модернізації систем живлення суднових двигунів для використання газових палив в умовах експлуатації з метою досягнення найкращої паливної економічності і є однією з основних проблем сьогоденного морського двигунобудування.

Для задоволення вимог Додатка VI МАРПОЛ 73/78 паливна система судна повинна бути перероблена так, щоб види HSFO- і LSFO-палива були повністю відокремлені [1-6]. У числі альтернативних палив найбільш перспективним на найближче майбутнє представляється природний газ. Моторні властивості газу дозволяють використовувати його в якості палива для двигунів майже без переробок базових моделей. При цьому потужність установки може бути збережена, економічність збільшена, а вміст токсичних складових відпрацьованих газів зменшено [1-6].

Природний газ успішно застосовується в якості основного палива на судах-газовозах. Перевозиться на них СПГ в невеликих кількостях (0,15...0,18 % від загальної місткості танків на добу) постійно випаровується. Його утилізація можлива двома шляхами - випаровування газ можна повторно зріджувати, що вимагає розміщення на судні спеціального холодильної установки і додаткових витрат газу на її роботу, або використовувати в якості палива енергетичної установки судна. З досвіду експлуатації двопаливних енергетичних установок на судах СПГ відомо, що використання природного газу в якості палива дозволяє повністю виключити викиди сірки, кардинально знизити викиди NO_x - на 90 % і істотно знизити викиди CO_2 - на 30 %. Це робить застосування природного газу в якості палива привабливим рішенням і для судів, які не є газовозами, особливо судів, використовуваних в зонах особливого екологічного контролю [1-6].

Вимоги до двопаливними дизелів і до паливних систем газового палива включені в гл. 9 ч. IX «Механізми» Правил класифікації та побудови морських суден. Ці вимоги дозволяють використовувати газ на судні, але не стосуються систем навантаження і зберігання газу на судні, що не є газовозів. Для можливості використання газу на морських судах, які не є газовозами, необхідне доопрацювання існуючих Правил Регістру [1-6]. Нині, коли морські двигуни СПГ DF працюють із природним газом як основним джерелом енергії, досягаються наступні цілі: викиди CO_2 зменшуються приблизно на 15...30 % завдяки меншому вмісту вуглецю в природному газі порівняно з рідким паливом; викиди NO_x скорочуються приблизно на 85%, завдяки процесу спалювання, що реалізується в двигунах DF; викиди SO_x майже виключаються, оскільки природний газ не містить сірки; виробництво частинок практично відсутнє через ефективне спалювання природного газу, палива майже без залишків; використання СПГ як палива дозволяє скоротити викиди, дотримуючись правил викидів та знизити експлуатаційні витрати від 20 % до 35 %.

Основні результати дослідження. Розглянемо основні практичні передумови і обґрунтування виконання модернізації системи живлення суднового двигуна газовим паливом. Пасажирське судно працює від чотирьох

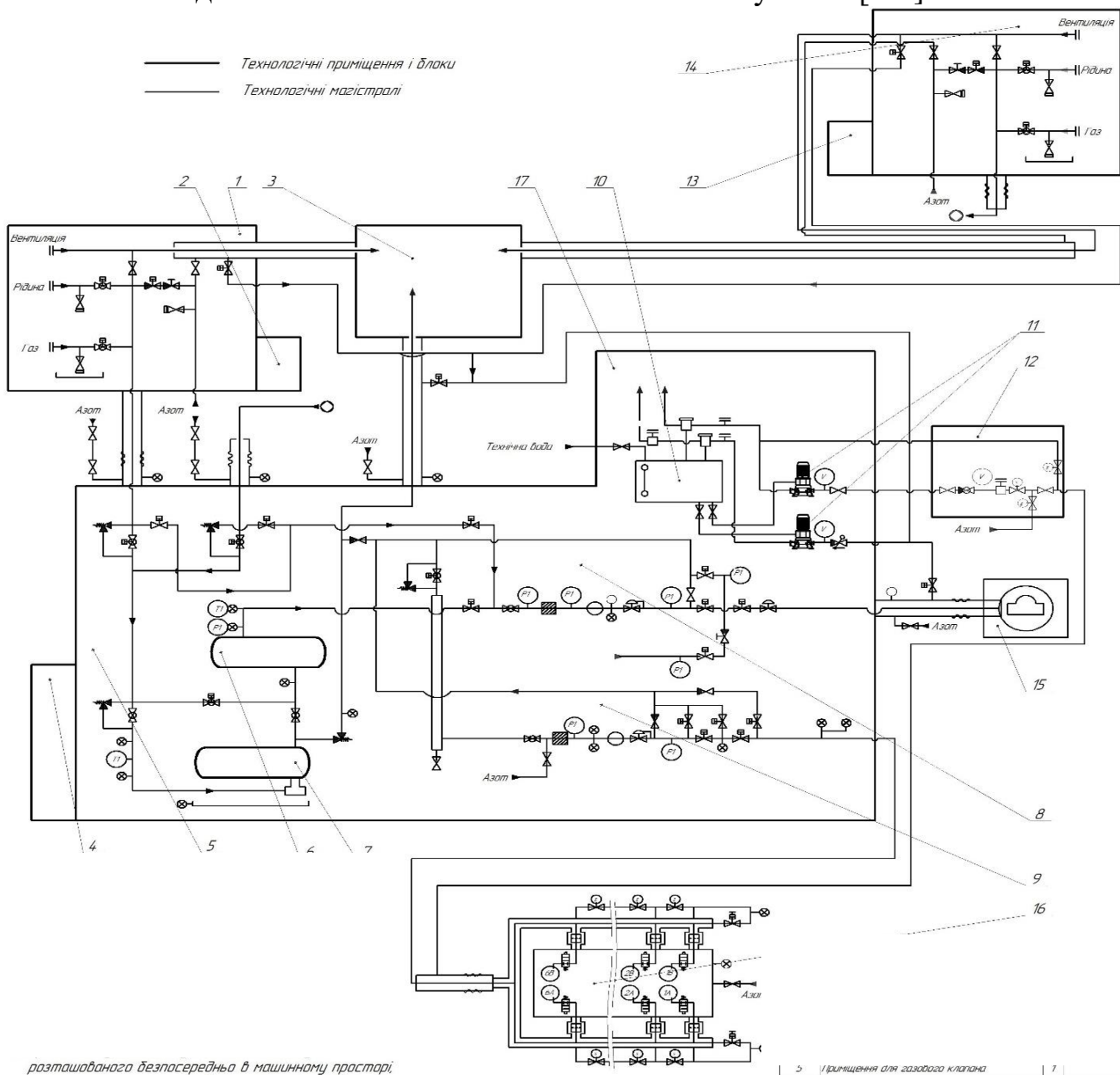
основних двигунів, що здатні працювати одночасно і на важкому паливі і на природному газі. Природний газ (як моторне паливо) використовується для експлуатації судна безпосередньо для заходу і виходу з порту, у порту біли причальної стінки, з метою забезпечення того, щоб викиди виповідали і були встановлені правилами [7-9]. Водночас природний газ може подаватися з берегових ланок, як у газоподібному (СПГ / СПГ), так і в рідкому (ЗПГ) станах [7-9].

Принципова схема системи подачі палива у газовому стані для суднового двигуна наведена на рис. 1 [7-9]. Постачання природного газу на борту (під час роботи в порту) контролюється та відстежується стандартними системами судна: системою подачі газового палива (FGS), яка, у свою чергу, пов'язана з іншими системами, тобто: система виявлення газу; система виявлення витоків газової труби; система управління двигуном; система управління котлом тощо. Відповідно до технологічного циклу, природний газ (у рідкому чи газоподібному стані) надходить на АЗС, яка розташована на палубі 3 - збоку судна від порту [7-9]. Усі наземні колектори для рідин і газів та вентиляційна лінія надходять на суднову магістраль [7-9].

Усі трубопроводи ведуть до приміщення газових клапанів (GVU), куди подається газ, кондиціонований випарником LNG / LNG та нагрівачем горючого газу. Усі газопроводи, включаючи газопроводи, повинні мати тип подвійного каблука. Вони проходять машинне відділення з двигунами та зоною технологічного обладнання [7-9]. Кожне приміщення ГВУ обладнане таким обладнанням [7-9]: запірна арматура з газом вручну; очищувач з'єднань; газовий фільтр; витратомір; регулятор тиску паливного газу; блок для автоматичного відключення подачі газу; вентиляційні клапани; численні датчики / манометри тиску; датчики температури газу. Впускний отвір випарника СПГ / СПГ оснащений ультразвуковим вимикачем, встановленим для виявлення присутності технологічної рідини в трубопроводі та подання сигналу, що стосується роботи клапанів ГВУ [7-9].

Усі гнучкі лінії оснащені запобіжними клапанами, які нагнітають газ для мінімізації викидів в атмосферу [7-9]. Заправні станції мають холодостійкі капельниці, які розташовані під шланговими з'єднаннями кожної рідини, а також стежать за витоків рідини та спрацьовують при виявленні рідини. Інертний газ (N_2) потрібен при використанні як для очищення, так і для створення інерції на всіх ділянках трубопроводу установки. Газ N_2 зберігається в резервуарах високого тиску, розташованих у камері зберігання N_2 на палубі 2. Тиск у резервуарах контролюється, і якщо його значення зменшується через витік або активацію, генерується тривога [7-9]. На палубі (01) або в порту, коли судно працює на газі (СПГ / ЗПГ), у машинному відділенні також є два комплекти аварійних резервуарів N_2 . Вони активуються і використовуються лише для надзвичайних ситуацій і зазвичай зберігаються повністю заповненими [7-9]. До кожного виходу запобіжного клапана ГВУ та вентиляційних отворів підключається головна вентиляційна лінія. У разі небезпеки сировина буде

зберігатися в безпечному місці над палубою. Системи газопостачання також включають підсистеми глибокого та низького всмоктування [7-9].



розташованого безпосередньо в машинному просторі,

5 / приміщення для газозового клапана

7

Рисунок 1 – Загальна схема системи живлення суднового двигуна газовим паливом [7-9]: 1 – під'єднання основної станції газопостачання; 2 – приміщення повітряного блокування; 3 – газова вентиляційна кімната судна; 4 – приміщення повітряного блокування; 5 – приміщення газового клапана; 6 – газовий нагрівач паливний; 7 – випарник природного газу стиснутого; 8 – рампа газова; 9 – блок клапана газового; 10 - бак охолодження води вакуумного насоса системи подачі природного газу; 11 – основний вакуумний насос; 12 – блок керування вакуумним насосом; 13 – приміщення повітряного блокування; 14 – станція газопостачання (на правому борту судна); 15 – допоміжний газовий котел; 16 – головний №2 двохпаливний двигун; 17 – сполучення з всмоктуючими витяжними вентиляторами

Особливості модернізації системи живлення головного двигуна судна для використання газових палив в умовах експлуатації полягають в наступному. Коли пасажирське судно знаходиться в порту, живлення газовим паливом може забезпечуватися зовнішніми контейнерами. В якості контейнерів, відповідно до технічних регламентів, планується використання транспортного засобу для транспортування газу відповідної місткості та (або) заправної баржі [7-9].

Крім того, СЕУ передбачає можливість роботи на СПГ / ЗПГ з двох невеликих власних цистерн для гарантування входу та виходу судна з порту (або в межах екологічної зони експлуатації судна). На борту судна підготовку (очищення) газоподібного палива передбачається здійснювати власною газовою арматурою групи ГВУ. Але достатніх запасів СПГ / СПГ для тривалої роботи двопаливного дизельного генератора (№ 2) у порту може бути недостатньо. Енергію із зовнішнього резервуара (мережі) у різних портах на маршрутах руху судна може забезпечувати СПГ / СПГ, фракційний склад якого може відрізнятися від еталонного складу в різних портах [7-9].

Для того, щоб стабілізувати можливості використання газоподібного палива (з різним фракційним складом СПГ / СПГ) електростанції AIDArima в портах при подачі від зовнішніх джерел, необхідно використовувати спеціальні засоби підготовки газоподібного палива в форма додаткового агрегату підготовки паливного газу. Це дозволить відокремити роботу газового обладнання судна DG No.2 під час його переміщення до / з порту від власних цистерн і в процесі експлуатації - коли він зупиняється в порту. Це, по-перше, забезпечить диверсифікацію використання технологічного обладнання та забезпечить надійну роботу судна [7-9].

На рис. 2 показано додатковий блок газоподібного палива, який слід використовувати в умовах експлуатації судна в порту із зовнішньої газової мережі [7-9]. СПГ при роботі в порту випаровується водно-гліколевим теплообмінником, а також опосередковано нагрівається охолоджувальною водою LT.

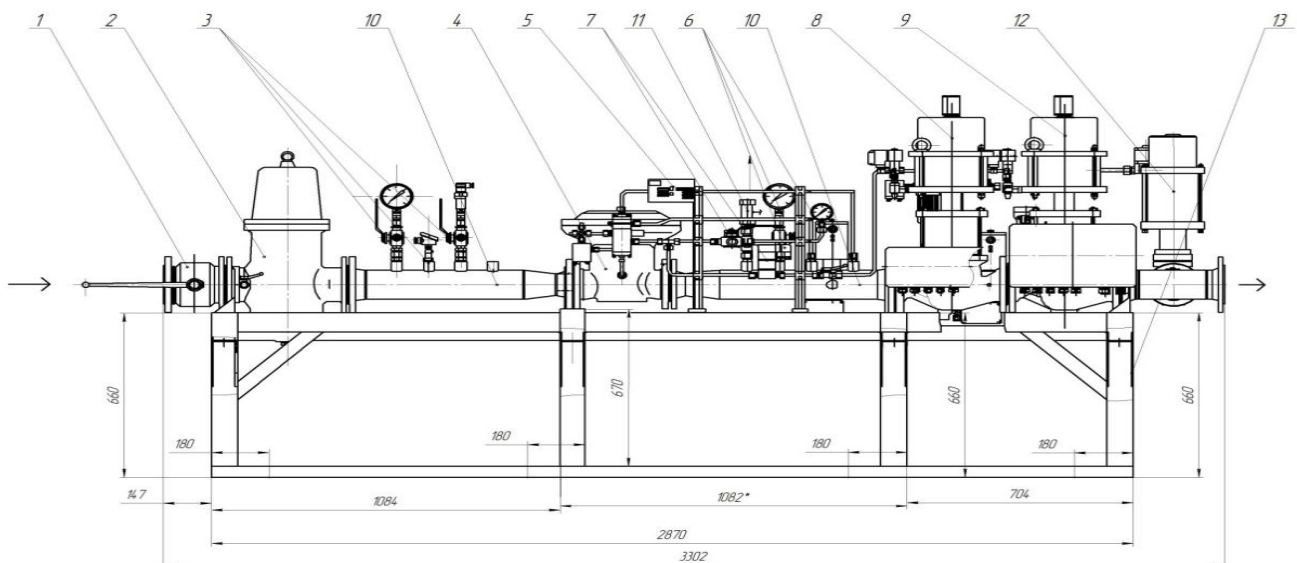


Рисунок 2 – Блок газового палива: 1 – вхідна запорна арматура; 2 – фільтр очищення газового палива; 3 - блок вимірювального обладнання; 4 –

газовий редуктор; 5 – блок керування з газовим лічильником; 6 – блок вимірювального обладнання; 7 – запірна арматура; 8 – газовий насос; 9 – газовий насос; 10 – теплообмінник; 11 – газовий клапан; 12 – насос газовий; 13 – остов блока газового клапана

На рис. 3 показана запропонована для використання принципова схема подачі газового палива для додаткового блоку газоподібного палива, яку слід використовувати в умовах експлуатації судна в порту від газової мережі [7-9]. Система водяного гліколю підтримується при більш низьчому тиску, ніж система паливного газу, щоб мінімізувати ризик потрапляння водяного гліколю в систему паливного газу. Будь-який паливний газ, що надходить у систему водяного гліколю, буде міститися в розширювальному баку для нагріву води випарника СПГ, який контролюється та сигналізується. Випарник СПГ контролюється для запобігання замерзання за допомогою вимикача потоку для низької витрати водяного гліколю (110 м³/год) та датчика температури для низької температури (- 5 °С) [7-9]. Обидва сигнали активують відключення системи паливного газу. Електрична несправність працюючого циркуляційного насоса випарника СПГ призведе до автоматичного перемикавання на резервний насос. Байпасна лінія випарника має нормально закритий клапан з кінцевим вимикачем для закритого положення, який блокується з береговими клапанами подачі рідкого газу [7-9].

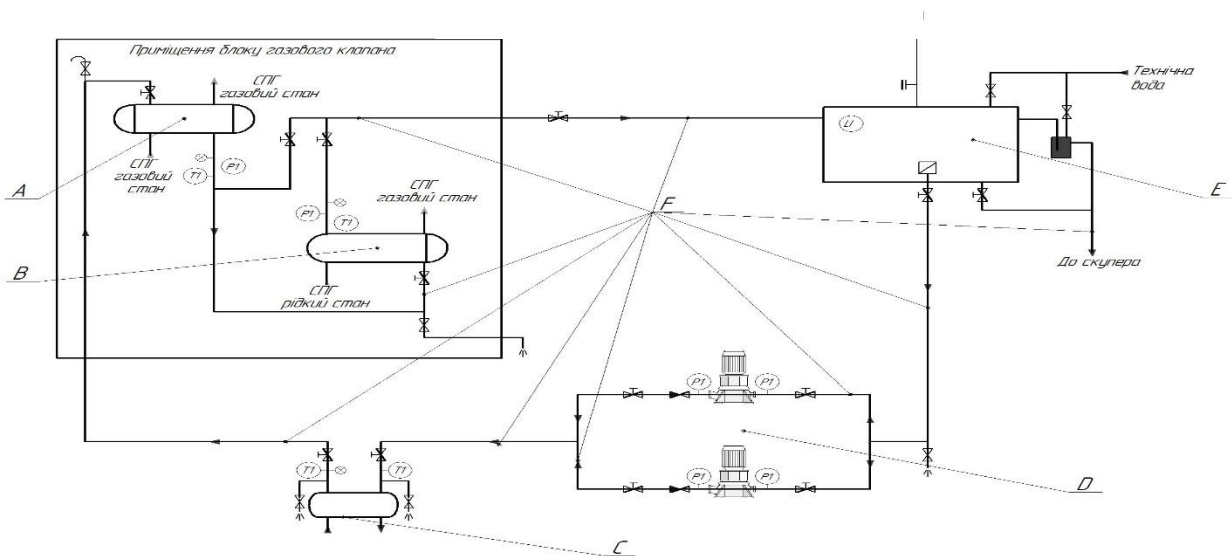


Рисунок 3 – Принципова схема подачі газового палива [7-9]: А – підігрівач газового палива; В – випарник палива; С – гліколевий водонагрівач; D – циркуляційні насоси подачі гарячої води до блоку газового клапана; Е – випарник СПГ за рахунок нагрівання водою у розширювальному танку; F – прісна вода

Висновки. В результаті модернізації системи живлення головного двигуна судна для використання газових палив в умовах експлуатації паливом були отримані теплові та витратні параметри двигуна. Забезпечення газовим паливом суднового двигуна дозволяє його використовувати в умовах порту без погіршення показників його в частині показників потужності і паливної економічності.

