

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

Романцов Андрій Володимирович – студент кафедри енергетичного машинобудування Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова Первомайський навчально-науковий інститут

Ступаков Денис Олегович - студент кафедри енергетичного машинобудування Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова Первомайський навчально-науковий інститут

Ткаченко Юрій Анатолійович - студент кафедри енергетичного машинобудування Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова Первомайський навчально-науковий інститут

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

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАТИВНОЇ ГОТОВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ПОРТОВОГО БУКСИРУ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЙОГО ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ

Постановка проблеми. Одне з можливих формулювань поняття «оперативна готовність» полягає в забезпечення надійності об'єктів, необхідність застосування яких виникає в довільний момент часу, після якого потрібно безвідмовна робота протягом певного проміжку часу. До цього моменту такі об'єкти можуть перебувати як в режимі чергування, так і в режимі застосування - для виконання інших робочих функцій. В обох режимах можливе виникнення відмов і відновлення працездатності об'єкта [1-4]. Для головного суднового двигуна суть поняття полягає у забезпеченні безвідмовності запуску ДВЗ і прийомі навантаження при оптимальному температурному стані (при використанні бросової теплоти відпрацьованих газів, накопиченої тепловим акумулятором фазового переходу) в процесі його експлуатації без попередньої роботи в режимі холостого ходу і запуску [4]. До показників, що характеризують ефективність забезпечення «оперативної готовності», в першу чергу, слід віднести показники потужності (включаючи питомі), економічні та екологічні характеристики. Однак поліпшення названих характеристик є серйозною проблемою і обумовлено низкою факторів [1, 3].

Істотну роль в забезпеченні конкурентоспроможності техніки грає час, необхідний для приведення силових установок в робочий стан, підготовчі операції, прогрів і пуск двигуна. Основною складовою цього часу є тривалість пуску двигуна і підготовка до нього, яка, при низьких температурах навколишнього середовища, визначає здатність машин виконувати свої функції [1 - 4]. Сказане свідчить про існування суперечності між безальтернативною сьогодні потребою людства продовжувати широке використання ПДВЗ для своїх потреб, з одного боку, і значними втратами енергії з їх ВГ, шкідливим

впливом ВГ на людину і навколишнє середовище (НС), а також складністю підтримувати робочі температури середовищ в процесі зупинки буксира під час виконання технологічних операцій - з іншого [1 - 4].

Основним завданням роботи було розробити комплекс заходів для підвищення оперативної готовності головного двигуна Caterpillar 3512С судна-буксиру проекту Т2440 «ANTARES» в умовах експлуатації. Об'єктом модернізації був процес забезпечення теплової підготовки головного двигуна Caterpillar 3512С судна-буксиру проекту Т2440 «ANTARES» для формування його оперативної готовності в умовах експлуатації.

Основні результати дослідження. Для покращення параметрів робочих процесів прогріву двигуна внутрішнього згорання ТЗ і ЕУ при формуванні і проектуванні теплових акумуляторів фазового переходу можливо використовувати різні технічні рішення. Основні можливі рішення, у порівнянні з уже відомими, що автори вбачають доцільними в порядку перспектив розвитку систем прогріву, як самого ДВЗ, так і ТЗ і ЕУ [1-4]:

- керування температурним впливом у фіксованих межах при здійсненні процесу передпускового і післяпускового прогріву ДВЗ, ТЗ і ЕУ в багатосекційному ТА;

- використання зовнішніх джерел енергії в ТЗ і ЕУ для підігріву двигуна й підтримання властивостей БТА;

- використання зовнішніх джерел енергії або рекуперація енергії в ТЗ і ЕУ для підігріву двигуна й підтримання властивостей ТА.

В напрямку створення і реалізації можливих рішень, автор [1-4] вбачає доцільним в порядку перспектив розвитку систем прогріву ДВЗ, а саме конструкції його теплових акумуляторів фазового переходу, можливо запропонувати наступне:

Тепловий акумулятор фазового переходу (патент № 70814 UA) [3, 4] складається з вакуумованого корпусу 1 (рис. 1), знімної кришки 2, що має вхідні 3, 4, 5, 6 і вихідні 7, 8, 9, 10 отвори, в які встановлені впускний трубопровід газоподібного теплоносія 11, впускні 12, 13 і випускні 15, 16, 17 трубопроводи блоків, впускний 14 і випускний 18 трубопроводи рідинного теплоносія. До впускного трубопроводу газоподібного теплоносія 11 примикає повітряний трубопровід 51, який забезпечений нагнітаючим насосом 47 і запірним клапаном 41. Усередині корпусу знаходяться блоки секцій 19, 20, 21, що складаються з циліндричних коаксіально розташованих капсул, заповнених фазоперехідним теплоакumuлюючим матеріалом 22 з кільцевими зазорами 23 для проходу газоподібного теплоносія (відпрацьовані гази ДВЗ). Крім цього в блоці секції 21 встановлені нагрівальні елементи 24 рідинного теплоносія блоку секції з більш низьким діапазоном робочих температур. Вся конструкція теплообмінника змонтована на знімній кришці 2, яка закріплена за допомогою болтових з'єднань 25 до елементів кріплення корпусу 26, встановлених на самому корпусі. Випускний трубопровід газоподібного теплоносія 50 з датчиком 45 робочої температури приєднаний до змішувальної камері 44, до якої підходять випускні трубопроводи блоків 15, 16, 17 і повітряний

трубопровід 51. Випускний трубопровід 18 рідинного теплоносія з датчиком робочої температури 46 приєднаний до нагрівальних елементів 24 рідинного теплоносія блоку секції з більш низьким діапазоном робочих температур, встановленим у блоці секції 21, які приєднані до впускного трубопроводу рідинного теплоносія 14 із нагнітаючим насосом 49 і запірним клапаном 37 (встановлення нагрівальних елементів всередині циліндричних капсул умовно не показано). Регулювати кількість тепла, що подається, в змішувальну камеру 44 і, відповідно, до випускного трубопроводу газоподібного теплоносія 50 дозволяє наявність на перепускових трубопроводах запірних клапанів 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, а автономно здійснювати перезарядку (власний підігрів) блоку секції 21 з більш низьким діапазоном робочих температур від блоків секцій 19, 20 з більш високим діапазоном робочих температур дозволяє наявність перепускового 52 трубопроводу з нагнітаючим насосом 48 і запірних клапанів 34 і 36 [3, 4].

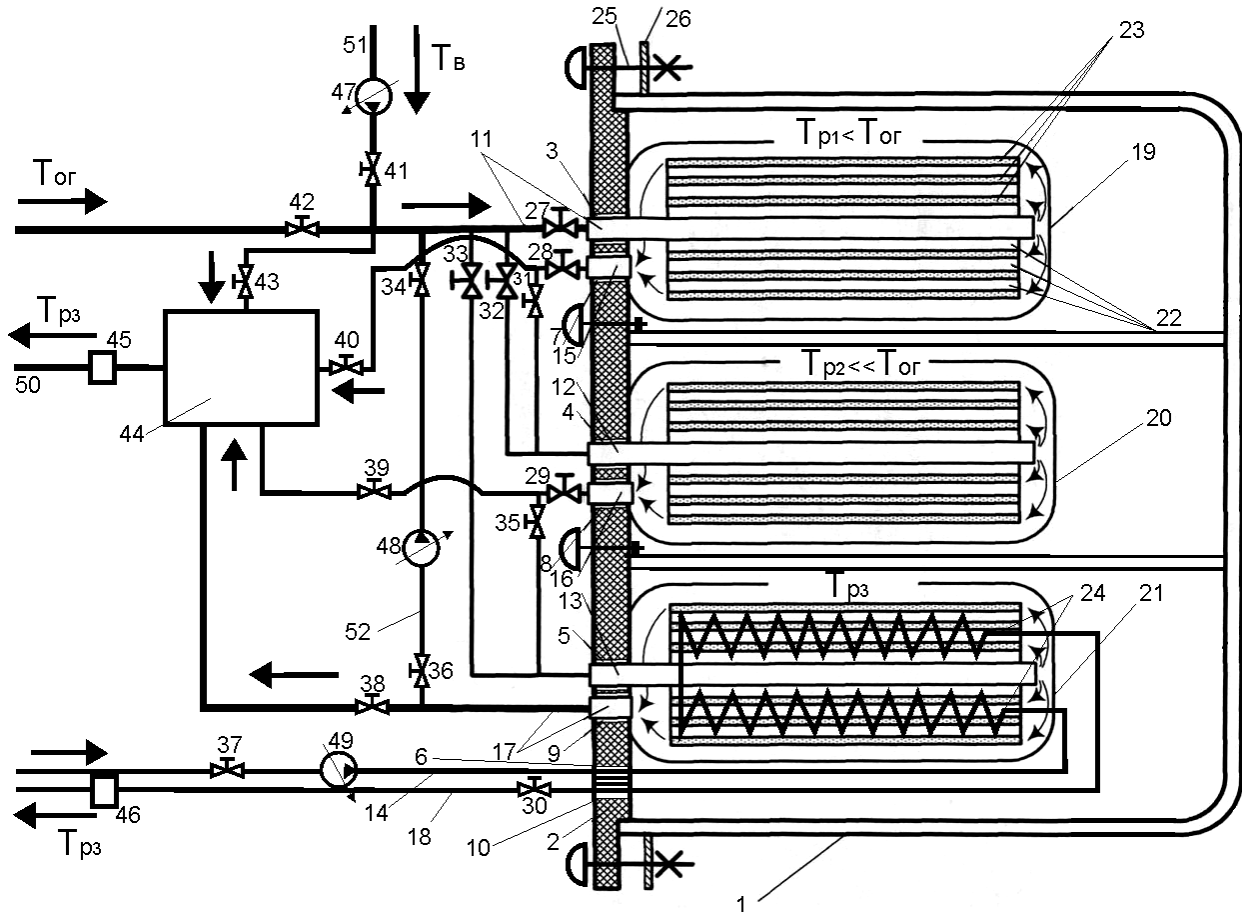


Рисунок 1 - Тепловий акумулятор фазового переходу (патент № 70814 UA)

Мета запропонованої моделі підвищити ефективність використання палива та утилізації відпрацьованих газів у більш широкому температурному діапазоні, підтримання температури охолоджуючої рідини в системі охолодження при заглушеному ДВЗ в межах температур «гарячого прогріву» ($50 - 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$, в залежності від експлуатаційних вимог і заводської інструкції) при низьких температурах навколишнього повітря, або, якщо температура охолоджуючої рідини (оливи і палива) двигуна не відповідає встановленим

вище вимогам, а також одночасного підтримання температури теплоносія, що надходить в ДВЗ паралельно по двом потокам, як газоповітряному, так і рідкому, причому з фіксованою однаковою температурою потоків з більш вузьким діапазоном робочих температур, наближених до робочої температури ДВЗ [1-4]. Застосування даного ТА дозволить [1-4]:

а) зменшити витрати палива на прогрів ДВЗ в холодну пору року, тим самим підвищуючи ефективність його використання;

б) досягти більшої зручності в утилізації відпрацьованих газів у більш широкому температурному діапазоні;

в) підтримувати температуру охолоджуючої рідини в системі охолодження при заглушеному ДВЗ в межах температур «гарячого прогріву» (50 ... 70 °С, в залежності від експлуатаційних вимог й заводської інструкції) при низьких температурах навколишнього повітря, або, якщо температура охолоджуючої рідини (оливи і палива) двигуна не відповідає встановленим вище вимогам;

г) одночасно підтримувати температури теплоносія, що надходить в ДВЗ паралельно по двом потокам, як газоповітряному, так і в рідинному, причому з фіксованою однаковою температурою потоків з більш низьким діапазоном робочих температур, наближених до робочої температури ДВЗ;

д) автономно здійснювати перезарядку (власний підігрів) секції блоку з більш низьким діапазоном робочих температур від секцій блоку з більш високим діапазоном робочих температур.

У базовій версії неможливо використовувати термообробку та підтримувати належний тепловий стан суднового двигуна без використання процесів згоряння палива [1-4]. Не передбачено накопичення теплової енергії в елементах системи охолодження конструкції двигуна судна. В результаті модернізації швидкість судна не змінюється, але зменшуються витрати на паливо та загальний обсяг (розмір) експлуатаційних витрат тощо. Запропонована модернізація стосується встановлення додаткових елементів у системі охолодження, тобто теплообмінник багатосекційного теплового акумулятора встановлений паралельно з витяжним трубопроводом у паралельному потоці з глушником, і його можна вимкнути (за необхідності) шляхом пропускання відпрацьованих газів через байпас у вихлопному трубопроводі. Крім того, встановлюються електронасоси, електромагнітні клапани, фазоперехідні теплові акумулятори, за допомогою яких здійснюється прискорена тепла підготовка суднового двигуна без його пуску; у вихлопній системі встановлення електричних клапанів, трубопроводів, електричного насоса та теплообмінника, за допомогою яких тепла енергія відпрацьованих газів акумулюється у акумуляторі тепла фазового переходу. У зв'язку з тим, що запропонована модернізація не ускладнює процес монтажу та розбирання, час на обслуговування та ремонт системи охолодження однаковий для базового та пропонованого варіантів. Запропоновану модернізацію системи охолодження пропонують провести під час чергових планових ремонтних робіт, що дозволить уникнути подальших простоїв судна [3, 4].

Матеріали для зберігання тепла для секцій накопичення тепла (див. Рис. 1) представлені в таблиці 1 [3, 4].

Таблиця 1 – Характеристики теплоакumuлюючих матеріалів для їх посеkційного розміщення у тепловому акумуляторі [3, 4]

Склад теплоакumuлюючого матеріалу за секціями на рис. 1	Температура фазового переходу (плавлення-кристалізація), К	Секція теплового акумулятора на рис. 1
Система матеріалів з фторидів натрія, калія, літія і барія (склад зразка $10,34\text{NaF} + 39,73\text{Kf} + 3\text{BaF}_2 + 2\text{Sn}$)	621	1
Гідроксид натрія NaOH	573	1
Склад матеріалів: ацетат-нітратна суміш (склад: $39\text{KNO}_3 + 61\text{CH}_3\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}_2$)	483	2
Система бінарна евтектична нітратів калія і літія	40	3
Поліетилен високої густини низького тиску	408	3
Система матеріалів з галогенідів калія і алюмінія та йодиду гафнія (склад: $30,1\text{KCl} + \text{AlCl}_3 + 47,8\text{HfI}_4$)	371	3

Система охолодження двигуна внутрішнього згоряння з підсистемою для використання теплової енергії вихлопних газів за допомогою акумулятора тепла з фазовим переходом включена як невід'ємна частина системи охолодження двигуна внутрішнього згоряння і виконує частину його функцій, тобто забезпечує швидкий нагрів двигуна внутрішнього згоряння до робочої температури і утримує його в межах, визначених процесом роботи і конструкцією двигуна. Принцип роботи в цілому полягає в накопиченні енергії теплового димоходу. газ (вихлопний газ), який утворюється при спалюванні палива і не використовується для корисних робіт, але викидається в атмосферу з відпрацьованими газами [1-4].

Таким чином був запропонований і розроблений варіант комплексу заходів для підвищення оперативної готовності головного двигуна Caterpillar 3512C судна-буксиру проекту T2440 «ANTARES» в умовах експлуатації на основі багатосекційного теплового акумулятора фазового переходу.

Висновки. Були проаналізовані найбільш суттєві конструктивні особливості сучасного буксира «ANTARES» і суднового двигуна моделі 3512C фірми Caterpillar. На підставі проведеного аналізу розроблено ряд заходів щодо підвищення оперативної готовності головного двигуна Caterpillar 3512C судна-буксиру проекту T2440 «ANTARES» за рахунок модернізації системи охолодження. Запропонована модернізація системи охолодження, що викликана забезпеченням підвищення оперативної готовності суднового

двигуна, для повноцінного виконання технологічних операцій судном портового класу за рахунок встановлення багатосекційного теплового акумулятора фазового переходу в систему охолодження. В цілому всі цілі, що ставились в роботі досягнуті.

Література

1. Гутаревич Ю.Ф. До вибору теплоакumuлюючих матеріалів теплового акумулятора збереження теплового стану ДВЗ / Гутаревич Ю.Ф., Александров В.Д., Грицук І.В., Постніков В.О., Добровольський О.С., Адров Д.С. // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2013. – Випуск 26., стор. 127-132.
2. Адров Д.С. Тепловий акумулятор як засіб підвищення ефективності пуску стаціонарного двигуна в умовах низьких температур / Д.С. Адров І.В., Грицук, Ю.В. Прилепський, В.І. Дорошко // Зб.наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ. - Донецьк: ДонІЗТ, 2011– Випуск №27. с. 117-126
3. Волков В.П. Системи прогріву двигунів внутрішнього згорання: основи функціонування: монографія / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.Ф. Гутаревич, і др. – Донецьк: Вид-во «Ноулідж», 2015.- 314с.
4. Александров В.Д. Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних засобів: параметри робочих процесів / В.Д. Александров, Ю.Ф. Гутаревич, І.В. Грицук, і др. – Донецьк: Вид-во «Ноулідж», 2014.- 230 с.

Грицук Олександр Васильович, д.т.н., професор каф.ДВЗ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Сусла Анастасія Олександрівна, здобувач магістратури каф.ДВЗ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
kovalenkona20000@gmail.com

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ЗШХ АВТОМОБІЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ У ВІТЧИЗНЯНОМУ ДВИГУНОБУДУВАННІ

Суттєвою перевагою дизелів, які розробляються заново, перед існуючими є можливість використання вже накопиченого досвіду та втілення його у метал. Новим, і поки що останнім, напрямком дизелебудування України є створення малолітражних дизелів, у тому числі і високообертового автомобільного [1,2]. Останні розробки призупинені на створенні шестициліндрових дизелів 6ДТНА1 та 6ДТНА2 (рис.1) для вітчизняних автобусів малого класу категорії М3, повною масою від 5 до 8 тонн, і вантажівок військового призначення.