

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Мітенкова Віра Сергіївна

УДК 621.431.36

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ У СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВКАХ**

Спеціальність 05.05.03 -Двигуни та енергетичні установки

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Миколаїв 2010

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний морегосподарський комплекс України відчуває серйозні проблеми з нафтовими паливами, тому виникає необхідність пошуку, впровадження й ефективного використання альтернативних палив в судновій енергетиці. Враховуючи світовий досвід експлуатації суден різних типів, перспективними альтернативними паливами на сьогоднішній день є *зріджений природний газ (ЗПГ)* для суден, що використовують його лише як паливо, та *біодизельні палива (БД)* для малотоннажних суден прибережного й внутрішнього районів плавання.

Такі палива мають перспективу використання в Україні, враховуючи прогнозовані запаси природного газу та значні потенційні можливості вирощування ріпаку як сировини для біодизельних палив, зокрема в Чорнобильській зоні. Це набуває особливої актуальності щодо прагнення вступу України до ЄС, де існують жорсткі обмеження на викиди із суден для внутрішніх водоймищ і морів та активно впроваджуються заходи, спрямовані на зменшення залежності держав від імпортованих викопних палив.

У відомих публікаціях інформація про особливості конфігурації та схемних рішень суднових паливних систем для ЗПГ (зокрема дослідження компанії Wartsila) та БД є обмеженою. Наводяться переважно загальні положення щодо вибору вхідних даних для проектування паливних систем СЕУ, практично відсутні цілісні методики та конкретні рекомендації з особливостей підбору обладнання, визначення його основних параметрів тощо. Існуючі відомості про характер зміни параметрів робочого процесу при переведенні двигунів з дизельного на біодизельне паливо досить різняться між собою в залежності від характеристик двигуна та палива. Відсутній чіткий механізм оцінювання ефективності використання альтернативних палив на судах, в якому б враховувалися зміни в СЕУ при використанні цих палив.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дослідження виконано автором на кафедрі суднових та стаціонарних енергетичних установок Машинобудівного інституту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова в рамках Пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки за напрямком 6 «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі», за держбюджетною темою № 0108U001170 «Розробка методики проектування суднових енергетичних установок на альтернативних паливах» (2008–2009 рр.), при виконанні якої здобувач брала участь як відповідальний виконавець на посаді молодшого наукового співробітника.

Метою дослідження є забезпечення ефективного використання зрідженого природного газу й біодизельних палив у суднових енергетичних установках шляхом визначення типу обладнання та основних параметрів паливних систем СЕУ.

Досягнення поставленої мети обумовило вирішення **наступних задач**:

- встановлення особливостей процесів в елементах паливних систем судових енергетичних установок при використанні альтернативних палив;
- розробка структури та принципів схем паливних систем СЕУ при використанні ЗПГ та БД;
- розробка моделей судових паливних систем для альтернативних палив;
- визначення термодинамічних параметрів і масогабаритних характеристик основного обладнання паливних систем СЕУ при використанні зрідженого природного газу та біодизельних палив;
- призначення типу обладнання та основних параметрів при проектуванні й експлуатації паливних систем СЕУ, що застосовують альтернативні палива;
- розробка загальної структури комплексного критерію ефективності використання альтернативних палив у СЕУ та методик його визначення для ЗПГ і БД;
- отримання експериментальних даних з основних параметрів судового середньооборотного двигуна з метою порівняння його роботи на дизельному та біодизельному паливах;
- впровадження результатів досліджень у практику проектування СЕУ з дизельними двигунами на альтернативних паливах.

Об’єкт дослідження – процеси, що відбуваються в паливних системах судових енергетичних установок при використанні альтернативних палив.

Предмет дослідження – параметри процесів, що відбуваються в паливних системах СЕУ при роботі на зрідженому природному газі та біодизельних паливах.

Методи дослідження. При розробці комплексного критерію ефективності застосовані методи системного аналізу та методи порівняння складних технічних систем. Застосування цих методів дозволило виконати системний аналіз СЕУ на трьох ієрархічних рівнях: суднова енергетична установка – паливні системи установки – окреме обладнання паливних систем. Математичні моделі судових паливних систем розроблені із застосуванням фундаментальних законів гідромеханіки (рівняння Нав’є–Стокса, нерозривності, Бернуллі, Козені–Кармана, формула Дарсі–Вейсбаха, закони Дарсі, Стокса), тепломасообміну (закони Фур’є, Ньютона–Ріхмана), фізики низьких температур. Для визначення параметрів паливних систем використовувався метод математичного моделювання. При проведенні експериментальних досліджень для визначення основних параметрів робочого процесу судового двигуна при роботі на дизельному та біодизельному паливах був застосований метод стендових випробувань. Основні параметри робочого процесу двигуна визначалися за допомогою системи моніторингу DEPAS D4.0H в реальному часі.

Наукові результати, які автор захищає, та їх новизна:

– **вперше** визначено закономірності зміни параметрів процесів та характеристик паливних систем СЕУ на зрідженому природному газі (розрахункова випаровуваність газу, відносна маса, питома площа й об'єм цистерн зберігання) для суден, що використовують його лише як паливо, та діапазон вхідних показників (тиск зберігання – 0,6...0,9 МПа, товщина ізоляції цистерн – 7...11 % від діаметра вмістищ, відношення діаметра до висоти цистерни – 0,25...0,35), реалізація яких забезпечує підвищення ефективності використання альтернативного палива в СЕУ;

– **уточнено** для малотоннажних суден кількісні та якісні зміни параметрів процесів та характеристик паливних систем СЕУ при використанні біодизельних палив, зокрема зниження швидкостей фільтрації та сепарації на 60 і 65 %, збільшення маси запасів палива до 16 %, об'єму паливних цистерн – до 10 %, витрати енергії на перекачування палива – до 50 % порівняно з використанням дизельного палива;

– **уточнено** особливості застосування комплексного критерію ефективності використання альтернативних палив у СЕУ, який відрізняється ранжуванням призначених показників (масогабаритних, живучості, автономності, економічних, екологічних) у залежності від району експлуатації та типу суден, що дозволило приймати обґрунтовані рішення щодо вибору альтернативного палива для суднових енергетичних установок;

– **отримала подальший розвиток** методологія створення паливних систем СЕУ для використання зрідженого природного газу й біодизельних палив шляхом застосування комплексного підходу до визначення раціональних значень термогідродинамічних параметрів (розрахункова випаровуваність, швидкості фільтрації та сепарації, витрати енергії на перекачування палив) і масогабаритних характеристик (маса та об'єм запасів БД, відносна маса, питома площа й об'єм цистерн зберігання ЗПГ), що забезпечує ефективне використання альтернативних палив на судах.

Достовірність результатів досліджень забезпечується коректним застосуванням методів досліджень, використанням фундаментальних рівнянь та залежностей, прийнятих для дослідження паливних систем суднових енергетичних установок при використанні альтернативних палив, необхідною точністю експерименту з використанням сучасного вимірювального обладнання, задовільним узгодженням розрахункових і дослідних даних.

Практичну цінність отриманих результатів становлять:

– методики та програми розрахунку термогідродинамічних і масогабаритних параметрів паливних систем СЕУ для зрідженого природного газу;

– конфігурації паливних систем СЕУ для альтернативних палив та варіанти принципів схем;

- рекомендації щодо особливостей проектування суднових паливних систем при використанні ЗПГ і БД;
- методики розрахунку комплексного критерію ефективності використання альтернативних палив у СЕУ для зрідженого природного газу, біодизельного палива та його сумішей;
- рекомендації щодо зміни характеристик середньооборотного дизельного двигуна при переведенні його з дизельного на біодизельне паливо;
- рекомендації щодо підвищення ефективності експлуатації паливних систем при використанні альтернативних палив.

Впровадження результатів досліджень. Основні наукові результати дисертаційної роботи мають теоретичне й практичне значення для проектування паливних систем суднових енергетичних установок на альтернативних паливах і використовуються на ВАТ «Чорноморсуднопроект», ТОВ ПДБ «ПроЛайн» (проектування малотоннажних суден), ВАТ «УкрНДІ ТСМ» у перспективних розробках суднових та стаціонарних енергетичних установок на зрідженому природному газі й біодизельних паливах, а також у навчальному процесі Національного університету кораблебудування при виконанні дипломних проектів та магістерських робіт зі спеціальності «Суднові енергетичні установки та устаткування».

Особистий внесок здобувача. Наукові результати, висновки й рекомендації, які наведені в дисертації і виносяться на захист, отримані автором самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачем розроблені варіанти схем паливних систем СЕУ при використанні біодизельних палив та зрідженого природного газу, а також математичні моделі паливних систем ЗПГ; визначені раціональні параметри паливних систем альтернативних палив; оброблено й проаналізовано результати випробувань судового середньооборотного двигуна на дизельному та біодизельному паливах; розроблені загальна структура комплексного критерію ефективності використання альтернативних палив у СЕУ та методики визначення цих критеріїв для ЗПГ, БД та їх сумішей з дизельними паливами (ДП).

Апробація результатів дисертації. Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи доповідалися і були позитивно оцінені на XIII та XIV Міжнародних конгресах двигунобудівників (Харків–Рибальське, 2008 і 2009 рр.); на III Міжнародній науково-технічній конференції «Эффективность, надежность и безопасность энергетических установок» (Севастополь–Батіліман, 2008 р.); на II Міжнародному науково-технічному семінарі «Исследование, проектирование и эксплуатация судовых ДВС» (Російська Федерація, Санкт-Петербург, 2007 р.); на V Всеукраїнській науково-технічній конференції «Проблеми енергозбереження України та шляхи їх рішення» (Харків, 2009 р.); на V Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економії енергії» (Львів, 2008 р.); на III Міжнародній науково-техніч-

ній конференції «Суднові енергетичні установки і системи: експлуатація та ремонт» (Одеса, 2009 р.); на III і IV Міжнародних науково-технічних конференціях студентів, аспірантів, науковців та фахівців «Суднова енергетика: стан та проблеми», (Миколаїв, 2007 і 2009 р.); на Міжнародній науково-технічній конференції «Безопасность мореплавания и ее обеспечение при проектировании и постройке судов (БМС-2007)» (Миколаїв, 2007 р.); на I Міжнародній науково-технічній конференції «Холод в енергетиці і на транспорті: сучасні проблеми кондиціонування та рефрижерації» (Миколаїв, 2008 р.); на Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2009)» (Херсон, 2009 р.); на II і III Всеукраїнських науково-технічних конференціях «Сучасні проблеми двигунобудування: стан, ідеї, рішення» (Первомайськ, 2007, 2009 рр.); на II Міжнародній науково-технічній конференції «Муніципальна енергетика: проблеми, рішення» (Миколаїв, 2007 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 25 наукових праць, з них 12 – статті в спеціалізованих наукових виданнях з технічних наук, які входять до переліку, затвердженого ВАК України, 13 матеріалів і тез доповідей – у збірниках Всеукраїнських та Міжнародних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі списку умовних скорочень, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Обсяг основного тексту дисертаційної роботи становить 164 сторінки, рисунків – 52, таблиць – 15. Список використаних джерел містить 208 найменувань на 20 сторінках. У додатках наведені акти впровадження, фрагмент тексту програми, акт метрологічної експертизи вимірювального обладнання, сертифікат якості біодизельного палива.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, визначені об'єкт і предмет дослідження, сформульовані мета й основні завдання дисертаційної роботи, стисло викладені методологічні основи дослідження, наукова новизна та практичне значення роботи.

У першому розділі здійснено огляд стану та особливостей використання альтернативних палив у суднових енергетичних установках за вітчизняними й зарубіжними джерелами; проведено порівняння різних засобів вирішення однієї з екологічних проблем суднової енергетики – зменшення викидів шкідливих речовин у атмосферу; встановлено, що використання альтернативних палив є одним з ефективних та економічно прийнятних методів вирішення цієї проблеми.

Аналіз досвіду використання сучасних суден різних типів дав змогу визначити перспективні на сьогоднішній день альтернативні палива для СЕУ. До них належать зріджений природний газ для суден, які використовують

його лише як паливо, біодизельне паливо та його суміші для малотоннажних суден прибережного й внутрішнього районів плавання. Визначено основні шляхи забезпечення ефективного використання альтернативних палив на судах, у тому числі шляхом раціонального вибору конфігурації та параметрів паливних систем. Огляд існуючих літературних джерел показав недостатність інформації щодо особливостей конфігурації, схемних рішень, вибору значень раціональних характеристик паливних систем СЕУ для зрідженого природного газу та біодизельного палива.

У другому розділі здійснено обґрунтування вибору основних методів дослідження паливних систем. Розроблено методика дослідження та узагальнену модель паливних систем СЕУ для альтернативних палив. Визначено основні керувані вхідні параметри при проектуванні паливних систем для ЗПГ та БД, обґрунтовано діапазон їх зміни.

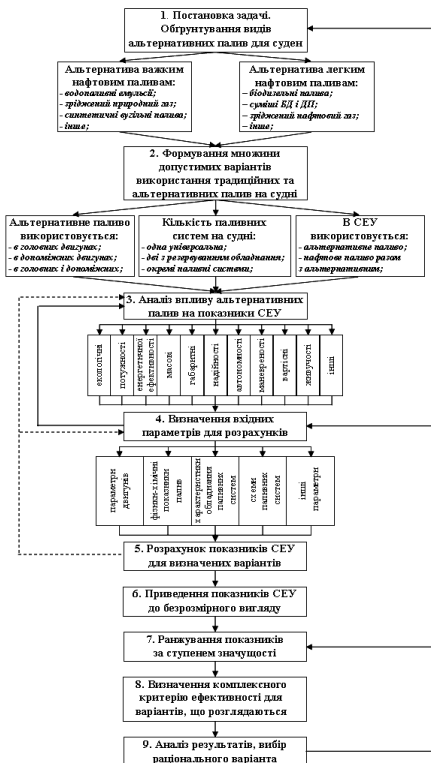


Рис. 1. Структурна схема визначення комплексного критерію ефективності застосування альтернативних палив у суднових енергетичних установках

Розроблено методика проведення експериментального дослідження роботи суднового середньоборотного двигуна 6ЧН 25/34 на дизельному та біодизельному паливах. Наведено опис основного вимірювального обладнання, значення похибок вимірювання, методи визначення параметрів робочого процесу двигуна, реалізовані в розрахунковому модулі.

На основі аналізу методів оцінки ефективності технічних рішень розроблено методика визначення ефективності використання на судах альтернативних палив з урахуванням їх особливостей із застосуванням комплексного критерію (рис. 1). Розроблена методика є окремим випадком методу обґрунтування раціональних рішень при порівнянні складних технічних систем стосовно задачі вибору типу палива для СЕУ на стадії концептуального проектування. Методика визначення комплексного критерію ефективності використання альтернативних палив враховує вплив типу палива

на основні показники СЕУ з їх ранжуванням відповідно до умов та району експлуатації конкретного судна.

Сформульовано мету дослідження як підвищення ефективності використання зрідженого природного газу й біодизельних палив у суднових енергетичних установках шляхом визначення раціональних термогідродинамічних параметрів та масогабаритних характеристик паливних систем: маси, об'єму та площі паливних вміщ, розрахункової випаровуваності й кількості теплоти, потрібної для регазифікації зрідженого природного газу, швидкостей фільтрації та сепарації, потужностей приводів насосів для біодизельного палива).

У третьому розділі наведені розроблені автором моделі паливних систем суднових енергетичних установок для БД та ЗПГ, в яких враховано особливості цих палив і вимоги до систем СЕУ. Отримані результати містять варіанти конфігурації та схемних рішень систем, особливості основного обладнання й раціональні значення параметрів та процесів, що відбуваються в елементах паливних систем, одержані на основі розроблених математичних моделей.

Розроблено варіанти схем паливних систем при використанні біодизельного палива зі збереженням всіх функцій, рекомендованих для типових паливних систем СЕУ. Одна з розроблених схем паливних систем БД наведена на рис. 2 (на дану схему подано заявку про видачу патенту України на корисну модель, дата подання заявки – 29.01.2010р., номер – u2010 00911).

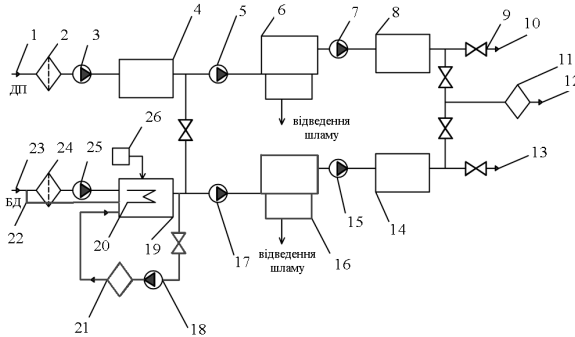


Рис. 2. Принципова схема паливної системи дизельної установки з можливістю роботи на дизельному та біодизельному паливах та їх сумішах з комбінованими установками очищення палива:

- 1 – приймальний трубопровід дизельного палива; 2, 24 – фільтри грубого очищення;
- 3, 25 – насоси перекачування палива; 4, 19 – цистерни зберігання палива;
- 5, 17 – насоси установок очищення палива; 6, 16 – комбінована установка очищення палива (фільтр-сепаратор з вбудованим підігрівником палива); 7, 15 – насоси подачі палив у витратні цистерни; 8, 14 – витратні цистерни; 9 – запірний клапан;

- 10 – дизельне паливо до двигуна; 11 – змішувач; 12 – суміш ДП та БД до двигуна;
 13 – БД до двигуна; 18 – насос сепаратора; 20 – занурений підігрівник палива;
 21 – сепаратор; 22 – супутниковий обігрівник; 23 – приймальний трубопровід БД;
 26 – цистерна присадок для БД

Розроблено варіанти принципів схем паливних систем для ЗПГ, які відрізняються місцем розташування, кількістю та положенням ємностей (вертикальним або горизонтальним), кількістю, типом випарників-підігрівників та способом організації процесу регазифікації. Сформульовані основні вимоги до розробки схем паливних систем СЕУ для зрідженого природного газу. Одна з розроблених схем паливних систем ЗПГ наведена на рис. 3 (на дану схему подано заявку про видачу патенту України на корисну модель, дата подання заявки – 29.01.2010р., номер – u2010 00914).

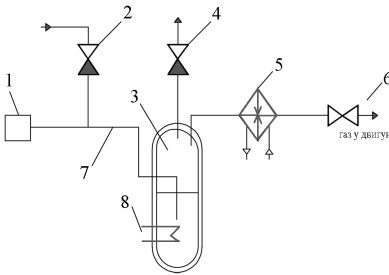


Рис. 3. Принципова схема паливної системи суднової енергетичної установки при використанні зрідженого природного газу з вертикальним розташуванням цистерн:
 1 – бункерувальний пристрій; 2 – продування азотом; 3 – цистерна зберігання зрідженого газу; 4 – скидання випареного газу з цистерни; 5 – підігрівник газу; 6 – паливо до споживачів; 7 – занурений випарник рідкої фази палива; 8 – приймальний трубопровід

Розроблено математичну модель паливної системи для ЗПГ, що включає в себе рівняння, за якими визначають параметри процесів та характеристики такого обладнання, як криогенні цистерни, трубопроводи, насоси й випарники-підігрівники, а також враховує випаровуваність рідкої фази. Аналіз характеристик паливних систем зрідженого природного газу показав, що найбільшу частину маси систем складають цистерни зберігання разом із паливом.

Як функцію цілі обрано мінімізацію масогабаритних характеристик цистерн, а показники енергоефективності введені як додаткові обмежувальні параметри. Залежності, що характеризують ефективність паливних цистерн, представлені як функції вхідних параметрів:

$$\bar{m}_r = f(P, D/H, K, [\sigma], \rho, x_a, m_f), \quad \bar{v}_r = f(P, D/H, K, [\sigma], \rho, x_a, m_f),$$

$$\bar{s}_r = f(P, D/H, K, [\sigma], \rho, x_a, m_f), \quad c_m = (P, D/H, K, [\sigma], \rho, x_a, m_f, \lambda),$$

де \bar{m}_r – відносна маса паливних цистерн (відношення маси порожньої цистерни до маси заповненої), % (враховується лише маса корпусів, без маси арматури, ізоляції та елементів кріплення внутрішнього корпусу в зовнішньому); \bar{v}_r – відносний об'єм цистерн, м³/т; \bar{s}_r – відносна площа поверхні,

$\text{м}^2/\text{м}^3$; c_m – розрахункова випаровуваність, % / добу, P – тиск зберігання зрідженого природного газу, МПа; K – кількість цистерн; D/H – відношення діаметра циліндричної цистерни до її висоти; $[\sigma]$, ρ – відповідно допустиме навантаження, МПа, й густина, $\text{кг}/\text{м}^3$, матеріалу внутрішнього корпусу цистерни; m_f – маса запасів ЗПГ на рейс, кг; x_a – співвідношення «товщина ізоляції / зовнішній діаметр цистерни»; λ – уявний коефіцієнт теплопровідності ізоляційних порошоків, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$.

Розрахунки, проведені за розробленою математичною моделлю, та аналіз вихідних даних дали змогу встановити для кожного показника ефективності паливних вмістищ найбільш вагомі вхідні параметри. На графіках (рис. 4–7) наведено діапазон зміни показників (мінімальні й максимальні значення) в залежності від найбільш вагомих вхідних параметрів та характер їх впливу.

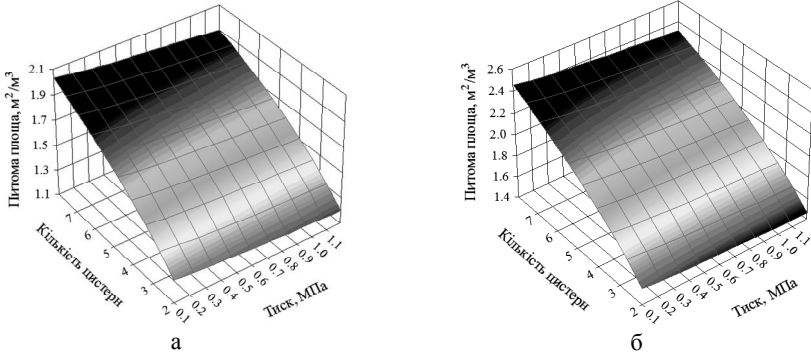


Рис. 4. Вплив кількості цистерн та тиску зберігання на їх відносну площу:
а – $D/H = 0,5$, матеріал внутрішнього корпусу Амг5 (мінімум);
б – $D/H = 0,2$, матеріал внутрішнього корпусу 07X16N6 (максимум)

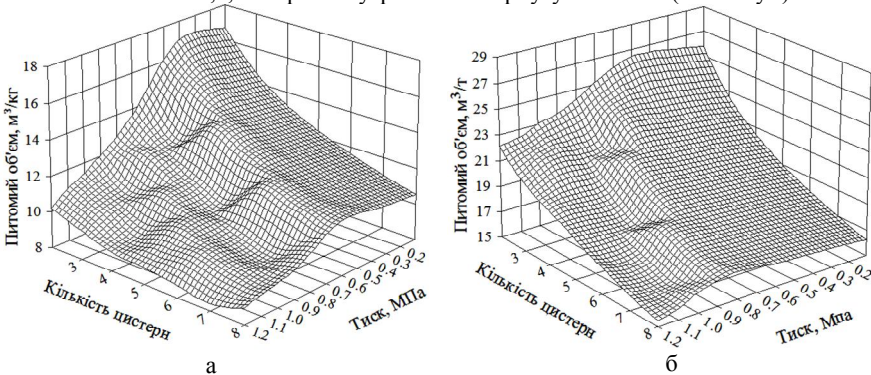


Рис. 5. Вплив кількості цистерн та тиску зберігання на відносний об'єм цистерн:
а – $D/H = 0,2$, матеріал внутрішнього корпусу 36XH (мінімум);
б – $D/H = 0,5$, матеріал внутрішнього корпусу АК6 (максимум)

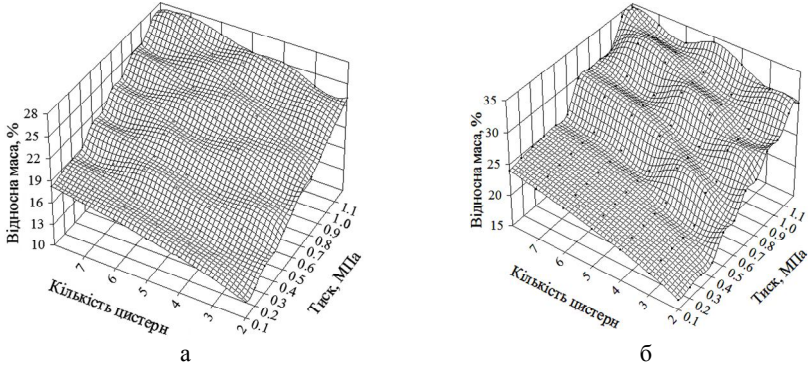


Рис. 6. Вплив кількості цистерн та тиску зберігання на відносну масу цистерн:
 а – $D/H = 0,5$, матеріал внутрішнього корпусу Амг5 (мінімум);
 б – $D/H = 0,2$, матеріал внутрішнього корпусу 36NH (максимум)

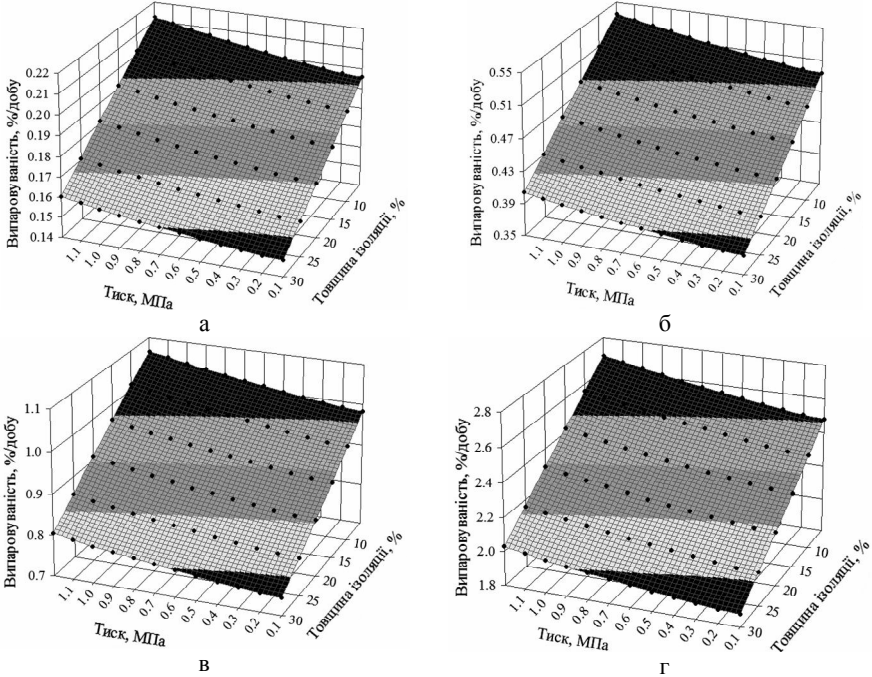


Рис. 7. Вплив тиску зберігання та відносної товщини ізоляції на розрахункову випаровуваність для різних ізоляційних порошків:
 а – оксид кремнію 10 (2 цистерни); б – оксид кремнію 10 (8 цистерн); в – перліт К8 (2 цистерни); г – перліт К8 (8 цистерн)

При визначенні впливу типу матеріалу розрахунки проводилися для 18 конструктивних матеріалів, рекомендованих для виготовлення криогенних цистерн; при визначенні впливу типу ізоляції – для 11 порошкових матеріалів.

Розрахункова випаровуваність, %/добу, визначалась за формулою:

$$c_m = \frac{F\Delta T}{ra} \left(\lambda_0 + \lambda_1 / \left(1 + \frac{2\beta L_1}{pd_1} \right) + \lambda_2 / \left(1 + \frac{2\beta L_1}{pd_2} \right) \right),$$

де F – приведена площа поверхні цистерни, м²; ΔT – різниця температур зовнішньої поверхні зовнішнього корпусу та внутрішньої поверхні внутрішнього корпусу, °С; a – товщина ізоляції, м; r – питома теплота пароутворення, кДж/кг; λ_0 – коефіцієнт теплопровідності при високому вакуумі, Вт/(м·град); λ_1, λ_2 – коефіцієнти теплопровідності зерен порошку та міжзернового простору відповідно, Вт/(м·град); 2β – постійна, що дорівнює для двохатомних газів 1,6 при коефіцієнті акомодатії $\alpha = 1$; L_1 – довжина вільного пробігу молекул газу при тиску 1 Па, мм; p – тиск в ізоляційному просторі, Па; d_1, d_2 – середні діаметри мікропор в зернах та порожнин між зернами, відповідно, мкм.

Установлено, що для одночасного отримання раціональних значень комплексу показників паливних систем зрідженого природного газу (цистерни зберігання, криогенні трубопроводи, регазифікаційна частина) рекомендується обирати середні значення тиску 0,6...0,9 МПа, товщину ізоляції цистерн на рівні 7...11 % від діаметру вмістищ, відношення D/H – 0,25...0,35. Із матеріалів паливних ємностей слід надавати перевагу алюмінієвим сплавам або сталям з високим значенням допустимого напруження за запасом пластичності з переліку рекомендованих для застосовування в криогенній техніці.

Для перевірки адекватності розробленої моделі й використовуваного підходу було проведено співставлення характеристик цистерн зберігання, розрахованих за розробленою моделлю, та існуючих стаціонарних і транспортних цистерн (рис. 8). Проведене порівняння підтвердило адекватність запропонованого підходу та придатність математичної моделі для визначення параметрів паливних вмістищ.

Для визначення основних параметрів паливних систем зрідженого природного газу розроблено програму мовою Visual Basic .NET, в якій закладено масиви даних основних вхідних параметрів, що дає змогу отримувати їх раціональні значення.

Розроблено математичну модель паливної системи для біодизельних палив, що включає в себе рівняння, за якими визначають параметри процесів, та характеристики цистерн, трубопроводів, насосів, сепараторів і фільтрів.

У процесі дослідження з використанням цієї моделі визначалися наступні характеристики обладнання паливних систем: маса й об'єм запасів палива на

рейс, потужність приводів насосів перекачування палива, швидкість фільтрації та сепарації.

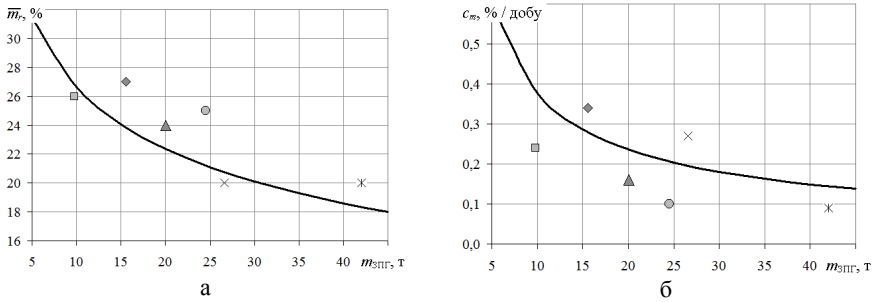


Рис. 8. Залежність параметрів вмістищ зрідженого природного газу від маси палива:

а – відносної маси; б – розрахункової випаровуваності;
 — дані автора * – РГЦ-100/0,5 □ – БСХП-25/0,6
 ▲ – БСХП-50/0,6 ● – БСХП-63/0,6 ◆ – КЦМ-35/0,6

Швидкість фільтрації, м/с, визначалася за рівнянням Козені–Кармана

$$u = \frac{\varepsilon^3 \varphi^2 d_{av}^2}{36\mu KT^2 (1-\varepsilon)^2} \frac{\Delta p}{h_0} = \frac{k\Delta p}{\mu h_0},$$

де ε – пористість матеріалу, яка залежить від типу фільтрувального матеріалу; φ – фактор форми; d_{av} – середній діаметр порожнин у шарі, м; μ – динамічна в'язкість палива, Па·с; K – коефіцієнт, який залежить від форми поперечного перерізу каналу; T – середня довжина пористих каналів, м; Δp – перепад тиску у фільтрі, Па; h_0 – товщина пористого матеріалу, м; k – проникність пористого шару.

Проникність пористого шару фільтра можна визначити з рівняння Козені–Кармана, прийнявши допущення, що відфільтровані частки мають сферичну форму:

$$k = \frac{d_{av}^2 \varepsilon^2}{KT^2 (1-\varepsilon)^2},$$

Коефіцієнт $K = 36k'$, де $k' = 2$ для сферичних часток, $k' = 3$ для волокон. Довжина пористих каналів $T = 1/\varepsilon^n$, де n – емпіричний показник.

Швидкість сепарації, м/с, визначалася за формулою:

$$w = \sqrt{\left(\frac{\alpha' g \mu}{2d_{\text{ч}} \gamma_{\text{п}} \beta'}\right)^2 + \frac{4d_{\text{ч}} (\gamma_{\text{ч}} - \gamma_{\text{п}}) g}{3\gamma_{\text{п}} \beta'}} - \frac{\alpha' g \mu}{2d_{\text{ч}} \gamma_{\text{п}} \beta'},$$

де α' та β' : для куль $\alpha' = 24$ і $\beta' = 0,044$, для круглих пластинок $\alpha' = 17,4$ та $\beta' = 1,1$; d_4 – діаметр частки, м; γ_4 – питома вага частки, кг/м^3 ; γ_p – питома вага речовини при температурі та тиску, що розглядаються, кг/м^3 .

Зіставлення отриманих значень характеристик паливних систем у відносному вигляді при використанні біодизельних палив з різної сировини та дизельного палива наведено в таблиці.

Таблиця

Відносні характеристики паливних систем суднових енергетичних установок при використанні дизельного та біодизельних палив

Характеристика	Паливо*						
	ДП	ТЖМЕ	РМЕ	СМЕ	ПМЕ	СНМЕ	ВОМЕ
Маса запасів палива	1	1,089	1,165	1,166	1,149	1,14	1,125
Ємність паливних цистерн	1	1,019	1,095	1,088	1,084	1,075	1,086
Потужність приводу насоса перекачування	1	1,287	1,529	1,486	1,526	1,456	1,509
Швидкість фільтрації	1	0,593	0,506	0,595	0,43	0,533	0,418
Швидкість сепарації	1	0,3944	0,3482	0,3885	0,3037	0,3763	0,3444

*ДП – дизельне паливо; ТЖМЕ – метиловий ефір з тваринного жиру; РМЕ – ріпаково-метиловий ефір; СМЕ – соєво-метиловий ефір; ПМЕ – пальмово-метиловий ефір; СНМЕ – соняшниково-метиловий ефір; ВОМЕ – метиловий ефір використаної харчової олії.

Результати аналізу проведених за математичною моделлю розрахунків дозволили визначити рівень раціональних параметрів паливних систем СЕУ для біодизельних палив при проектуванні та підборі обладнання. Визначено, що використання БП призводить до необхідності збільшення маси запасів палива до 16 %, об'єму паливних цистерн – до 10 %, потужності приводів насосів – до 50 %, при цьому швидкості фільтрації та сепарації знижуються на 60 та 65 % відповідно.

Для сумішей з низьким вмістом біодизельного палива (до 20 %) маса запасів палива збільшується на 2,7 %, ємність паливних цистерн – на 1,7 %, потужність приводів насосів – на 8,7 %, швидкості фільтрації та сепарації знижуються на 22,3 і 24 % відповідно порівняно з дизельним паливом.

У четвертому розділі наведено результати експериментального дослідження роботи суднового середньооборотного двигуна на біодизельному паливі з ріпакової олії.

Експериментальне дослідження роботи суднового середньооборотного дизельного двигуна 6ЧН 25/34 на дизельному й біодизельному паливах проводилося в науково-технічній лабораторії кафедри СЕУ та ТЕ Одеського національного морського університету. Отримано параметри двигуна при роботі на цих паливах при різних частотах обертання. Параметри робочого процесу двигуна визначалися із застосуванням системи моніторингу DEPAS

D4.0H, розробленої в лабораторії «Моніторинг СДВЗ» Одеського національного морського університету для використання на суднових дизелях. Експеримент підтвердив можливість нормальної роботи суднових середньооборотних двигунів при переході з дизельного палива на біодизельне.

Характер зміни параметрів робочого процесу двигуна при переведенні з дизельного палива на біодизельне наведений на рис. 9.

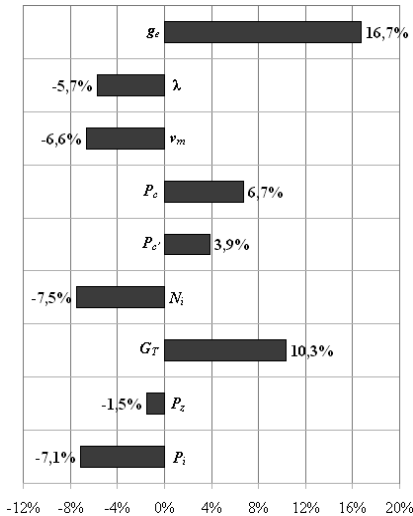


Рис. 9. Характер зміни основних характеристик двигуна 6ЧН 25/34 при переході на біодизельне паливо: g_e – питома витрата палива, кг/(кВт·год); λ – ступінь підвищення тиску при згорянні; v_m – максимальна швидкість зростання тиску при згорянні, МПа/град; P_e – максимальний тиск стиснення, МПа; P_c – тиск початку згоряння, МПа; N_i – циліндрова індикаторна потужність, кВт; G_T – годинна витрата палива, кг/год; P_z – максимальний тиск згоряння, МПа; P_i – середній індикаторний тиск, МПа.

Отримані результати надали можливість розробити рекомендації щодо зміни характеристик двигуна 6ЧН 25/34 при переведенні його з дизельного на біодизельне паливо, дозволили розширити існуючі уявлення про особливості використання в дизельних двигунах БД.

У п'ятому розділі на основі узагальненої моделі визначення комплексного критерію ефективності використання альтернативних палив у СЕУ розроблено методики визначення комплексного критерію ефективності для біодизельного палива та зрідженого природного газу. Аналіз даних щодо експлуатації СЕУ на альтернативних паливах дав змогу оцінити якісний вплив дизельного й біодизельного палив та їх сумішей, а також важких палив і природного газу на показники СЕУ.

В загальному вигляді комплексний критерій ефективності можна представити як функцію вхідних параметрів, що на нього впливають:

$$E_i = f(\text{Пт, Еф, Мс, Гб, Нд, Жв, Ав, Мн, Вт, Ек}),$$

де Пт, Еф, Мс, Гб, Нд, Жв, Ав, Мн, Вт, Ек – показники СЕУ: потужності, енергетичної ефективності, масові, габаритні, надійності, живучості, автономності, маневреності, вартісні, екологічні відповідно.

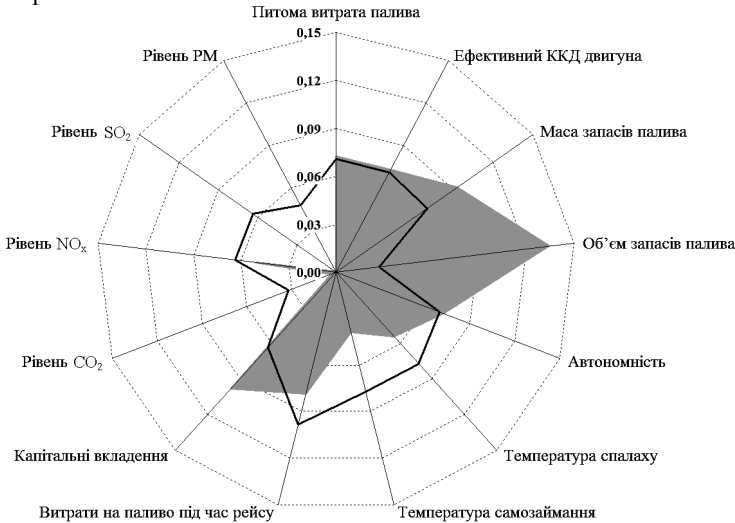
Окремі показники попередньо розраховуються за відповідними залежностями. Так, екологічні показники (рівень емісії окремих компонентів) визначалися як

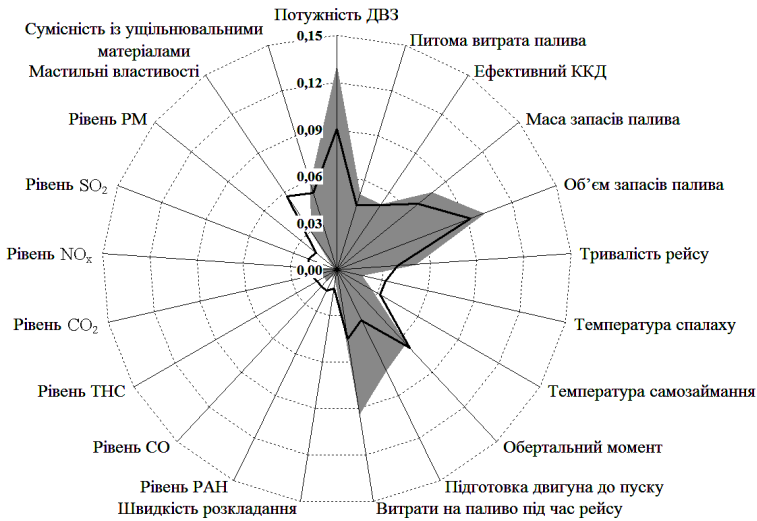
$$E_i = \sum_{ijkl} E_{ijkl};$$

$$E_{ijkl} = S_{jk}(GT) \cdot t_{jkl} \cdot F_{ijls}^* = S_{jk}(GT) \cdot t_{jkl} \cdot F_{ijls} \cdot f_{is},$$

де i – забруднювач (NO_x , SO_x , CO , CO_2 та ін.); j – тип палива; k – клас судна; l – тип двигунів; s – прийнятий варіант зниження рівня викидів; E_i – загальна емісія забруднювача i ; E_{ijkl} – загальна емісія забруднювача i при використанні палива j на судні класу k з двигуном типу l ; $S_{jk}(GT)$ – денна витрата палива j на судні класу k як функція від бруutto-тоннажу; t_{jkl} – тривалість (днів) навігації судна класу k з двигуном типу l при використанні палива j ; F_{ijls}^* – середнє зменшення емісії забруднювача i при спалюванні палива j у двигуні l при варіанті s ; F_{ijl} – середня емісія забруднювача i при спалюванні палива j у двигуні l ; f_{is} – фактори зниження забруднювача при варіанті s .

На рис. 10 у вигляді пелюсткових діаграм наведено порівняння зважених оцінок показників СЕУ при використанні альтернативних палив з базовими нафтовими. Зважені оцінки являють собою добуток кількісного значення окремого показника на його ваговий коефіцієнт, визначений за допомогою ранжування. Накладання «пелюстків» діаграми дає змогу наглядно визначити, за якими показниками альтернативні палива програють або переважають базові нафтові.





б

Рис. 10. Порівняння зважених оцінок показників суднових енергетичних установок:
 а – для зрідженого природного газу (□) та важкого палива (■);
 б – для дизельного (■) та біодизельного палив (□)
 (PM – сажа; РАН – поліциклічні ароматичні вуглеводні;
 ТНС – загальний вміст вуглеводнів)

На ефективність використання біодизельних палив у суднових енергетичних установках впливає багато факторів, що можуть як погіршувати, так і покращувати значення комплексного критерію ефективності використання біодизельних палив. Насамперед, це співвідношення цін дизельного та біодизельного палив, а також діючі в районі плавання суден екологічні обмеження на викиди. При зменшенні, порівняно з дизельним паливом, сумарної ефективності додатковим аргументом на користь застосування біодизельних палив та їх сумішей з дизельним може бути наявність у багатьох країнах світу відповідної законодавчої бази щодо збільшення обсягів споживання альтернативних відновлюваних палив.

Визначено, що експлуатаційні витрати на паливо за рейс при використанні біодизельного палива з різної сировини збільшуються в 1,8–2,1 рази при співвідношенні «ціна біодизельного палива / ціна дизельного палива» в діапазоні 1,5...2.

Установлені особливості визначення комплексного критерію ефективності при використанні зрідженого природного газу. Обґрунтовано можливі варіанти застосування газу на судах, які використовують його лише як

паливо, з урахуванням заміни двигунів, схем пропульсивних комплексів, паливних систем.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і нове рішення науково-прикладної задачі, яка полягає забезпеченні ефективного використання зрідженого природного газу й біодизельних палив у судових енергетичних установках шляхом призначення типа обладнання та основних параметрів паливних систем СЕУ. Автором дослідження отримані наступні результати:

1. На основі аналізу й узагальнення вітчизняних та зарубіжних літературних джерел обґрунтовані перспективні для використання в СЕУ альтернативні палива. Установлено, що застосування природного газу на судах, які використовують його лише як паливо, та біодизельних палив на малотоннажних судах – один з ефективних методів вирішення екологічних проблем судової енергетики.

2. Розроблено варіанти схемних рішень паливних систем СЕУ при використанні ЗПГ та БД, які враховують можливість застосування вторинних енергоресурсів СЕУ для підігріву палив та відрізняються від існуючих способом організації процесу регазифікації в судових умовах (для зрідженого газу) й наявністю додаткового обладнання для забезпечення якісної підготовки (для біодизельних палив).

3. Розроблено та верифіковано для енергетичних установок суден, що використовують ЗПГ лише як паливо, модель паливних систем, яка включає в себе рівняння, що описують процеси та дозволяють визначити параметри основного обладнання. Від існуючих модель відрізняється тим, що в ній прийняті нові припущення та обмеження з урахуванням судових умов, визначається розрахункова випаровуваність, враховується коефіцієнт морського запасу.

4. Установлено для суден, що використовують зріджений природний газ лише як паливо, діапазон вхідних параметрів (тиск зберігання – 0,6...0,9 МПа, товщина ізоляції цистерн – 7...11 % від діаметра вмістищ, відношення діаметра до висоти цистерн – 0,25...0,35), які забезпечують раціональні значення параметрів систем (відносна маса, питома площа та об'єм, розрахункова випаровуваність).

5. Визначено діапазон раціональних параметрів паливних систем СЕУ для біодизельних палив при проектуванні та підборі обладнання. Встановлено, що використання біодизельних палив, порівняно з дизельними, призводить до необхідності збільшення маси запасів палива до 16 %, об'єму паливних цистерн – до 10 %, потужності приводів насосів – до 50 %, при цьому швид-

кості фільтрації та сепарації знижуються на 60 та 65 % відповідно; для сумішей з низьким вмістом біодизельних палив (до 20 %) ємність паливних цистерн та маса запасів палива збільшуються на 1,7 і 2,7 %, витрати енергії на перекачування палив зростають до 8,7 %, швидкості фільтрації та сепарації знижуються на 22 та 24 %.

6. Порівняльне експериментальне дослідження роботи суднового двигуна 6ЧН 25/34 на дизельному та біодизельному паливах підтвердило можливість використання БД в двигуні. Встановлено характер зміни параметрів робочого процесу двигуна при переведенні з дизельного палива на біодизельне (зменшуються: індикаторний тиск – на 7,1 %, максимальний тиск згоряння – на 1,5 %, потужність – на 7,5 %, максимальна швидкість зростання тиску при згорянні – на 6,6 %, ступінь підвищення тиску при згорянні – на 5,7 %; збільшуються: витрата палива – на 10,3 %; тиск початку згоряння – на 3,9 %; максимальний тиск стиснення – на 6,7 %). Отримані результати дозволили розробити рекомендації щодо зміни характеристик настроєння двигуна 6ЧН 25/34 при переведенні його з дизельного на біодизельне паливо, а також розширити існуючі уявлення про особливості використання в дизельних двигунах біодизельних палив.

7. На основі розробленої узагальненої моделі комплексного критерію ефективності застосування альтернативних палив у СЕУ отримано методики його визначення для різних варіантів застосування біодизельних палив та зрідженого природного газу, які дозволяють на стадії концептуального проектування прийняти рішення щодо вибору типу палива для різних типів суден, призначених для використання в районах з жорсткими обмеженнями на викиди.

8. Основні наукові результати дисертаційної роботи мають теоретичне й практичне значення для проектування паливних систем суднових енергетичних установок на альтернативних паливах і використовуються на ВАТ «Чорноморсуднопроект», ТОВ ПДБ «ПроЛайн» (проектування малотоннажних суден), ВАТ «УкрНДІ ТСМ» у перспективних розробках суднових та стаціонарних енергетичних установок на ЗПГ і БД, а також у навчальному процесі Національного університету кораблебудування при виконанні дипломних проектів та магістерських робіт зі спеціальності «Суднові енергетичні установки та устаткування».

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Горбов В.М. Обґрунтування вибору типу палива для СЕУ на стадії ескізного проектування / В.М. Горбов, В.С. Мітенкова // Зб. наук. пр. НУК. – 2008. – № 1 (418). – С. 113–118. *Здобувачем розроблена методика оцінки ефективності використання різних типів палив у СЕУ.*

2. Горбов В.М. Особенности топливных систем СЭУ на природном газе / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2008. – № 7 (54). – С. 20–24. *Здобувачем розроблено основні вимоги до паливних систем СЕУ зрідженого природного газу.*

3. Горбов В.М. Визначення раціональних характеристик паливних цистерн зрідженого природного газу для СЕУ / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // *Зб. наук. пр. НУК*. – 2008. – № 6 (423). – С. 81–85. *Здобувачем розроблена математична модель паливної системи зрідженого природного газу.*

4. Горбов В.М. Обґрунтування раціональних параметрів паливних систем СЕУ при використанні біодизельних палив / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Тематичний випуск: «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування». – 2009. – № 3. – С. 180–186. *Здобувачем розроблено схемні рішення паливних систем біодизельних палив, математичну модель паливної системи біодизельних палив.*

5. Митенкова В.С. Аналіз характеристик паливних систем судових енергетичних установок на зрідженому природному газі / В.С. Митенкова // *Зб. наук. пр. НУК*. – 2009. – № 2 (425). – С. 119–126.

6. Горбов В.М. Состояние и перспективы использования биодизельных топлив в судовой энергетике / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // *Вестник СевГТУ: Механика, энергетика, экология*. – 2009. – Вып. 97. – С. 107–112. *Здобувачем проведений аналіз переваг та недоліків біодизельного палива, розроблені рекомендації щодо його використання на судах.*

7. Ивановский В.Г. Анализ параметров рабочего процесса судового среднеоборотного двигателя при работе на биодизеле / В.Г. Ивановский, Р.А. Варбанец, В.М. Горбов, В.С. Митенкова // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2009. – № 8 (65). – С. 102–106. *Здобувачем проведено обробку та аналіз результатів випробувань судового середньооборотного двигуна на дизельному та біодизельному паливах.*

8. Горбов В.М. Комплексний критерій ефективності застосування альтернативних палив в СЕУ / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // *Двигатели внутреннего сгорания*. – 2009. – № 1. – С. 123–127. *Здобувачем розроблено методики визначення комплексних критеріїв для зрідженого природного газу та біодизельних палив.*

ПЕРЕЛІК ДОДАТКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Горбов В.М. Перспективы использования биотоплива в судовых энергетических установках / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // *Судостроительство*. – 2007. – № 1–2 (127). – С. 64–65. *Здобувачем виконано аналіз переваг та недоліків використання різних типів біопалив, у т. ч. у СЕУ.*

2. Горбов В.М. Альтернативные топлива для судовых энергетических установок / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // Судходство. – 2007. – № 3 (128). – С. 54–55. *Здобувачем виконано аналіз переваг та недоліків використання різних типів альтернативних палив для СЕУ.*

3. Горбов В.М. Анализ методов снижения эмиссии серы на водном транспорте / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // Судходство. – 2008. – № 8. – С. 29–31. *Здобувачем виконано порівняльний аналіз різних методів зниження викидів сірки з суден.*

4. Горбов В.М. Анализ перспектив использования природного газа в судовых двигателях внутреннего сгорания / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // Труды II Международного научно-технического семинара «Исследование, проектирование и эксплуатация судовых ДВС». – С.Пб: СПГУВК, 2008. – С. 105–110. *Здобувачем зібрано й оброблено бази даних газодизельних двигунів та отримано діапазонів відносних значень основних характеристик.*

5. Митенкова В.С. Ефективність ізоляції паливних танків ЗПП в паливних системах СЕУ / В.С. Митенкова // Холод в енергетиці і на транспорті: сучасні проблеми кондиціонування та рефрижерації: збірник наукових праць I Міжнародної науково-технічної конференції. Частина 2. – Миколаїв: НУК, 2008. – С. 220–224.

6. Горбов В.М. Оцінка стабільності біодизельних палив / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // Проблеми економії енергії: матеріали 5 Міжнародної науково-практичної конференції. – Л.: НТУ «Львівська політехніка», 2008. – С. 59–62. *Здобувачем виконано аналіз факторів, що впливають на стабільність біодизельних палив, обґрунтовано заходи, які сприяють збереженню стабільності.*

7. Горбов В.М. Визначення характеристик паливних вмістищ судових енергетичних установок при використанні зрідженого природного газу / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // Матеріали III Міжнар. наук.-техн. конф. «Суднові енергетичні установки і системи: експлуатація та ремонт». – О.: ОНМА, 2009. – С. 56–58. *Здобувачем виконано розрахунки за математичною моделлю та проведено їх співставлення з характеристиками існуючих цистерн.*

АНОТАЦІЯ

Митенкова В.С. Підвищення ефективності використання альтернативних палив у судових енергетичних установках. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – Двигуни та енергетичні установки. – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. – Миколаїв, 2010.

Дисертація присвячена питанню підвищення ефективності використання зрідженого природного газу та біодизельних палив у СЕУ шляхом визначення раціональних термогідродинамічних параметрів і масогабаритних характеристик паливних систем. Розроблено математичні моделі паливних систем для біодизельних палив та зрідженого природного газу, в яких враховано особливості цих палив і вимоги до систем СЕУ. Отримані результати містять варіанти схемних рішень систем, раціональні значення параметрів основного обладнання та процесів, що відбуваються в елементах паливних систем. Проведено експериментальне дослідження роботи суднового середньооборотного дизельного двигуна 6ЧН 25/34 на дизельному та біодизельному паливах. На основі розробленої узагальненої моделі комплексного критерію ефективності застосування альтернативних палив у СЕУ отримано методики його визначення для випадків застосування біодизельних палив та зрідженого природного газу, які дозволяють на стадії концептуального проектування прийняти рішення щодо вибору палива для суден різних типів.

Ключові слова: суднові енергетичні установки, зріджений природний газ, біодизельні палива, паливна система, комплексний критерій ефективності.

АННОТАЦИЯ

Митенкова В.С. Повышение эффективности использования альтернативных топлив в судовых энергетических установках. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – Двигатели и энергетические установки. – Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова. – Николаев, 2010.

Диссертация посвящена вопросу повышения эффективности использования сжиженного природного газа и биодизельных топлив в судовых энергетических установках путем определения рациональных термогидродинамических параметров и массогабаритных характеристик топливных систем.

Использование альтернативных топлив является одним из эффективных и экономически целесообразных методов решения экологических проблем судовой энергетики. К перспективным для использования на водном транспорте альтернативным топливам можно отнести сжиженный природный газ для судов, которые используют его только как топливо, биодизельное топливо и его смеси для малотоннажных судов внутреннего и прибрежного районов плавания. Определены основные пути обеспечения эффективного использования альтернативных топлив на судах, в том числе путем рационального выбора конфигурации и параметров топливных систем.

Разработана математическая модель топливной системы СЭУ для сжиженного природного газа, которая включает в себя уравнения, по которым определяют параметры процессов и характеристики такого оборудования, как криогенные цистерны, трубопроводы, насосы, испарители, подогреватели, а также учитывает испаряемость жидкой фазы топлива в процессе хранения. Разработана математическая модель топливной системы СЭУ для биодизельных топлив, которая включает в себя уравнения, по которым определяют параметры процессов и характеристики трубопроводов, цистерн, насосов, сепараторов и фильтров. В разработанных математических моделях учтены особенности используемых альтернативных топлив и требования к системам СЭУ. Полученные результаты содержат в себе варианты конфигурации и схемных решений топливных систем, рациональные значения параметров основного оборудования и процессов, происходящих в элементах систем.

Проведено экспериментальное исследование работы судового среднеоборотного дизельного двигателя 6ЧН 25/34 на дизельном и биодизельном топливах. Полученные результаты дали возможность разработать рекомендации по изменению характеристик двигателя 6ЧН 25/34 при переводе его с дизельного на биодизельное топливо.

На основе анализа методов оценки технических решений разработана методика определения эффективности применением на судах Альтернативных топлив с учетом их особенностей с использованием комплексного критерия эффективности. В разработанной методике учитывается влияние типа топлива на основные показатели СЭУ с их ранжированием в зависимости от условий и района эксплуатации конкретного судна. Анализ данных по эксплуатации СЭУ на альтернативных топливах дал возможность оценить качественное влияние дизельного и биодизельного топлива и их смесей, а также тяжелых топлив и природного газа на показатели энергетических установок. На основе обобщенной модели определения комплексного критерия эффективности использования альтернативных топлив в СЭУ и проведенного анализа разработаны методики определения данного критерия для биодизельного топлива и сжиженного природного газа.

Основные результаты диссертационной работы используются в ОАО «Черноморсудопроект», ООО Проектно-дизайнерское бюро «ПроЛайн», ОАО «УкрНИИ ТСМ» в перспективных разработках судовых и стационарных энергетических установок на сжиженном природном газе и биодизельных топливах, а также в учебном процессе Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова для подготовки студентов по специальности «Судовые энергетические установки и оборудование».

Ключевые слова: судовые энергетические установки, сжиженный природный газ, биодизельные топлива, топливная система, комплексный критерий эффективности.

SUMMARY

Mitenkova V.S. Efficiency increasing of alternative fuels utilization in ship power plants. – The manuscript.

A dissertation for scientific degree of the Candidate of Technical Sciences on a speciality 05.05.03 – Engines and Power Plants. – Admiral Makarov's National University of Shipbuilding. – Mykolayiv, 2010.

The dissertation is devoted to the question of efficiency increasing of liquefied natural gas and biodiesel fuels utilization in ship power plants by means of fuel systems' efficient thermo-hydrodynamic parameters and mass-overall characteristics estimation. Fuel systems' mathematical models for biodiesel fuels and liquefied natural gas are worked out, these fuels peculiarities and requirements for ship power plants' systems are considered. Derived solutions are included of diagrams variants, efficient parameters of main equipments and processes in fuel systems elements. Experimental research of ship medium-speed diesel engine 6CN 25/34 which operates on diesel and biodiesel fuels is carried out. The methods of comprehensive criterion estimation for biodiesel fuels and liquefied natural gas are worked out on the base of developed generalized model of comprehensive criterion of efficiency alternative fuels utilizing in ship power plants, employment of these methods is enabled to make a decision comparatively of fuel choice for different types of ships.

Keywords: ship power plants, liquefied natural gas, biodiesel fuels, fuel system, comprehensive criterion of efficiency.

