

*Штрибець В.В., Войченко Т.О., Байрамова О.В., Ткаченко В.В.*

## МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА СУДНОВИМИ ДИЗЕЛЯМИ

Енергетика є однією з основ існування та розвитку людської цивілізації. Завдяки своїй енергетичній ефективності дизелі на даний час витиснули інші типи енергетичних установок на судах річкового й морського флоту, а у доступному для огляду майбутньому вони збережуть домінуюче положення. Таким чином, у статті визначено, що одним з перспективних способів зниження витрати палива є скорочення теплових втрат у системі охолодження. Стримуючим фактором у застосуванні теплоізоляованих камер згоряння є явище додаткового підігріву повітряного заряду від стінок камери згоряння. Компенсувати негативні наслідки, пов'язані зі збільшенням температури повітряного заряду в теплоізоляційних камерах згоряння, пропонується за допомогою використання додаткового збурювання повітряного заряду. Найбільш ефективними способами удосконалення робочого процесу є:

- зменшення розміру краплі палива;
- інтенсифікація процесу обдуву краплі палива з газовим середовищем.

Перший напрямок здійснюється за допомогою підвищення тиску впорскування, а другий спосіб – додатковим збурюванням повітряного заряду в камері згоряння.

Описані основні методи удосконалення процесу сумішоутворення: збільшення тиску впорскування палива, збільшення тиску впорскування палива, застосування газових присадок до палива, закручення повітряного заряду, застосування магнітного та електричного поля, удосконалення процесу згоряння, зменшення теплових втрат. При цьому перші й метод має свої види, а саме: підвищення тиску впорскування палива, використання газових присадок, закручування повітряного заряду, застосування магнітного та електричного полів. Наведена коротка характеристика кожного з них. Розглянуті графіки для деяких методів дослідження та визначення сутності кожного з наведених вище.

Наголошена увага на те, що компенсувати негативні наслідки, пов'язані зі збільшенням температури повітряного заряду в теплоізоляційних камерах згоряння, можна за допомогою використання додаткового збурювання повітряного заряду.

**Ключові слова:** витрата палива, енергоефективність, паливо підготовка, суднові дизелі, зменшення палива, інтенсифікація процесу.

**Постановка проблеми.** Енергетика є однією з основ існування та розвитку людської цивілізації. За рік на планеті спалюється більш 4,5 млрд т вугілля та більш 3,5 млрд т нафти. За такою марнотратною витратою енергії неминуче варто очікувати настання енергетичної кризи та екологічних проблем. В економічній політиці всіх розвинених країн пріоритетним напрямком є різке збільшення обсягу науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт в галузі енергозбереження. Завдяки своїй енергетичній ефективності дизелі на даний час витиснули інші типи енергетичних установок на судах річкового й морського флоту, а у доступному для огляду майбутньому вони збережуть домінуюче положення. Працюючий дизель є інтенсивним джерелом шумового, теплового та хімічного забруднення навколишнього середовища. Проблема скорочення викидів забруднюючих речовин працюючим дизелем є однією з найважливіших завдань дизелебудування, від рішення якого залежить стан здоров'я людини і збереження навколишнього середовища. Отже, дослідження методів зменшення витрат палива

судновими дизелями з метою комплексного покращення енергетичних та екологічних характеристик суднових дизелів є актуальними.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання енергоефективності суднових дизелів є достатньо відомим, що привертає увагу як вітчизняних, так і закордонних дослідників. Теоретичні джерела, які використані в даній статті, можна розділити та загальнотеоретичні монографії та підручники у галузі енергоефективності дизелів та опубліковані результати конкретних досліджень з дизелями у вигляді статей, доповідей на конференціях.

**Метою статті** є узагальнення методів зменшення витрат палива судновими дизелями.

**Виклад основного матеріалу.** Показником енергетичної ефективності суднових дизельних енергетичних установок є питома ефективна витрата палива.

Сучасні суднові дизелі відрізняє значна розмаїтість конструкцій та наявність додаткових механізмів, що, у свою чергу, збільшують механічні втрати і значно підвищують витрата палива. Питома індикаторна витрата палива залежить тільки від якості здійснення робочого процесу і кількості теплових втрат. Робочий процес у дизелі, у загальному випадку, можна представити у виді окремих складових, які нерозривні, взаємозалежні та мають істотний взаємний вплив. До них відносяться процеси паливоподачі, сумішоутворення та згоряння.

Сучасна апаратура, яка подає паливо до транспортних дизелів, є дуже складним і високотехнологічним обладнанням. У сучасних дизелях кількість вузлів та агрегатів, вироблених в Україні, не перевищує 10-20 %. При цьому частка імпортованих комплектуючих збільшилася до 80-90 %. До них, у першу чергу, до них відносяться апаратура для подачі палива, агрегати наддування і системи управління. Тому аналіз методів обмежимо тільки областю удосконалювання процесів сумішоутворення та згоряння.

**Методи удосконалення процесу сумішоутворення** представлені на рисунку 1. Далі детально розглянемо кожен з них.

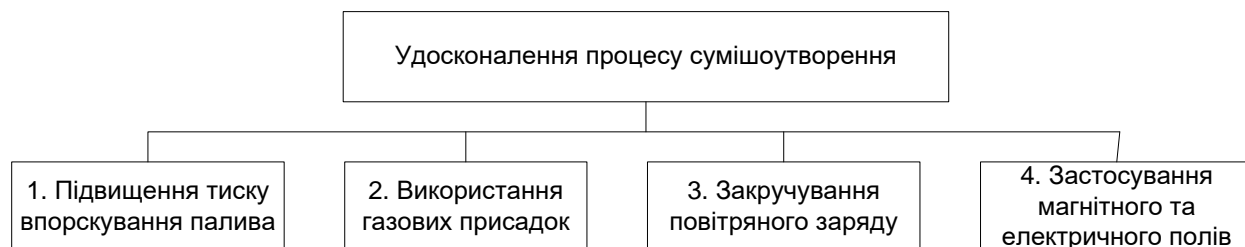


Рисунок 1 – Методи удосконалення процесу сумішоутворення

#### **Методи зменшення теплових втрат.**

В даний час у світовому двигунобудуванні для малорозмірних швидкохідних дизелів пріоритетним напрямком удосконалення процесу сумішоутворення є напрямок збільшення тиску впорскування палива до 200-300 МПа [1]. Це забезпечує більш повне і своєчасне згоряння палива при одночасному зниженні кількості викидів шкідливих речовин у атмосферу.

Практична реалізація високого тиску впорскування палива здійснюється за допомогою застосування акумуляторних систем постійного тиску типу Common rail. Для управління подачею палива використовується спеціальний контролер, який подає керуючий сигнал на електромагнітні або п'єзоелектричні форсунки. Перевагою таких систем є можливість гнучкого керування на будь-якому режимі роботи дизеля початком впорскування, тривалістю, фазами та формою характеристики паливоподачі [2].

Електронне управління дає можливість здійснення режимів пілотного та багатоступеневого впорскування. Переривчасте впорскування руйнує центральну частину паливного струменя, покращує об'ємне сумішоутворення та сприяє зменшенню витрати палива.

Наприклад, акумуляторна система третього покоління CRSN3, розроблена фірмою Bosch, при тиску впорскування палива 180-220 МПа, здатна сформувати за один цикл до семи впорскувань [3]. Однак необхідно відзначити, що багатоступеневе впорскування неминуче приводить до інтенсивного зносу голки розпилювача у зв'язку зі збільшенням кількості її посадок на гніздо за одну циклову подачу.

Розробка та виробництво паливних систем високого тиску вимагає значних фінансових витрат та часу на проведення науково-дослідних, дослідно-конструкторських і доводочних робіт. Існують також труднощі, пов'язані з подоланням патентного захисту уже відомих закордонних конструкцій.

**Методи застосування газових присадок до палива.** Аналіз опублікованих результатів експериментальних досліджень свідчить, що попереднє насичення палива повітрям зменшує концентрацію рідкої фази в центральній частині струменя, розбавляє її окислювачем і збільшує поперечний перенос краплинної суспензії [4]. Усі ці фактори сприяють покращенню процесів сумішоутворення і згоряння.

Однак присутність газу в паливі впливає на стискальність рідини і спотворює закон паливоподачі. Крім цього, для введення газової присадки в паливо потрібна ґрунтовна модернізація паливної апаратури й дизеля в цілому. Наприклад, для додавання до палива газової або парової присадки в розпилювачі (пневматичне або парове розпилювання) необхідна наявність компресора або парового котла високого тиску. Тому прийнято вважати, що практична реалізація цих методів економічно недоцільна.

**Методи закручення повітряного заряду.** Відомо, що основним недоліком струминного сумішоутворення в дизелі є нерівномірність розподілу краплі палива за об'ємом камери згоряння й перевищення збагачення центральної частини струменя паливом [5, 6, 7].

Для вирівнювання концентрації краплі палива по об'єму камери згоряння застосовується осьове закручення повітряного заряду, що здійснюється за допомогою спеціальних гвинтових і тангенціальних каналів, розташованих у кришці циліндра [8, 9].

У малорозмірних дизелях з напіврозділеними камерами згоряння додатковий рух повітря здійснюється за допомогою видавлювання його з надпоршневого зазору [10].

Недоліком першого способу є підвищення опору руху повітря на впуску і значне виродження вихрового руху до кінця стиску. Як показали результати експериментальних досліджень, проведених М.С. Ховахом, осьове закручення повітря на такті наповнення помітного впливу на процес сумішоутворення не роблять [11].

До недоліків другого способу відносяться недостатня потужність отриманого вихру і залежність інтенсивності вихрового руху від швидкості поршня. Тому цей спосіб застосовується у швидкохідних малорозмірних дизелях.

У результаті ряду експериментальних досліджень встановлено, що при швидкості потоку у 18 м/с спрямований рух повітря здатний зруйнувати тільки оболонку паливного струменя. Для руйнування серцевини струменя потрібна швидкість близько 90 м/с [12]. Це набагато більше швидкостей, що мають місце в дизелях з нерозділеними та напіврозділеними камерами згоряння.

**Методи застосування магнітного та електричного поля.** За наявними відомостями, обробка розпиленого палива магнітним і електричним полем покращує процес струминного сумішоутворення. Однак практичне здійснення цих методів впливу на паливний струмінь в умовах камери згоряння реального дизеля є досить складним технічним завданням і тому воно не знайшло практичного застосування [13].

### **Методи удосконалення процесу згоряння.**

Процес згоряння є основою робочого процесу і впливає на енергетичні та екологічні показники судових дизелів. Його вивченню завжди приділялася дуже велика увага [14].

Для аналізу процесу згоряння в дизелі скористаємося відомою моделлю, що запропонована А.И. Толшиним [16]. Відповідно до неї, цей процес умовно представлений у вигляді чотирьох складових:

- 1) період затримки запалення;
- 2) період кінетичного горіння;
- 3) період дифузійного горіння;
- 4) період догорання.

Основним періодом, що впливає на процес тепловиділення, є третій період – період дифузійного горіння. У цьому періоді швидкість горіння краплі розпиленого палива обмежена (лімітована) швидкістю його випару і швидкістю дифузії пари палива та повітря.

Для покращення енергетичних показників дизеля бажано скоротити тривалість третього періоду і цілком ліквідувати четвертий період.

До числа найбільш відомих способів інтенсифікації процесу згоряння відносяться:

- попередня підготовка палива (підігрів, гомогенізація, іонізація);
- введення присадок до палива у виді води, солей барію, ферроцена, стронцію та інших рідкоземельних металів;
- застосування присадок до повітря у вигляді води, водяної пари, пари різних вуглеводних палив, водню та ін.;
- впливу коронного розряду на повітряний заряд, що здійснюється в усмоктувальному колекторі [13];
- застосування плазмового запалювання [17];
- використання радіоактивних ізотопів;
- додаткове збудження робочого тіла в камері згоряння дизеля [7].

Серед перерахованих способів скорочення періоду дифузійного згоряння найбільш ефективними є застосування присадки води до палива у вигляді водопаливних емульсій (ВПЕ) та додаткове збудження робочого тіла.

Найвні дані щодо витрати палива при використанні ВПЕ є неоднозначними і суперечливими. В одних випадках витрата палива збільшується [18] або не змінюється [19]. В інших випадках має місце економія палива в інтервалі від 1 до 12% [20]. Розкид наведених у джерелах відомостей щодо витрати палива визначається множиною різних факторів: особливості конструкції та технічний стан дизеля, режими роботи сорт палива та ін. Доведено, що, як правило, при доведеному робочому процесі, технічно справному дизелі, що працює на високоякісному дизельному паливі, економії палива при роботі на емульсії очікувати не слід [21].

Тому застосування ВПЕ є найбільш доцільним при експлуатації судових дизелів на важких й дешевих сортах палива. Ці сорти палива широко використовуються на морському флоті з метою одержання додаткового прибутку від різниці ціни в 1,5-2 рази між дизельним і важким паливом.

Інші способи можна вважати другорядними. При доведеному робочому процесі та при використанні високоякісного дизельного палива їх ефективність незначна. Крім цього, застосування радіоактивних ізотопів, які наносяться на стінки камери згоряння, становлять велику небезпеку для здоров'я персоналу, який обслуговує дизель й судно в цілому. Тому їх практичне використання заборонене.

Розглянемо докладніше механізм впливу на процес згоряння додаткового збудження газового середовища.

Скорочення третього і четвертого періоду можна досягти за допомогою інтенсифікації процесу тепломасообміну між краплями палива та нагрітим газовим середовищем.

Для рішення цього завдання досить ефективним є спосіб додаткового збудження (турбулізації) робочого тіла.

Додаткове збудження (турбулізація) газового середовища здатне збільшити швидкість прогріву і випару крапель розпиленого палива.

Відомо, що збурений рух повітряного заряду в загальному випадку можна представити у виді суми двох складових – осередненого та пульсаційного. У результаті експериментальних досліджень [11] було визначено, що пульсаційна складова руху повітряного потоку в циліндрі дизеля складає від 50 до 90% від середньої швидкості.

При використанні осередненої складової швидкість потоку повітря і швидкість крапель палива досить швидко вирівнюються, отже процесу обдуву краплі відбуватися не буде. При впливі пульсаційної складової турбулентного руху робочого тіла краплі палива, володіючи визначеною масою та інерцією, не в змозі точно відстежити траєкторію пульсацій і, отже, будуть обдуватися газовим середовищем.

На рис. 2 наведена динаміка зміни розміру краплі дизельного палива в часі при випаровуванні при атмосферному тиску в спокійному та пульсуючому повітряному середовищі при температурі середовища 700 °С та частоті пульсацій 525 Гц.

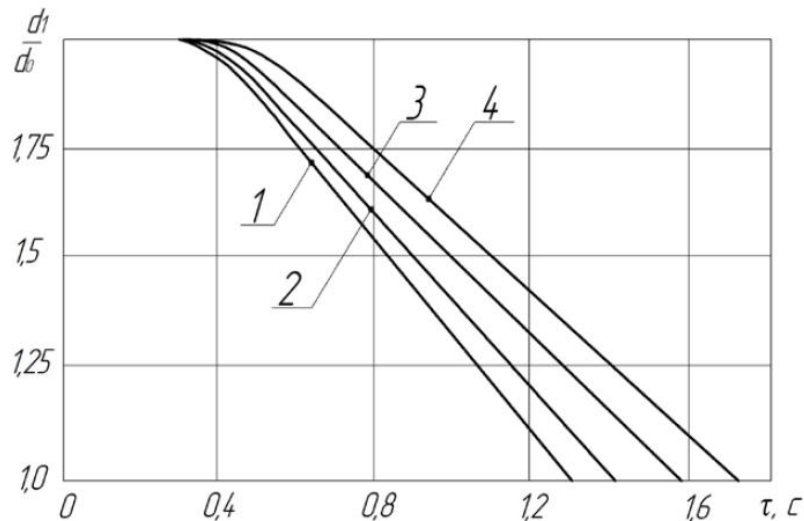


Рисунок 2 – Динаміка зміни розміру краплі дизельного палива при горінні в спокійному та обуреному повітряному середовищі:

$d_1$  – діаметр краплі;  $d_0$  – діаметр скляної кулі, на яку вішалась крапля;  
 $\tau$  – час; 1 – інтенсивність пульсацій дорівнює 140 дБ; 2 – 134 дБ;  
 3 – 122 дБ; 4 – незбурене повітряне середовище.

З наведених графіків видно, що пульсації повітря здатні скорочувати час горіння краплі палива. Нижньою границею, від якої спостерігається вплив пульсацій на процес горіння, є інтенсивність пульсацій, що дорівнює 120 дБ. Зі збільшенням потужності пульсацій час прогріву, випаровування і горіння крапель палива зменшується.

З наведених даних видно, що пульсації газового середовища можуть бути ефективним способом скорочення періодів дифузійного згорання та догорання палива.

Додаткове збурювання робочого тіла на такті розширення можна здійснити струменем газу або рідини.

В.В. Писчаненко запропонував інтенсифікувати процес згорання розпиленого палива струменем стиснутого повітря, що подавався від компресора при русі поршня від верхньої (ВМТ) до нижньої мертвої точки (НМТ). Використання цього способу збільшило середній індикаторний тиск на 20% при збереженні питомої витрати палива [22]. Однак запропонована конструкція "газового компресора" виявилася ненадійною, а втрати потужності на стиск повітря перекривали отриманий позитивний ефект.

У зв'язку з тим, що витрати енергії на подачу в циліндр рідини, (за інших рівних умов), менше витрат енергії на подачу газу С.А. Калашниковим та В.І. Квятковським було запропоновано використовувати для додаткового збурювання повітряного заряду в камері згоряння струмінь води [23]. У результаті, на номінальному режимі роботи дизеля, питома ефективна витрата палива скоротилася на 2,7 г/(кВт·год). Цей спосіб також не знайшов практичного застосування у зв'язку з ускладненням конструкції дизеля.

В.М. Нагибін [24] на судовому дизелі 4С17/24 для додаткового збурювання робочого тіла в камері згоряння використовував спеціальну передкамеру-завихрювач. Основна частина палива (близько 90% від циклової подачі) подавалася через штатну форсунку в камеру згоряння, а частина, яка залишилася, подавалася в передкамеру-завихрювач. Отримані в передкамері продукти згоряння по сполучному каналу направлялися в основну камеру згоряння.

Дослідження такої конструкції показали, що при роботі на дизельному паливі питома ефективна витрата палива зменшилася на 6-7 г/(к.с. год), а при роботі на важкому паливі зменшилася на 10 г/(к.с. год.).

Найбільший позитивний ефект від застосування додаткового збурювання робочого тіла за допомогою передкамер-завихрювачів, що отриманий при роботі на важкому паливі і при перевантаженнях.

Практичного застосування даний метод збурювання робочого тіла також не знайшов у зв'язку з істотним ускладненням конструкції дизеля, підвищенням його вартості та збільшенням обсягу робіт з обслуговування.

#### **Методи зменшення теплових втрат.**

Підвищити ефективність використання теплоти та індикаторний ККД можна за допомогою скорочення втрат теплоти в середовищі.

Відомі такі способи зменшення теплових втрат [24, 25]:

- високотемпературні системи охолодження;
- теплоізоляційні покриття поверхні втулок циліндра;
- теплоізоляція камер згоряння за допомогою складених поршнів, спеціальних жарових накладок на голівку поршня, покриття денця поршня матеріалами, які мають малу теплопровідність;

Результати досліджень у цій області неоднозначні та суперечливі.

Для підвищення температури охолоджувача в системі внутрішнього контуру необхідно підтримувати тиск 0,35-0,40 МПа. Це призводить до ускладнення конструкції дизеля.

Стенові та натурні випробування цілого ряду судових дизелів підтвердили ефективність застосування теплоізоляційного покриття на зовнішній поверхні втулок циліндрів. Витрата палива на номінальному режимі зменшилася до 4%, а при 30% навантаженні – на 6-8%. Незважаючи на те, що було рекомендовано приступити до широкого впровадження цього способу на річкових судах, широкого практичного застосування цей метод не отримав [25].

Результати, отримані при використанні теплоізоляційних покриттів денця поршня, є неоднозначними. Багато в чому вони визначаються особливостями конструкції дизеля, паливної апаратури, камери згоряння, властивостями матеріалу, який наноситься на денце поршня.

Наприклад, у дизелів з наддуванням навіть при високих навантаженнях використання керамічного теплоізоляційного покриття денця поршня не призводить до збільшення питомої ефективної витрати палива. Двигун працює м'якше та економічніше. На номінальному режимі роботи питома ефективна витрата палива зменшується на 2-5%, а на часткових режимах – на 5-12% [25].

За іншими відомостями, теплоізоляційні покриття можуть привести до підвищення температури повітряного заряду наприкінці такту наповнення, зменшення коефіцієнта надлишку повітря, скороченню періоду затримки запалення та збільшення періоду

дифузійного горіння [25]. У результаті температура ВГ може підвищитися, а витрата палива збільшиться.

Таким чином, можна зробити висновок, що у зв'язку із суперечливістю наявних даних необхідно провести комплексне дослідження способів теплоізоляції стінок камери згорання, попереднього охолодження повітряного заряду та інтенсифікації процесу згорання за допомогою додаткового збудження робочого тіла.

### Висновки.

1. Одним з перспективних способів зниження витрати палива є скорочення теплових втрат у системі охолодження. Стримуючим фактором у застосуванні теплоізоляційних камер згорання є явище додаткового підігріву повітряного заряду від стінок камери згорання.

2. Компенсувати негативні наслідки, пов'язані зі збільшенням температури повітряного заряду в теплоізоляційних камерах згорання, пропонується за допомогою використання додаткового збудження повітряного заряду.

3. Найбільш ефективними способами удосконалювання робочого процесу є:

- зменшення розміру краплі палива;
- інтенсифікація процесу обдуву краплі палива з газовим середовищем.

Перший напрямок здійснюється за допомогою підвищення тиску впорскування, а другий спосіб додатковим збудженням повітряного заряду в камері згорання.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Иващенко Н. А., Вагнер В. А., Грехов Л. В. Дизельные топливные системы с электронным управлением: учебно-практическое пособие. Барнаул: Алт. ГТУ им И.И. Ползунова, 2000. 111 с.
2. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. – М.: Легион-Автодата, 2005. 344 с.
3. Тер-Мкртчян Г.Г., Мазинг М.В. Особенности аккумуляторных систем дизелей большой цилиндровой мощности. *Двигателестроение*. 2014. №2. С.11–15.
4. Свистула А.Е., Матиевский Д.Д., Дудкин В.И., Повышение качества смесеобразования при использовании газообразных добавок к дизельному топливу. Проблемы форсирования и надежности тракторный и комбайновых двигателей: матер. всесоюзной конф. Владимир, 2015. С. 13–15.
5. Брилинг Н.Р. Быстроходные дизели. Москва : Машгиз, 1951. 520 с.
6. Лебедев О.Н. Методы улучшения смесеобразования в судовых дизелях. Новосибирск : НИИВТ, 1973. 100 с.
7. Свиридов Ю.Б. Смесеобразование и сгорание в дизелях. Л.: Машиностроение, 1972. 220 с.
8. Бесчаров Е.Н. К вопросу о влиянии движения воздуха в цилиндре на индикаторный процесс четырехтактного двигателя. Двигатель внутреннего сгорания: сб. науч. тр. Харьков : Харьковский государственный университет, 1967. Вып. 5. С. 3–8.
9. Иванов В.Н. Некоторые результаты измерений скорости движения воздуха в камере сгорания дизеля. *Тракторы и сельхозмашины*, 1964. № 1. С. 50–52
10. Лебедев О.Н., Мартынов А.А., Калашников С.А., Шеромов Л.А. Совершенствование технической эксплуатации судовых дизельных энергетических установок: учебное пособие. Новосибирск : НГАВТ, 1992. 356 с.
11. Ховах М.С. Об особенностях процесса смесеобразования и сгорания в быстроходных дизелях с камерами сгорания различных типов : труды МАДИ. Москва : Машиностроение, 1968. С. 10–36.

12. Разлейцев Н.Ф. Моделирование та оптимізація процесу згоряння в дизелях внутрішнього згоряння: сб. праць. Харків : Вища школа, 1989. 169 с.
13. Захаренко Б.А. Теория корабельных поршневых двигателей. Л.: ВМОЛА, 1966. 540 с.
14. Малов Р.В. Рабочие процессы и экологические качества ДВС. *Автомобильная промышленность*, 1992. № 9. С. 10–15.
15. Лебедев О.Н., Сомов В.А., Калашников С.А. Двигатели внутреннего сгорания речных судов. Москва : Транспорт, 1990. 328 с.
16. Толшин В.И., Кирпичников С.В. Регулирование циркуляции отработавших газов судового среднеоборотного дизеля. *Двигателестроение*, 2002. №3. С. 15–16.
17. Плесовских А.А. Интенсификация процессов воспламенения и горения топлива в судовых дизелях посредством плазменного разряда: автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. Л., 1992. 20 с.
18. Hamid A. Emulsion ean-fuel of emulsion ean fuel-combustible pour motors a pollution ambient reguite. These dock. 1 ug. Univ. Pierre at Marie Gurie Paris. 1976. P. 81.
19. Cornet J. Emulsified fuels in compression ignition engines / ed. by W. Nero. *Industry and Enginearing Chemie*. 1955. Vol. 47. P. 2133–2141.
20. Thorp J. Running diesel on water / ed. by J. Thorp, G. Armstrong, P. Kasoulakos. *Mar. Week Febr*. 1980. Vol. 18, № 20. P. 54–60.
21. Мироненко И.Г. Особенности эксплуатации судовых дизелей на водотопливной эмульсии. Новосибирск : Наука, 2005. 103 с.
22. Писчаненко, В.В. Исследование динамики вихреобразования в плоской цилиндрической камере с диаметрально направленной осесимметричной : научные труды. Москва, 2006. Вып. 2. С. 12–31.
23. Лебедев О.Н., Мартынов А.А., Калашников С.А., Шеромов Л.А. Совершенствование технической эксплуатации судовых дизельных энергетических установок: учебное пособие. Новосибирск : НГАВТ, 1992. 356 с.
24. Нагибин В.М. О влиянии предкамерного способа закрутки рабочих газов в цилиндрах на процесс сгорания тяжелого топлива : труды НИИВТ. Новосибирск : Новосиб. инст. инж. водн. трансп., 1979. Вып. 46. С. 146–150.
25. Селиверстов В.М., Браславский М.И. Экономия топлива на речном флоте. Москва : Транспорт. 1983. 231 с.

## REFERENCES

1. Yvashchenko N. A., Vahner V. A., Hrehhov L. V. (2000). Dyzelnye toplyvnye systemy s elektronnyim upravlenyem [Diesel fuel systems with electronic control]: uchebno-praktycheskoe posobyе. Barnaul: Alt. HTU ym Y.Y. Polzunova. [in Russian]
2. Hrehhov L.V., Yvashchenko N.A., Markov V.A. (2005). Toplyvnaia apparatura y systemy upravleniya dyzelei [Fuel equipment and diesel engine control systems]. – М.: Lehyon-Avtodata. [in Russian]
3. Ter-Mkrtychian H.H., Mazynh M.V. (2014). Osobennosty akkumulyatornykh system dyzelei bolshoi tsylyndrovoi moshchnosty [Features of battery systems of diesel engines of large cylinder power]. *Dvyhatelestroenye*. №2. [in Russian]
4. Svystula A.E., Matyevskiy D.D., Dudkyn V.Y. (2015). Povyshenye kachestva smeseobrazovaniya pry yspolzovanyy hazoobraznykh dobavok k dyzelnomu toplyvu. Problemy forsyrovaniya y nadezhnomy traktorny y kombainovykh dvyhatelei [Improving the quality of mixture formation when using gaseous additives to diesel fuel. Forcing and Reliability Problems of Tractor and Combine Engines]: mater. vsesoiuznoi konf. Vladymyr. [in Russian]
5. Brylynh N.R. (1951). Bystrokhodnye dyzely [High speed diesels]. Moskva : Mashhyz. [in Russian]



6. Lebedev O.N. (1973). Metody uluchsheniya smeseobrazovaniya v sudovykh dyzeliakh [Methods for improving mixture formation in marine diesel engines]. Novosybyrsk : NYYVT. [in Russian]
7. Svyrydov Yu.B. (1972) Smeseobrazovaniye y shoraniye v dyzeliakh [Mixing and combustion in diesel engines]. L.: Mashynostroeniye. [in Russian]
8. Bescharov E.N. (1967) K voprosu o vliyaniy dvyzheniya vozdukha v tsylyndre na yndykatornyi protsess chetyrekhtaktnoho dvyhatelia. Dvyhatel vnutrenneho shoraniya [On the question of the influence of air movement in the cylinder on the indicator process of a four-stroke engine. Internal combustion engine]: sb. nauch. tr. Kharkov : Kharkovskiyi hosudarstvennyi unyversytet. Vyp. 5. [in Russian]
9. Yvanov V.N. (1964). Nekotorye rezultaty yzmereniya skorosty dvyzheniya vozdukha v kamere shoraniya dyzelia [Some results of measurements of the speed of air movement in the combustion chamber of a diesel engine]. Traktory y selkhoz mashyny. № 1. [in Russian]
10. Lebedev O.N., Martynov A.A., Kalashnykov S.A., Sheromov L.A. (1992) Sovershenstvovaniye tekhnicheskoyi ekspluatatsyy sudovykh dyzelnikh enerhetycheskykh ustanovok: uchebnoye posobyie [Improving the technical operation of ship diesel power plants]. Novosybyrsk : NHAVT. [in Russian]
11. Khovakh M.S. (1968). Ob osobennostiakh protsessa smeseobrazovaniya y shoraniya v bystrokhodnykh dyzeliakh s kameramy shoraniya razlychnykh tipov [On the features of the process of mixture formation and combustion in high-speed diesel engines with various types of combustion chambers] : trudy MADY. Moskva : Mashynostroeniye. [in Russian]
12. Razleitsev N.F. (1989). Modeliuvanniya ta optymizatsiia protsesu zghorianniya v dyzeliakh vnutrishnoho zghorianniya [Modeling and optimization of the combustion process in internal combustion diesels]: sb. prats. Kharkiv : Vyscha shkola. [in Ukrainian]
13. Zakharenko B.A. (1966). Teoriya korabelnykh porshnevnykh dvyhatelei [Theory of ship piston engines]. L.: VMOLA. [in Russian]
14. Malov R.V. (1992). Rabochye protsessy y ekologicheskiye kachestva DVS [Working processes and environmental qualities of internal combustion engines]. Avtomobylnaia promyshlennost. № 9. [in Russian]
15. Lebedev O.N., Somov V.A., Kalashnykov S.A. (1990). Dvyhately vnutrenneho shoraniya rechnykh sudov [Internal combustion engines for river vessels]. Moskva : Transport. [in Russian]
16. Tolshyn V.Y., Kyrpychenykov S.V. (2002). Rehulyrovaniye tsyrkuliatsyy otrabotavshykh hazov sudovogo sredneoborotnogo dyzelia [Regulation of the circulation of exhaust gases of a marine medium-speed diesel engine]. Dvyhatelestroeniye. №3. [in Russian]
17. Plesovskiykh A.A. (1992). Yntensyfykatsiya protsessov vosplameneniya y horeniya toplyva v sudovykh dyzeliakh posredstvom plazmennogo razriada [Intensification of the processes of ignition and combustion of fuel in marine diesel engines by means of a plasma discharge]: avtoref. dyss. na soysk. uchen. step. kand. tekhn. nauk. L. [in Russian]
18. Hamid A. (1976). Emulsion ean-fuel of emulsion ean fuel-combustible pour motors a pollution ambient reguite. These dock. 1 ug. Univ. Pierre at Marie Gurie Paris. P. 81.
19. Cornet J. (1955). Emulsified fuels in compression ignition engines / ed. by W. Nero. *Industry and Engineering Chemie*. Vol. 47. P. 2133–2141.
20. Thorp J. Running diesel on water / ed. by J. Thorp, G. Armstrong, P. Kasoulakos. *Mar. Week Febr*. Vol. 18, № 20. P. 54–60.

21. Myronenko Y.H. (2005). Osobennosty ekspluatatsyy sudovykh dyzelei na vodotoplyvnoi emulsyy [Features of operation of marine diesel engines on water-fuel emulsion]. Novosybyrsk : Nauka. [in Russian]
22. Pyschanenko, V.V. (2006) Yssledovanye dynamyky vykhreobrazovaniya v ploskoi tsylyndrycheskoi kamere s dyametrалno napravlennoi osesymmetrychnoi [Study of the dynamics of vortex formation in a flat cylindrical chamber with a diametrically directed axisymmetric]: nauchnye trudy. Moskva. Vyp. 2. [in Russian]
23. Lebedev O.N., Martynov A.A., Kalashnykov S.A., Sheromov L.A. (1992). Sovershenstvovanye tekhnicheskoi ekspluatatsyy sudovykh dyzelnykh enerhetycheskykh ustanovok: uchebnoe posobyе [Improving the technical operation of ship diesel power plants]. Novosybyrsk : NHAVT. [in Russian]
24. Nahybyn V.M. (1979). O vlyaniyы predkamernoho sposoba zakrutky rabochykh hazov v tsylyndrakh na protsess shoraniya tiazheloho toplyva [On the influence of the pre-chamber method of swirling working gases in cylinders on the combustion of heavy fuel]: trudy NYYVT. Novosybyrsk : Novosyb. ynst. ynzh. vodn. transp. Vyp. 46. [in Russian]
25. Selyverstov V.M., Braslavskiy M.Y. (1983). Ekonomiya toplyva na rechnom flote [Fuel economy in river fleet]. Moskva : Transport. [in Russian]

**Shtrybets V.V., Voichenko T.O., Bairamova O.V., Tkachenko V.V.**

#### **METHODS TO REDUCE FUEL CONSUMPTIONS WITH MARINE DIESELS**

*Energy is one of the foundations of the existence and development of human civilization. Due to their energy efficiency, diesel engines have now supplanted other types of power plants on river and sea vessels, and in the foreseeable future they will maintain a dominant position. Thus, the article defines that one of the promising ways to reduce fuel consumption is to reduce heat loss in the cooling system. The restraining factor in the use of insulated combustion chambers is the phenomenon of additional heating of the air charge from the walls of the combustion chamber. It is proposed to compensate for the negative consequences associated with an increase in the temperature of the air charge in the heat-insulating combustion chambers by using additional perturbation of the air charge. The most effective ways to improve the workflow are:*

- reducing the size of a drop of fuel;
- intensification of the process of blowing a drop of fuel with a gaseous medium.

*The first direction is carried out by increasing the injection pressure, and the second method - by additional perturbation of the air charge in the combustion chamber.*

*The main methods of improving the mixture formation process are described: increasing the fuel injection pressure, increasing the fuel injection pressure, applying gas additives to the fuel, twisting the air charge, using magnetic and electric fields, improving the combustion process, reducing heat loss. The first method has its types, namely: increasing the fuel injection pressure, the use of gas additives, twisting the air charge, the use of magnetic and electric fields. A brief description of each of them is given. The graphs for some research methods and determining the essence of each of the above are considered.*

*Emphasis is placed on the fact that it is possible to compensate for the negative consequences associated with the increase in the temperature of the air charge in the heat-insulating combustion chambers by using additional perturbation of the air charge.*

**Key words:** *fuel consumption, energy efficiency, fuel preparation, marine diesels, fuel reduction, process intensification.*