

Напрямок «Суднобудування та водний транспорт»

Науковий напрям «Суднові енергетичні установки»

Енергія

ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ЕКОНОМІЧНИХ
ПОКАЗНИКІВ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ ШЛЯХОМ ХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ
ПАЛИВА

Одеса – 2018

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ПАЛИВА ДЛЯ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ.....	4
2. ПРИСАДКИ ДО ПАЛИВА.....	6
2.1 Загальні принципи використання паливних присадок.....	6
2.2 Типи присадок до суднових палив	8
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАЛИВНИХ ПРИСАДОК НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СУДНОВОГО ДИЗЕЛЯ...	15
3.1. Технологія проведення експериментальних досліджень.....	15
3.2. Зміна економічних показників роботи дизеля при використанні паливних присадок	18
3.3. Зміна екологічних показників роботи дизеля при використанні паливних присадок	21
3.4. Зміна технічного стану дизеля при використанні паливних присадок	24
ВИСНОВКИ.....	26
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	28

ВСТУП

Сучасна суднова енергетична установка являє собою складний комплекс механізмів, агрегатів і пристроїв, об'єднаних системами в єдину структуру, покликану забезпечити ефективну, надійну, безаварійну (в тому числі з точки зору екології) і комфортну експлуатацію і функціонування судна. Як випливає із самої назви, головним призначенням суднової енергетичної установки є забезпечення судна енергією, у всіх затребуваних видах (теплової, електричної, механічної). Всі види енергії, необхідні для функціонування судна генеруються в автономному режимі з бортових запасів палива в тепловій машині (двигуні внутрішнього згорання, паровому або термомастильному котлі, паровий або газовій турбіні). При цьому найпоширенішим типом суднового головного двигуна є дизелі, що володіють в порівнянні з іншими типами двигунів найменшою питомою витратою палива і найбільшим коефіцієнтом корисної дії.

Сучасні моделі дизелів працюють на важкому паливі, якому перед застосуванням у циліндрі потрібно надати необхідну і відповідну підготовку.

1. ПАЛИВА ДЛЯ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ

Як палива в дизелях використовують переважно продукти переробки нафти, що представляють собою складну суміш різних груп вуглеводнів. У залежності від властивостей і структури молекул вуглеводні розділяють на три групи: аліфатичні (граничні і неграничні), нафтонові (циклани) і ароматичні. Аліфатичні вуглеводні, особливо граничні (відомі також під назвами парафіни або алкани), мають найбільше високу здатність до samozapalювання; ароматичні, до яких відносяться бензол і його похідні, навпаки, – найбільше низкою; нафтонові вуглеводні по здатності до samozapalювання займають проміжне положення. Високий зміст нафтонових вуглеводнів у складі палива обумовлює підвищену його в'язкість.

Груповий хімічний склад показує зміст у відсотках різних груп вуглеводнів у складі палива. Він залежить від складу нафти і фракційного складу даного палива. Дистилятні палива містять приблизно 30...55 % граничних, 5...15 % нафтонових і 30...50 % ароматичних вуглеводнів, важкі – відповідно 5...50, 40...70 і 10...25 %.

Груповий хімічний склад дозволяє якісно оцінити здатність палива до samozapalювання, порівняти по samozаймистості різні палива. Чим більше в складі палива граничних і менше ароматичних вуглеводнів, тим вище його здатність до samozapalювання.

У суднових дизелях застосовують два види палив нафтового походження: дистилятні і важкі.

Дистилятні палива мають низьку в'язкість, завдяки чому можуть бути використані в дизельних установках без підігріву в цистернах і перед двигуном. До них відносяться дизельні і газотурбінні палива.

Дизельні палива одержують у процесі прямої перегонки нафти. Вони містять в основному фракції, що википають при температурі 230...345°C.

Газотурбінні палива являють собою дистильовані палива, одержувані методом уповільненого коксування з гудрону і крекінг-залишків сірчистих нафти. Палива характеризуються низькою зольністю, незначним змістом механічних домішок, але високим змістом сірки і смолистих речовин.

Важкі палива являють собою суміші залишкових нафтопродуктів прямої перегонки нафти або найчастіше крекінг-залишків з дистильованими фракціями [1].

Надійна експлуатація дизелів в таких умовах неможлива без процесу паливопідготовки.

Одним із способів обробки палива є зміна його фізико-хімічного складу, яке можна розділити на:

- 1) очищення від домішок;
- 2) хімічну обробку.

До першої групи належать відстоювання, сепарація і фільтрація; а до другої – застосування паливних присадок.

На даний момент конструктивне і технологічне виконання суднових двигунів внутрішнього згорання досягло своєї досконалості, що забезпечує мінімальні питомі витрати палива даних типів теплових двигунів в порівнянні з іншими (паровими котлами та газовими турбінами). Тому використання присадок до палива вважається одним із шляхів підвищення паливної економічності дизелів [2].

2. ПРИСАДКИ ДО ПАЛИВА

2.1 Загальні принципи використання паливних присадок

Нині в суднових енергетичних установках найширше застосовується рідке органічне паливо, що є продуктом переробки нафти. Паливо, по вітчизняній класифікації, розділяють на чотири групи: дизельне, моторне, флотський мазут, котельний мазут. Дизельне паливо вважається легким, а інші важкими. Проте, на даний момент усі суднові дизелі (як головні, так і допоміжні) працюють на важкому паливі, що накладає певні умови на систему підготовки палива.

Підготовка палива до використання в суднових дизелях проводиться комплексно, починаючи з прийому палива на судно і кінчаючи його подачею в двигун [3].

Метою роботи було визначення впливу використання паливних присадок на економічні, експлуатаційні і екологічні показники роботи суднового дизеля.

Одним із способів обробки палива є зміна його фізико-хімічного складу, яку можна розділити на:

- 1) очищення від домішок;
- 2) хімічну обробку.

До першої групи відносяться відстоювання, сепарація і фільтрація; а до другої – використання паливних присадок.

Паливні присадки спрямовані на поліпшення експлуатаційних якостей палива, починаючи з його прокачиваемости і закінчуючи температурою займання.

Присадки, що знижують випаровуваність палива й поліпшуючі його низькотемпературні властивості, доцільно вводити при бункеруванні судна. Присадки, що знижують схильність палива до опадоутворення, також

доцільно вводити при бункеруванні або безпосередньо в танки запасу відразу ж після завершення процесу бункерування.

Присадки, що захищають паливні апаратури від корозії й утворення лакових плівок, а також присадки, що поліпшують згоряння й попереджують утворення екологічно небезпечних речовин у процесі згоряння, варто вводити перед подачею палива до дизеля.

Застосування, що поширюється, на суднах дешевих важких палив з їхньою низькою стабільністю при зберіганні, схильністю до відкладень і утворенню нагарів, погіршеною здатністю до згоряння й високою корозійною активністю привело до необхідності прибїгати до створення таких присадок, які допомогли б вирішити проблеми зберігання й обробки, згоряння палив, боротьби з нагарами й високотемпературною корозією, а також з низькотемпературною сірчистою корозією.

Важким високов'язким паливам характерна схильність до утворення відкладень у танках запасу, фільтрах, підігрівниках і інших елементах паливної системи, у тому числі сепараторах. Причина полягає в наявності в паливах важких вуглеводнів (смола, асфальтенів). Маючи підвищену поверхневу активність, важкі вуглеводні групуються навколо забруднююче паливо домішок, глобул води, утворюють складні структури, розміри яких збільшуються, і вони випадають в осад у вигляді шламу на днище танка або осаджуються на поверхнях паливної системи [4].

Один зі шляхів боротьби зі утворенням шламів і відкладеннями в підсистемах зберігання й переробки палива складається у введенні в палива хімічних присадок, що містять потужні диспергатори. Поверхнева активність останніх істотно підвищує поверхневу активність содержащихся в паливі асфальтосмолистіх з'єднань, що виступають у ролі природних коагулянтів і емульгаторів. Завдяки відзначеній властивості речовини присадок притягають до себе смоли, що обволікають структурні системи важких вуглеводнів, і частково замішають їх. Ослаблення внаслідок цього

поверхневого натягу важких вуглеводнів, а також розклиніваюча дія уведених із присадкою диспергаторів приводять до розриву цих структурних систем, їх диспергуванню й завдяки цьому до запобігання утворення шламів. У ролі диспергаторів звичайно використовують розчинні в паливі органо– металичні з'єднання. Важлива властивість поверхнево– активних речовин присадок складається також у захисті металевих поверхонь від корозії, іржавіння й утворення на гарячих поверхнях лакових плівок.

Присадки – диспергатори сприяють не тільки боротьбі зі утворенням шламів, але, подрібнюючи структуру важких вуглеводнів, що перебувають у паливі, і більше повному їхньому згорянню в циліндрах.

Присадки до суднових палив нині набули досить широкого поширення на суднах, проте результат їх застосування не завжди отримує однозначну оцінку. Це пов'язано з різними причинами, які передусім залежать від характеристик суднового дизеля і елементів його паливної системи, а також від забезпечення правильності технології використання присадок.

Вивченню впливу паливних присадок на характеристики теплових двигунів присвячена велика кількість робіт, при цьому питання використання присадок розглядаються навіть у таких енергоємних і відповідальних областях енергетики, як ядерна.

2.2 Типи присадок до суднових палив

Розглянемо основні типи паливних присадок, що використовуються в суднових енергетичних установках [5].

Паливна присадка AMERSTAT 25 – препарат для запобігання біохімічному розпаду дизельного палива в танку основного запасу (танку зберігання).

Неминуче у витратних танках накопичується вологість – з конденсату, з вентиляційних і інших отворів – яка є ідеальним середовищем для життя двох типів мікроорганізмів – бактерій і грибків. Ці мікроорганізми живуть на стику води і палива – вода служить середовищем для зростання, паливо є живленням. Безконтрольне зараження палива мікроорганізмами відбувається швидко і, якщо його вчасно не виявити, часто призводить до таких проблем як засмічення фільтрів і інжекторів, корозія в танку основного запасу, нестабільність палива і зниження температури згорання палива. Додатково, молекули, що містять сірку, перетворюються, що призводить до утворення сірководню [4].

Препарат AMERSTAT 25 контролює зростання мікроорганізмів в танках і паливних лініях, підтримуючи стабільність палива і знижуючи корозію в системі, а також не допускає засмічення, яке є результатом зараження палива бактеріями. AMERSTAT 25 застосовується в суднових дизельних енергетичних установках, в системах допоміжних котлів і в танках основного запасу (зберігання).

Засіб для обробки рідкого палива FOT – суміш самодиспергуючихся розчинників, сурфактантів, чистячих/миючих засобів і речовин, що емульгують. Препарат призначений для подолання численних проблем, що виникають при обробці і згоранні важкого мазуту.

Присадка виконує дві основні функції: кондиціонування палива, розчинення шламу.

Як кондиціонер рідкого палива FOT допомагає протидіяти навантаженню, яке отримує система перекачування палива із-за вологи, важких вуглеводнів, великих відкладень шламу і нагари. Емульгуючи вологу і дисперсуючи шлами, FOT знижує потреби в профілактичних ремонтах, сприяє тому, що кращому розпиляло для повнішого згорання і збільшує утилізацію теплових одиниць бункера, розріджуючи маси шламу, що не згорають, які випадають в осад.

Як розчинник FOT забезпечує швидше, легше і якісніше очищення вуглецевих відкладень, затверділих шламів, нагару, смолянистих відкладень і воскових опадів від великої різноманітності морських нафтопродуктів.

Низькотемпературний очисник сажі LT SOOT RELEASE – каталізатор, розроблений для ефективного видалення відкладень в процесі горіння і підтримки чистоти теплообмінних поверхонь в утилізаційних котлах. Відкладення сажі у вихлопній системі викликають втрати енергії, корозію, підвищують ризик займання і у результаті можуть привести до дорогого ремонту.

Низька робоча температура 200°C цього препарату робить його ідеальним для своєчасного і дієвого відновлення вихлопних систем на суднах.

Введення препарату здійснюється безпосередньо у випускную трубу дизеля. Технологічна схема установки дозуючого пристрою показана на рис. 2.1.

Засіб для поліпшення згорання AMERGY 1000 – суміш органічних компонентів, призначена для забезпечення повнішого згорання і максимального використання енергії, що отримується від палива. Його можна використовувати як для дизельних двигунів, так і для котельних установок, для різних видів палива, від дистилляту до залишкових. Забезпечуючи повніше згорання, AMERGY 1000, знижує кількість вихлопних часток і відкладень нагару. Завдяки такій дії, поверхні камери згорання підтримуються в чистішому стані, скорочуються витрати на ремонт, а також витрату палива. AMERGY 1000 не містить металів і повністю поглинається в процесі згорання.

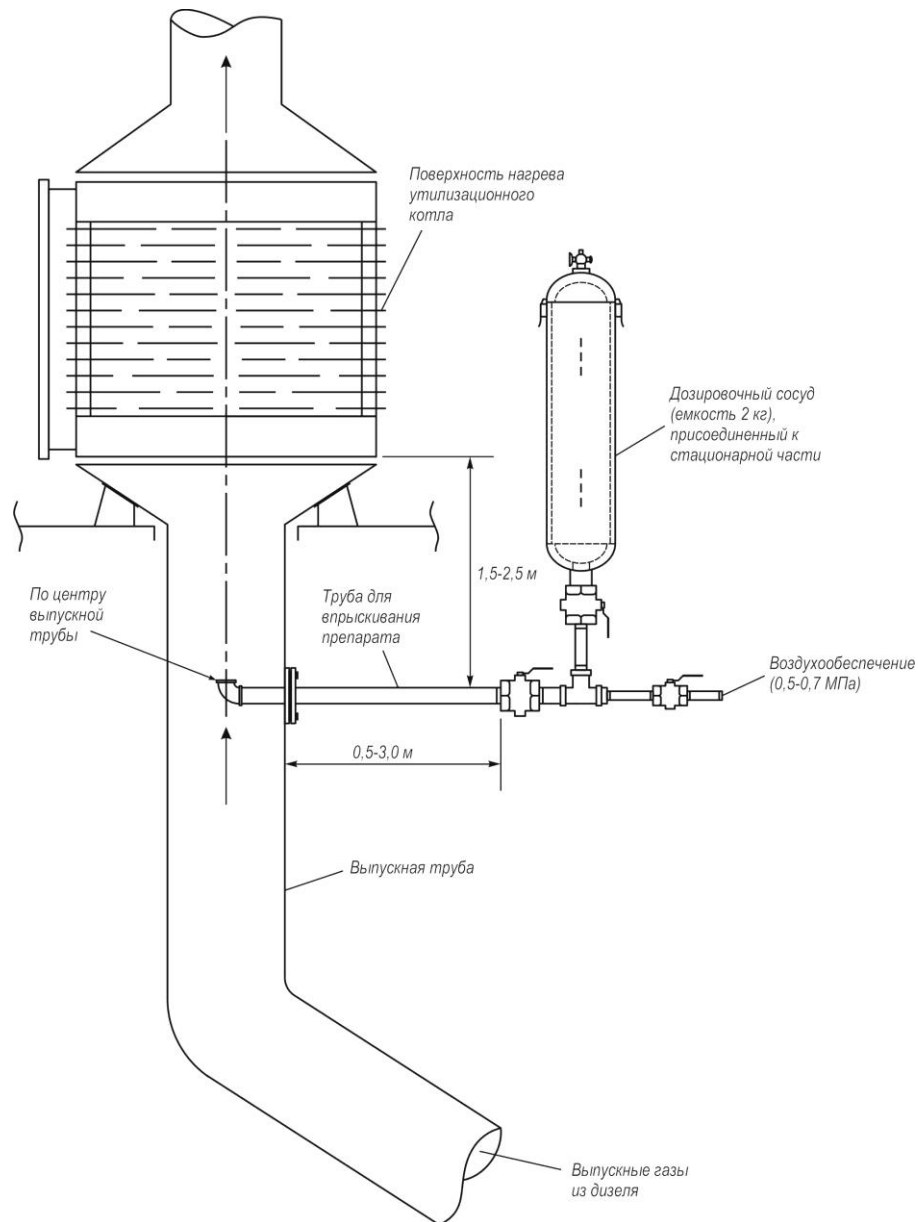


Рис. 2.1 – Технологічна схема установки дозуючого пристрою для введення присадки LT SOOT RELEASE

Випробування, проведені на мало-обертівому дизелі, що спалює паливо з в'язкістю 380 cSt, показали зниження твердих часток на 18% і зниження димности випускних газів на 70% після застосування AMERGY 1000. У інших випробуваннях цетанове число дизпалива покращало на 2% при використанні AMERGY 1000.

На рис. 2.2, 2.3 показані основні позиції подачі препарату, рекомендовані фірмою Drew Marine.

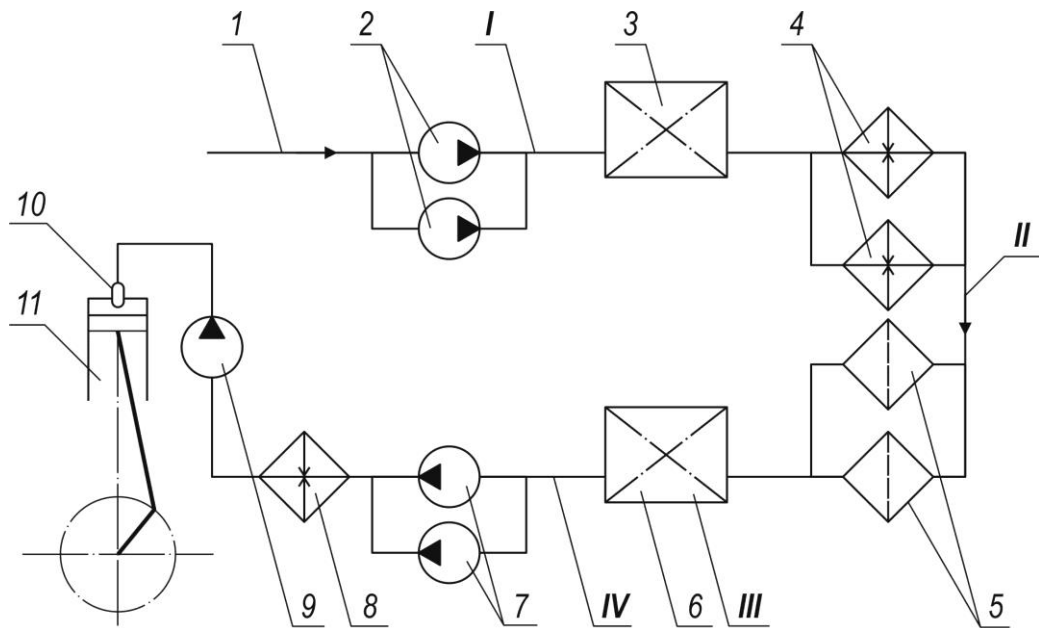


Рис. 2.2– Рекомендовані точки подачі AMERGY 1000 (I, II, III, IV) для типового розташування паливної системи головного двигуна
 1 – магістраль подачі бункера; 2 – паливо перекачуючі насоси; 3 – відстійний танк;
 4 – паливні підігрівачі; 5 – паливні сепаратори; 6 – витратною танк;
 7 – паливні насоси низького тиску; 8 – паливний підігрівач; 9 – паливний насос високого тиску; 10 – форсунка; 11 – дизель

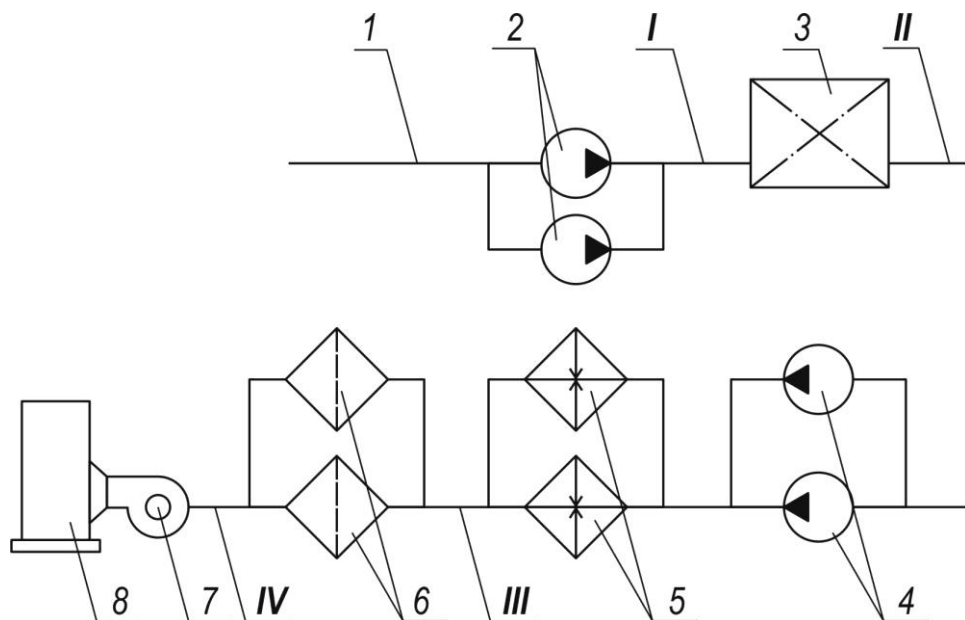


Рис. 2.3– Рекомендовані точки подачі AMERGY 1000 (I, II, III, IV) для типового розташування котельної установки:
 1 – магістраль подачі бункера; 2 – паливо перекачуючі насоси; 3 – відстійний танк;
 4 – паливопідкачуючі насоси; 5 – паливні підігрівачі; 6 – паливні фільтри;
 7 – форсунка; 8 – допоміжний котел

Засіб для поліпшення згорання AMERGIZE – суміш маслорозчинних органометалликів, найбільш ефективна, як продемонстровано на випробуваннях, для МОД і СОД, що працюють на важкому дизельному паливі. Випробування двигунів показали, що поєднання інгредієнтів в AMERGIZE забезпечує синергетичний ефект, що дозволяє знижувати відкладення і покращувати згорання.

AMERGIZE підходить як для середньо, так і для МОД дизелів, що випробовують проблеми, пов'язані із згоранням і відкладеннями, що виникають із– за наявності в паливі ванадію, сірки і натрію. Перетворювач відкладень в AMERGIZE діє під час процесу згорання, вступаючи в реакцію з цими речовинами (ванадій, сірка, натрій) і змінюючи склад золи. Він перешкоджає освіті високо і низькотемпературній корозії, зокрема:

- підвищуючи температуру плавлення ванадійових компонентів, внаслідок чого вони стають не клейкими і такими, що не викликають корозії поверхонь, схильних до високої температури;
- змінюючи форму кристалів золи так, що вона стає легкою, рихлою і такою, що легко виводиться;
- зв'язуючи ванадій, щоб він не міг діяти як каталізатор для перетворення SO_2 і SO_3 ;
- діючи як лужний компонент, нейтралізує будь-яку кислоту, що утворюється.

Кондиціонер палива AMERGY 222 – суміш розчинників, диверсантів, сурфактантів і миючих засобів, призначена для зведення до мінімуму наслідків паливної нестабільності і несумісності. Такі стани можуть виникнути, коли під час бункеровочних операцій паливо, що приймається, з присадками змішується з паливом, що було раніше. AMERGY 222 представляє саму новітню технологію в подоланні таких проблем.

AMERGY 222 має подвійне призначення:

1) підтримувати в зваженому стані частки важкого палива і розсіювати шлами таким чином, що паливо можна відкачувати, сепарувати, підігрівати і фільтрувати з мінімальною небезпекою забруднення і необхідністю наступного очищення;

2) розчиняти існуючі шлами, щоб паливо стало стабільнішою однорідною рідкою масою.

Виконання цих функцій максимально підвищує енергетичний потенціал використання суднового палива, забезпечуючи повне згорання усіх вуглеводних матеріалів. Як тільки ці цілі досягаються, стає реальною економія коштів, зважаючи на зменшення експлуатаційних витрат, необхідних на очищення танків і устаткування. Крім того, завдяки добре підготовленому паливу, покращуються енергетичні і економічні показники роботи двигуна [6].

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАЛИВНИХ ПРИСАДОК НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СУДНОВОГО ДИЗЕЛЯ

3.1. Технологія проведення експериментальних досліджень

Застосування паливних присадок особливо актуально для допоміжних двигунів, які є приводами електричних генераторів. Дані типи двигунів характеризує підвищена (в порівнянні з головними двигунами) частота обертання колінчастого вала, а також безперервна робота в складі суднової електростанції (як на ходових, так і на стоянкових режимах експлуатації судна). Перше (підвищена частота) скорочує час впорскування палива, друге (робота під час стоянок в акваторії морських портів) накладає додаткові вимоги щодо забезпечення екологічних показників роботи двигунів.

Дослідження в умовах морського судна дедвейтом 51187 тонн були проведені в паливній системі дизеля 6N21L фірми Yanmar з наступними основними характеристиками:

- тип – вертикальний з водяним охолодженням, 4-х тактний, з газотурбінним наддувом;
- діаметр циліндра – 210 мм;
- хід поршня – 290 мм;
- частота обертання – 720 хв^{-1} (об/хв);
- кількість циліндрів – 6;
- номінальна потужність – 680 кВт.

До складу суднової енергетичної установки входило три названих дизеля, що використовуються в якості дизель-генераторів. Це дозволило два дизеля використовувати для проведення експериментів, а один залишати в якості «контрольного». Схема паливної системи дизелів наведена на рис. 3.1. З метою забезпечення експерименту паливна система була дообладнана витратоміром 3 і дозатором присадки 4. Така організація подачі присадки в

паливну систему забезпечувала необхідну дисперсію і рівномірний рівень її розчинення в паливі.

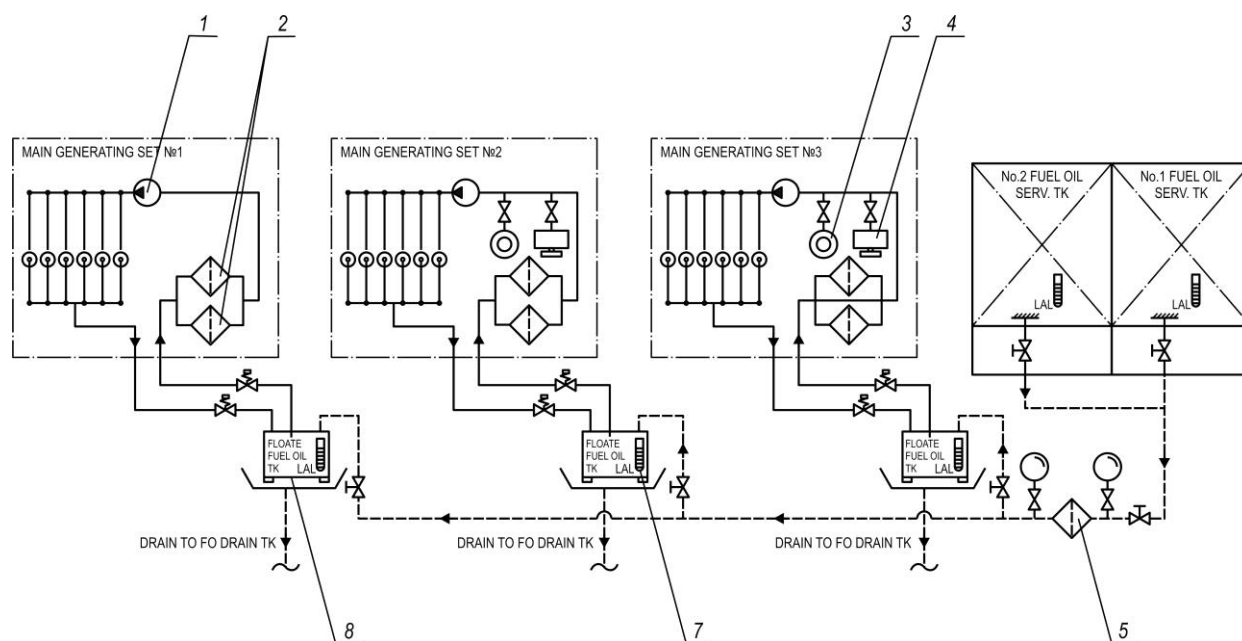


Рис. 3.1. Судова паливна система (фрагмент):

- 1 – паливний насос високого тиску; 2 – паливні фільтри тонкого очищення;
 3 – витратомір; 4 – дозатор присадки; 5 – паливний фільтр грубого очищення;
 7 – вимірювач рівня; 8 – витратна цистерна

Двигуни при дослідженнях працювали в паралельному режимі, що дозволяло підтримувати однакове навантаження як на «експериментальних», так і на «контрольному» дизелі. Її величина становила $N_e=300\dots600$ кВт при номінальній потужності дизель-генераторів $N_{enom}=680$ кВт. Потужність дизелів N_e визначалася за виразом $N_e=N_g/\eta_g$ (де N_g – потужність генератора, кВт, η_g – коефіцієнт корисної дії генератора). Значення N_g знімалася з ватметра, розташованого на панелі управління дизель-генератора, а величина η_g приймалася з паспортних характеристик дизель-генератора і становила $\eta_g=0,915$. Для розрахунку величини питомої ефективної витрати палива b_e по вимірнику рівня (позиція 7 на рис. 3.1), розташованому на кожній виткратній цистерні (позиція 8 на рис. 3.1) визначалася поточна витрата палива $G_{пал}$.

Тоді з урахуванням часу проведення експерименту $t_{\text{роб}}$ і середньозваженого значення потужності дизеля N_e величина питомої ефективної витрати палива розраховувалася як

$$b_e = \frac{G_{\text{пал}}}{N_e t_{\text{роб}}}.$$

Дизель-генератори мали розділену газовипускную систему, це дозволило як в «контрольній», так і в «експериментальних» вмонтувати газоаналізатори. Газоаналізатори встановлювалися на відстані 1,5 м від рівня виходу газів з дизеля, це забезпечувало рівномірність температури і однорідність газового потоку, що надходить в їх вимірювальний блок.

Для забезпечення ідентичності експерименту для всіх дизелів проводилася їх попередня підготовка до випробувань. Умови експлуатації дозволяли послідовно протягом 40 годин виконати повну моточістку зазначених дизелів, тим самим підготувати їх до експерименту. При цьому на всіх дизелях замінювалася поршнева група (поршні і поршневі кільця) і основні елементи паливної системи високого тиску (прецизійні пари паливного насоса високого тиску плунжер - втулка і голка - розпилювач форсунки). Крім того, перед початком експериментів для обох двигунів проводилися контроль і регулювання паливної апаратури. При цьому паливні насоси високого тиску регулювалися на однаковий кут випередження подачі палива, а форсунки двигунів налаштовувалися на однакові тиски підйому голки. Протягом всього часу проведення експерименту здійснювався контроль часу роботи і експлуатаційного навантаження на дизелі. Для досягнення рівномірного розподілу часу роботи дизелів, двигуни послідовно переводилися в режим stand-by. Шляхом пере-підключення споживачів енергії неузгодженість потужності дизель-генераторів, на яких відбувалися дослідження, не перевищувало 10 кВт, що для таких енергоємних об'єктів можна вважати незначним відхиленням, а умови їх роботи ідентичними.

Експлуатація двигунів проводилася на одному і тому ж сорті палива. При цьому засоби автоматичного контролю підтримували в'язкість палива незмінною протягом усього експерименту. Також ідентичними підтримувався сорт циркуляційного мастила, що забезпечує режими змащування і його експлуатаційні характеристики. Дані заходи дозволили вважати, що виконання експерименту проводилося в однакових умовах.

Основними параметрами, що підлягали контролю і визначенню, були питома ефективна витрата палива, температура вихідних газів, вміст NO_x у випускних газах, а також технічний стан елементів паливної апаратури і циліндропоршневої групи [7].

Під час проведення експериментів дизелі працювали на паливі RME25 з наступними основними характеристиками:

- густина при 15°C – 991 кг/м^3 ;
- в'язкість при 100°C – 25 сСт ;
- температура спалаху – $>60^\circ\text{C}$;
- вміст сірки – $2,8\%$ по масі.

3.2. Зміна економічних показників роботи дизеля при використанні паливних присадок

При дослідженнях були отримані наступні результати.

Рівень дозування присадок варіюється в широких межах і залежить від призначення присадки і характеристик паливної системи, в якій вона використовується. Присадки, які вводяться в паливні цистерни або окремі ділянки паливних магістралей для біологічного впливу на паливо або для зниження гідравлічних втрат, дозуються в співвідношенні $1:8000\dots 1:12500$. Присадки, що забезпечують поліпшення процесу згоряння палива, вводяться

в нього в пропорції 1:1000...1:8000. І в тому, і в іншому випадку дозування може змінюватися в залежності від конструкції двигуна, експлуатаційного стану паливної системи, рівня забруднення палива в цистернах, елементарного складу палива (в залежності від вмісту домішок ванадію, натрію і сірки). Оптимальний діапазон дозування присадки визначається експериментально, в зв'язку з цим при дослідженнях вибиралися такі співвідношення присадки і базового палива – 1:2000, 1:3500, 1:5000, 1:6500 і 1:8000. При цьому найменше значення питомої ефективної витрати палива було отримано при концентраціях 1:3500 і 1:5000, які і були прийняті для подальших досліджень [8].

На рис. 3.2 показані залежності питомої ефективної витрати палива b_e від відносної потужності дизеля $N_e/N_{eном}$ для дизеля, що працює на "чистому" паливі, і дизелі, що працює на паливі з присадкою. У обох випадках отримані криві співпадають з теоретичними, проте слід зазначити рівність витрат палива на режимах номінальної і економічної потужності при роботі дизеля на паливі з присадкою.

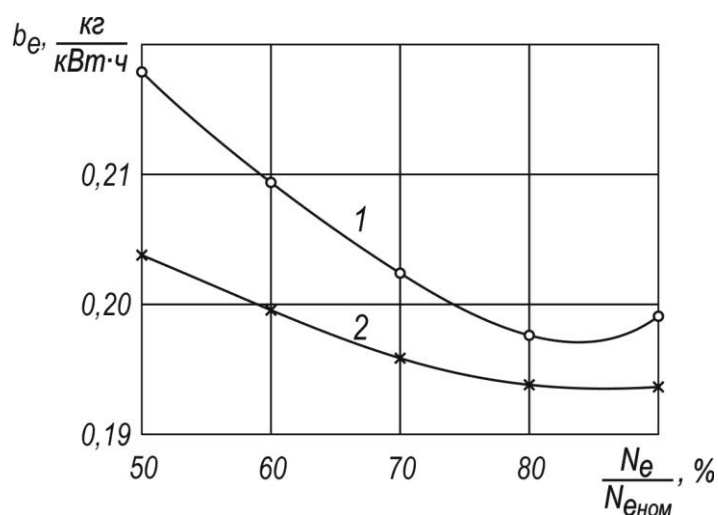


Рис. 3.2 – Залежності питомої ефективної витрати палива b_e від відносної потужності $N_e/N_{eном}$ для дизеля, що працює на "чистому" паливі (1), і дизелі, що працює на паливі з присадкою (2)

Крім того, використання паливних присадок в цілому істотно знижує питому ефективну витрату палива, особливо на режимах малих навантажень (у діапазоні 50...60-ти %-вої потужності) – найбільш характерних для роботи дизель-генераторів [9].

Приведені результати свідчать про якісніше сумішоутворення і згорання, а також повніше використання теплотворної здатності палива з присадкою.

Експериментально отримані результати, що підтверджують зниження питомої ефективної витрати палива при використанні присадок до палива, свідчать про інтенсифікацію процесу сумішоутворення і згорання. При цьому відзначимо, що для різної концентрації присадки в базовому паливі спостерігається різне значення зниження питомої ефективної витрати палива. На наш погляд це пояснюється тим, що частина вільних радикалів присадки залишається незадіяними в розриві внутрішньо молекулярних зв'язків палива і активації його горючих складових.

Наслідком поліпшення процесу згорання палива і зміщення його протікання на лінію ізохоричного підведення тепла також є зниження температури випускних газів. Це пов'язано з тим, що застосування присадок до палива сприяє протіканню процесу згорання в циліндрі дизеля не по лінії розвитку ланцюгової реакції, що веде до детонації, а по лінії розвитку стаціонарного горіння [10].

На рис. 3.3 показані залежності усередненої температури випускних газів, по усіх циліндрах дизеля від відносної потужності дизеля для "контрольного" і "експериментального" дизелів.

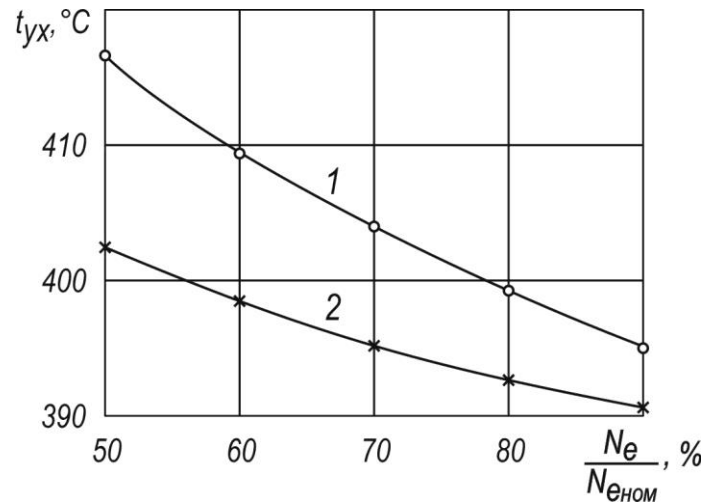


Рис. 3.3 – Залежності температури випускних газів t_{yx} від відносної потужності $N_e/N_{eном}$ для дизеля що працює на "чистому" паливі (1) і дизелі, що працює на паливі з присадкою (2)

Як видно з рис. 6.3, застосування присадок до палива сприяє зниженню температури випускних газів, що свідчить про повніше згорання палива. Також слід зазначити менше відхилення температури газів по циліндрах дизеля від його середнього значення. Так, для "контрольного" дизеля цьому параметр склав $\Delta t_{cp}=8^\circ\text{C}$, а для "експериментального" $\Delta t_{cp}=4^\circ\text{C}$.

3.3. Зміна екологічних показників роботи дизеля при використанні паливних присадок

Експлуатація сучасних дизелів, що працюють по чотиритактному циклу, відбувається на паливі середньої (180...380 сСт) і високої (до 500 сСт) в'язкості. Винятком є режими пуску дизеля і маневрування судна, коли необхідно забезпечити надійне самозаймання палива в циліндрі дизеля в умовах змінних теплових режимів його охолодження. Тривала експлуатація дизелів на паливі зі зниженою в'язкістю 5...10 сСт класу DMB і DMC, як

правило, відбувається тільки в екологічних районах і пов'язана із забезпеченням вимог Annex IV міжнародної конвенції MARPOL [7-9]. В таких районах експлуатація судових дизелів відбувається на паливі з низьким вмістом сірки. Такі сорти палив мають меншу мастильну здатність, що підвищує втрати на тертя в паливній апаратурі високого тиску і вимагає великих витрат енергії на забезпечення її роботи [11].

Використання присадок з активними функціональними групами, що модифікують металеву поверхню в зоні тертя (в сполученні плунжер - втулка паливного насоса високого тиску), призводить до створення мікронного прошарку на поверхнях паливної апаратури високого тиску і сприяє виникненню додаткових розклинювальних сил. Ці сили забезпечують граничний режим тертя без безпосереднього контакту поверхонь і підвищують гідравлічну щільність в парі плунжер - втулка.

Крім того, переведення дизелів для роботи з одного сорту палив на інший пов'язаний з існуючою в судовій енергетиці проблемою сумісності палив, яка особливо актуальна для двигунів, що працюють по чотиритактному циклу. Паливна апаратура судових дизелів виконується з високою прецизійної точністю, що вимагає високої однорідності використовуваного палива [12].

Використання присадок до палива, що модифікують металеві поверхні в зоні тертя, дозволяє уникнути переведення роботи дизеля на паливо зі зниженою в'язкістю на режимах, відповідних перехідним навантажень, а також режимах підготовки дизеля до виведення з експлуатації.

Судова емісія шкідливих речовин у випускних газах є актуальною проблемою, її вирішення має забезпечити екологічні параметри роботи судових дизелів при їхній роботі як в світовому океані, так і в особливих районах. У зв'язку з цим при дослідженні визначався вплив паливних присадок на екологічні показники роботи дизеля, а саме на концентрацію NO_x в випускних газах.

На рис. 3.4 приведена графічна залежність відносної концентрації NO_x в газах, що йдуть, отримана при використанні палива з присадкою.

Величина ΔC_{NO_x} визначалася по вираженню

$$\Delta C_{\text{NO}_x} = \frac{C_1 - C_2}{C_1},$$

де C_1 і C_2 – концентрації NO_x в випускних газах дизеля, що працює на "чистому" паливі, і дизеля, що працює на паливі з присадкою. Приведена залежність свідчить про поліпшення екологічних параметрів роботи дизеля, особливо в діапазоні малих навантажень.

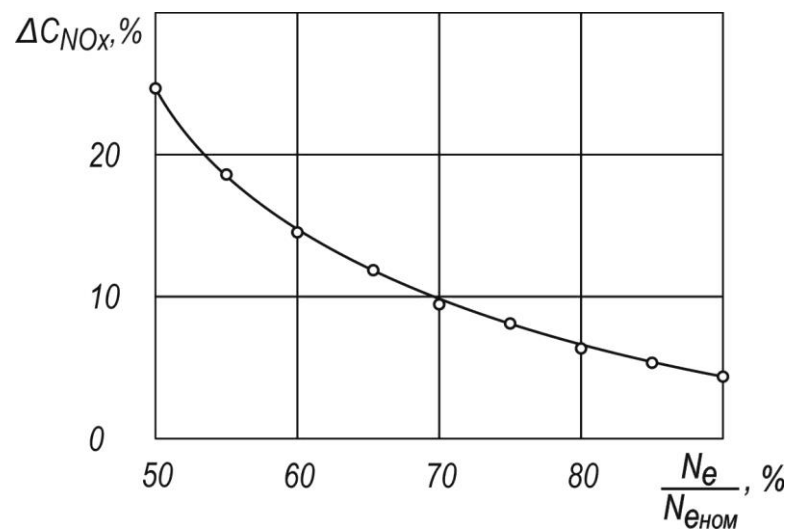


Рис. 3.4 – Залежність відносної концентрації NO_x в випускних газах при використанні палива з присадкою

3.4. Зміна технічного стану дизеля при використанні паливних присадок

Крім того, слід зазначити поліпшення технічного стану дизеля і його паливної апаратури при використанні паливних присадок. Так, при моточищенні дизелів було визначено, що елементи ЦПГ дизеля, що працює з паливною присадкою, мають менший нагар на поверхнях нагріву (зокрема на голівці поршня, кришці циліндра і випускному клапані, а також більш рухливі поршневі кільця) чим у дизеля, що працює на "чистому" паливі. Крім того, форсунки дизеля, що використовує паливну присадку, практично не мали нагари навколо соплових отворів, а їх розпилювачі знаходилися в менш зношеному стані. Це ще раз свідчить про інтенсифікацію процесів сумішоутворення і згорання при використанні палива з присадкою.

Для експериментів використовувалися різні присадки, рекомендовані для застосування в паливних системах суднових дизелів, при цьому отримані результати були порівнянні між собою, а на рис. 3.2-3.4 приведені їх оптимальні значення.

Узагальнені результати досліджень використання присадок до палива приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати дослідження застосування паливних присадок

Контрольований параметр	Робота на "чистому" паливі	Робота на паливі з присадкою
Питома ефективна витрата палива, кг/(кВт(година)) :		
50 % потужності	0,217	0,204
80 % потужності	0,198	0,194
Температура випускних газів, °С:		
50 % потужності	417	403
80 % потужності	396	391
Відхилення температури випускних газів, по циліндрах від його середнього значення	8	4
Зниження відносної концентрації NO _x в випускних газах, %		
50 % потужності	—	24
80 % потужності	—	6

ВИСНОВКИ

Наведені результати дозволяють зробити наступні висновки.

1. Одним із способів обробки палива є зміна його фізико-хімічного складу, яку можна розділити на: очищення від домішок; хімічну обробку. До першої групи відносяться відстоювання, сепарація і фільтрація; а до другої - застосування паливних присадок.

2. Паливні присадки спрямовані на поліпшення експлуатаційних якостей палива, починаючи з його прокачиваемости і закінчуючи температурою займання.

3. Присадки, що знижують випаровуваність палива й поліпшуючі його низькотемпературні властивості, доцільно вводити при бункеруванні судна. Присадки, що знижують схильність палива до опадоутворення, також доцільно вводити при бункеруванні або безпосередньо в танки запасу відразу ж після завершення процесу бункерування.

4. Присадки, що захищають паливні апаратури від корозії й утворення лакових плівок, а також присадки, що поліпшують згоряння й попереджують утворення екологічно небезпечних речовин у процесі згоряння, варто вводити перед подачею палива до дизеля.

5. Застосування, що поширюється, на суднах дешевих важких палив з їхньою низькою стабільністю при зберіганні, схильністю до відкладень і нагароутворення, погіршеною здатністю до згоряння й високою корозійною активністю привело до необхідності прибігати до створення таких присадок, які допомогли б вирішити проблеми зберігання й обробки, згоряння палив, боротьби з нагарами й високотемпературною корозією, а також з низькотемпературною сірчистою корозією.

6. Важким високов'язким паливам властиве схильність до утворення відкладень у танках запасу, фільтрах, підігрівниках і інших елементах

паливної системи, у тому числі сепараторах. Причина полягає в наявності в паливах важких вуглеводнів (смола, асфальтени). Маючи підвищену поверхневу активність, важкі вуглеводні групуються навколо забруднююче паливо домішок, глобул води, утворюють складні структури, розміри яких збільшуються, і вони випадають в осад у вигляді шламу на днище танка або осаджуються на поверхнях паливної системи.

7. Паливні присадки вводяться безпосередньо в паливну систему в різних точках в рекомендованих пропорціях в залежності від типу паливної системи і характеристик суднового дизеля.

8. Використання присадок до палива суттєво покращує економічні, екологічні і експлуатаційні параметри роботи дизеля. Так при використанні паливних присадок можливо досягти зниження питомої ефективної витрати палива від 2 до 6 %; знизити температуру випускних газів, на 1,3...3,4 % і зменшити її відхилення по циліндрах дизеля; понизити відносну концентрацію NO_x в випускних газах на 6...24 %; крім того при цьому якісно покращується технічний стан деталей циліндро-поршневої групи і елементів паливної апаратури високого тиску дизеля.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Марков С. В. Нефтяные топлива энергетических установок морских судов / С.В. Марков, Н. Л. Троеглазова. – Новороссийск : НГМА, 2004. – 122 с..
2. Sagin S.V. Cavitation Treatment of High-Viscosity Marine Fuels for Medium-Speed Diesel Engines / S.V. Sagin, V. G. Solodovnikov // Modern Applied Science; Published by Canadian Center of Science and Education, Vol. 9, № 5. – 2015. – P. 269-278. DOI: 10.5539/mas.v9n5p269
3. Zabloysky Yu. V. Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines / Yu. V. Zabloysky, S. V. Sagin // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Vol 9(20). – P. 208-216. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490.
4. Сагин С.В. Технология использования и результаты испытаний присадок к топливам для судовых дизелей / С.В. Сагин, Ю.В. Заблоцкий, Р.В. Перунов // Проблемы техники: наук.-виробн. журнал. – 2012 . – № 3. – Одесса: ОНМУ. – С. 84-103.
5. Похомов Ю.А. Топливо и топливные системы судовых дизелей. – М.: РКонсульт, 2004. – 496 с..
6. Конкс Г. А. Мировое судовое дизелестроение.: концепции конструирования, анализ международного опыта / Г. А. Конкс, В. А. Лашко – М. : Машиностроение, 2005. – 512 с.
7. Sagin S.V. Motor oil viscosity stratification in friction units of marine diesel motors / S.V. Sagin, O.V. Semenov // American journal of applied sciences. – 2016.– Vol. 13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208
8. Zabloysky Yu. V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of Marine Diesel When using Fuel Additives / Yu. V. Zabloysky, S.

V. Sagin // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Vol 9(46). – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516, Desember 2016

9. Мацкевич Д.В. Определение смазочной способности дизельных топлив / Д.В. Мацкевич, Ю.В. Заблоцкий // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2011. – № 28. – Одесса: ОНМА. – С.145-153.

10. Sagin S.V. Motor oil viscosity stratification in friction units of marine diesel motors / S.V. Sagin, O.V. Semenov // American journal of applied sciences. – 2016. – Vol. 13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208

11. Заблоцкий Ю. В. Повышение надежности работы топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей за счет оптимизации режимов смазывания прецизионной пары плунжер-втулка / Ю. В. Заблоцкий // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. – 2016. – № 7 (28) . URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3383>

12. Заблоцкий Ю.В., Куропятник А.А. Повышение топливной экономичности и экологических параметров работы судовых дизелей при использовании присадок к топливу // Austria-science. – 2017. – № 2.– С. 83-88 / publishing «Austria-science»© 2017.