

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ В ЕНЕРГЕТИЦІ ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN ENERGY

УДК 621.6.039

В.П. Розен, д-р техн. наук, проф., ORCID 0000-0002-0440-4251

С.В. Дяченко, магістр

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МЕТОДИ ТА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ВОДОПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦІЙНИМ ПАЛИВАМ

В статті розглянуто питання використання водопаливної емульсії (ВПЕ) як альтернативного палива для середньо- та малооборотних дизельних двигунів. Встановлено, що найбільш токсичними компонентами, які впливають на довкілля в процесі роботи дизельного двигуна, є оксиди азоту, вуглецю, вуглеводні та тверді частки сажі. Ефективним шляхом вирішення проблеми захисту довкілля є застосування водопаливної емульсії, оскільки її використання не вимагає конструктивних змін двигуна. Також визначено основні методи підготовки водопаливних емульсій та установок, в яких створюється емульсія, їх переваги та недоліки. Для аналізу характеристик установок використано діаграми Ісікави. Виділено перспективні системи створення емульсованих палив.

Ключові слова: водопаливна емульсія, гомогенізатор, диспергатор, дизельний двигун, паливо.

Вступ

В останні роки перед судновласниками гостро постала проблема зростання цін на бункерувальне паливо. У зв'язку з цим багато компаній-судновласників знову стали розглядати питання застосування на судах більш дешевих важких сортів палива, альтернативних дорогим легким сортам. Сформована ситуація посилюється ще й тим, що якість судових важких палив в цілому погіршується, з огляду на те, що нафтопереробні заводи (НПЗ) прагнуть до підвищення вироблення з нафти легких фракцій.

Одночасно зі зростанням цін і зниженням якості палива посилюються вимоги до рівня викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами судових дизелів. У липні 2010р. вступила в силу нова редакція Програми VI Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню із суден (MARPOL 73/78), яка передбачає більш жорсткі вимоги до суден.

Одною з основних задач під час експлуатації двигунів внутрішнього згоряння є енергозбереження та екологічний вплив на довкілля. Робота дизельного пального викликає ряд проблем пов'язаних з роботою двигуна та викидами токсичних речовин у повітря. З ситуації яка, склалась на сьогоднішній день, можна сказати що є сенс розглядати альтернативні види палива для подальшого їх використання з дизельними двигунами.

Мета

Підвищення рівня ефективності роботи дизельного двигуна та зниження вмісту токсичних компонентів відпрацьованих газів дизельного двигуна, шляхом аналізу проблеми використання важких сортів дизельного палива визначення способів та методів підготовки водопаливної емульсії, огляд установок з різними фізичними методами створення емульсій, застосування діаграм Ісікави для їх порівняння та визначення перспективних агрегатів для подальшої роботи з ними.

Матеріал і результати досліджень

В роботі [1] аналіз відпрацьованих газів показав, що найбільш токсичними компонентами, які потрапляють в навколишнє середовище під час роботи дизельного двигуна, є: оксиди азоту NO_x, вуглецю CO_x, вуглеводні HC, тверді частки сажі.

Робота дизельного пального викликає ряд проблем, пов'язаних з погіршенням процесів змішування та згоряння, підвищенням рівня теплової напруженості, збільшенням лакофарбових відкладень і нагару на деталях циліндро-поршнєвої групи (ЦПГ), підвищенням зносу ЦПГ, скороченням терміну експлуатації мастил.

Одним з ефективних шляхів вирішення даних проблем є застосування водопаливних емульсій, використання яких не вимагає конструктивних змін двигуна, але потребує модернізації паливної системи, що вимагає деяких капіталовкладень.

Водопаливні емульсії представляють собою дисперсну систему, що складається з дрібних крапель рідини (дисперсної фази), розподілених в іншій рідині (дисперсійній). Розрізняють прямі емульсії типу

«масло в воді», з краплями неполярної рідини (наприклад, палива в полярному водяному середовищі) і зворотні типу «вода в маслі».

У дизелях застосовуються емульсії зворотного типу, які виключають контакт металевих поверхонь паливної апаратури і стінок трубопроводів з водою.

Згідно з [2] зміна характеру роботи дизельного двигуна, підвищення його техніко-економічних властивостей під час роботи на ВПЕ обумовлюється фізико-хімічними властивостями паливної емульсії. Різниця компонентів емульсії, нафтового палива і води, відбиваються в першу чергу на процесах розпилю палива, його випаровування та сумішоутворення. Висока випаровуваність води, висока температура випаровування дають можливість реалізації робочого процесу з більшою гомогенністю повітряно-паливної суміші. Тобто приблизити даний процес до того, який називається – НССІ-процесом (*Homogeneous Charge Compression Ignition*).

В дослідженнях [3] при використанні ВПЕ виготовлених гідродинамічним шляхом на основі дизельного палива марки ДТ, на дизелях 2Ч8,5/11 і 8ЧНР32/48 підтверджена можливість економії палива на 3-5%, але виявлено швидше зношування поверхонь, на яких відбувається тертя. Зношування обумовлено тим, що вода має високі змочувальні властивості і добре сорбується металом, що погіршує змащування деталей паливом. Але у разі використання деяких ПАВ як присадок для ВТЕ, які мають властивість витіснити воду, допомагають відновити нормальній режим тертя.

Також під час проведення дослідів на дизельному двигуні Sulzer 4RLB76 було отримано залежності P , T , S_{NOx} , від навантаження у разі роботи на ВПЕ з 20% відсотковим вмістом води, загальні показники двигуна покращились (рис. 1).

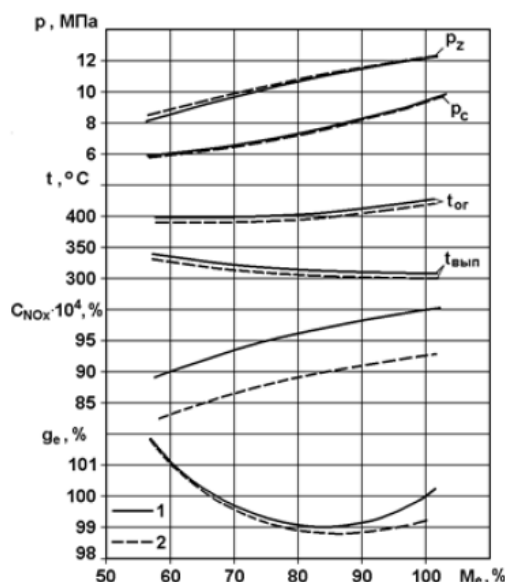


Рисунок 1 – Залежності параметрів двигуна при використанні:
1 – звичайного палива; 2 – водопаливної емульсії

Слід додати, що згідно досліджень, використання різних систем приготування ВПЕ не впливає значною мірою на параметри дизельного двигуна.

Способи отримання ВПЕ

Перший спосіб полягає в тому, що буде використовуватись приготована раніше емульсія, яка буде заливатися в бак замість класичного палива. Даний варіант буде доволі простим, оскільки потребує мінімальної модернізації існуючої паливної системи. Але з іншої сторони, ВПЕ не є дуже стабільними, у них доволі високі температури застигання, а також емульсії мають свій період релаксації, який найчастіше без додавання емульгаторів – хімічні поверхнево-активні сполуки – є досить коротким.

Другий спосіб полягає в приготуванні паливної емульсії на борту автомобіля або судна, прямо перед впуском її до циліндру. Ця система потребує досить серйозного втручання до паливної системи, що робить її складнішою для ремонту, але під час приготування емульсії на борту, наприклад прямо перед насосом високого тиску і подальшого впуску її до циліндра, є більш раціональним. Також це аргументується створенням досить великої кількості різноманітних диспергаторів.

Можна виділити три методи отримання ВПЕ (рис. 2):



Рисунок 2 – основні методи отримання водопаливних емульсій

- під хімічним методом мається на увазі використання поверхнево активних речовини – емульгаторів, які бувають 2х типів: водорозчинні (гідрофільні) та жиророзчинні (гідрофобні). Перший тип використовується для отримання емульсій типу «масло у воді» (прямі емульсії), другий тип використовується для створення емульсій «вода в маслі» (зворотні емульсії).

- фізичний метод полягає у використанні обладнання для створення водопаливної емульсії шляхом перемішування або перебування палива з водою, щоб в результаті утворилась зворотна емульсія з оптимальним розміром крапель води, яка знаходиться в вільному стані серед молекул вуглецевого палива. Найчастіше це: механічний вплив на воду з паливом, електричний, конденсація парових фаз.

- самоемульсування – цей метод передбачає емульгування нафтового палива в лужну воду за рахунок фізико-хімічних властивостей даних речовин, без зовнішнього впливу на них.

Установки для отримання водопаливної емульсії

Існує ряд способів отримати ВПЕ, не використовуючи хімічних засобів. Розглянемо технології та агрегати, при використанні яких емульсія створюється за рахунок механічного впливу на воду та вуглецеве паливо (рис.3).

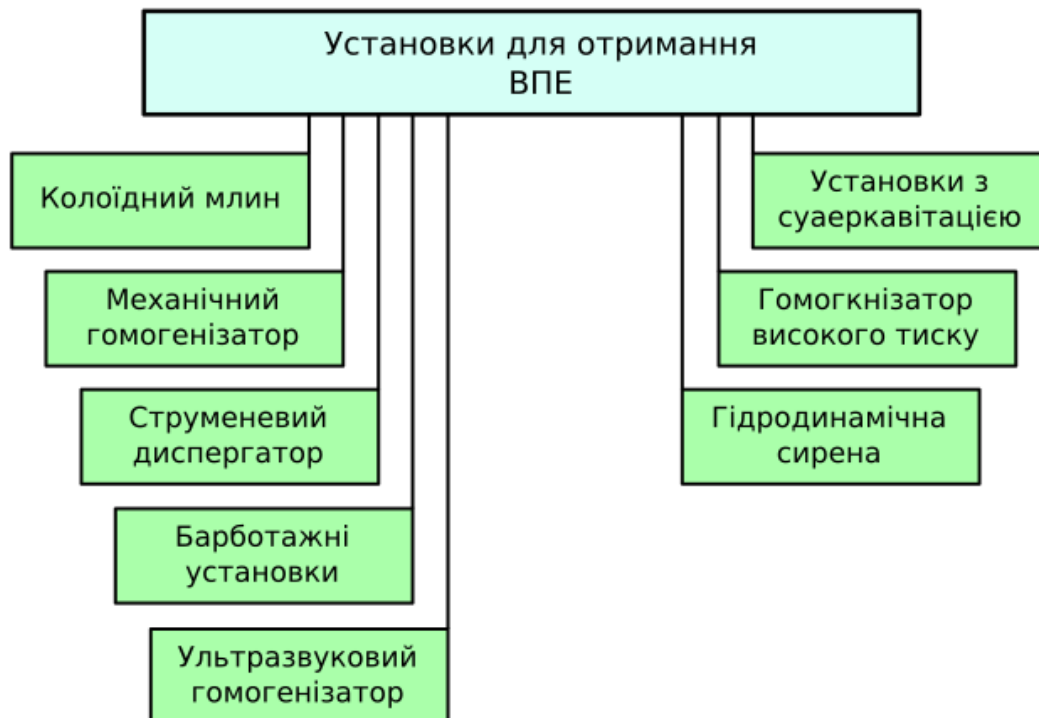


Рисунок 3 - класифікація установок для підготовки водопаливних емульсій

Установки для підготовки ВПЕ:

1. Колоїдний млин – процес диспергування частинок водної фази, залишкових фракцій нафтопереробки в змішувачах роторного типу здійснюється в каналах між обертовим ротором і статором. Зазвичай, між поверхнями ротора і статора встановлюється зазор у межах до 1 мм. Для забезпечення роботи роторного змішувача в режимі приготування емульсованого палива в його об'єм окремим насосом подають мазут і воду. Об'єднаний потік змішаних компонентів від насоса через радіальні канали ротора надходить в кільцевий канал між статором і ротором [4];

2. Механічні гомогенізатори – ножовий перемішувачий пристрій. Швидкості ножів механічних гомогенізаторів можуть варіюватися від декількох десятків обертів за хвилину (наприклад, фрізери) до десятків тисяч обертів за хвилину (наприклад, лабораторні гомогенізатори біологічних проб);

3. Струменеві диспергатори – вода і паливо перемішуються за рахунок зіткнення струменів речовин під тиском декілька разів (проходженням через секції диспергатора) [5];

4. Барботажні установки перемішують паливо з водою шляхом пропускання через рідини пари або газу. Газ продавлюється через шар рідини за допомогою труб з дрібними отворами (3-6 мм), сітчатих або ковпачкових тарілок абсорберів і ректифікаційних колон. При барботуванні створюється велика міжфазна поверхня на межі рідина - газ, що сприяє інтенсифікації тепло- і масообмінних процесів [6];

5. Ультразвукові гомогенізатори – перемішування відбувається за рахунок кавітації, яка створюється за рахунок проходження рідин через ультразвукове поле високої інтенсивності [7];

6. Пристрої з принципом суперкавітації – перемішування відбувається за рахунок схлопування каверн, які створюються на певній відстані від кавітатора (статичного або динамічного) [8];

7. Гідродинамічні сирени – це установки роторного типу, суть технологічного процесу яких обумовлюється в багатофакторним впливом на оброблюване рідке гетерогенне середовище і полягає в пульсаціях тиску та швидкості потоку рідини, розвиненої турбулентності, інтенсивної кавітації, пульсації в локальних об'ємах при пульсації та схлопуванні кавітаційних бульбашок (каверн), жорсткому кумулятивному впливі, високих зсувних і зрізаючих зусиллях, активації рідини [9];

8. Гомогенізатори високого тиску – принцип роботи даної установки полягає в продавлюванні речовини, яка гомогенізується, через отвір, діаметр якого регулюються. Основними показниками є тиск та продуктивність при роботі [10].

Основним показником роботи установок для отримання ВПЕ є дисперсність крапель води в паливі, тобто розмір крапель (рис.4):

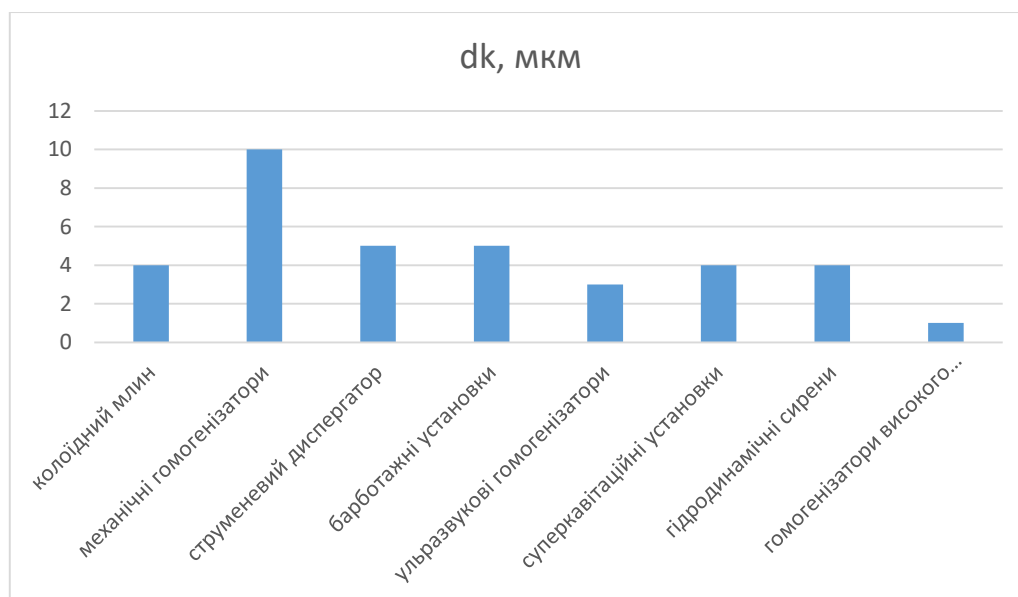
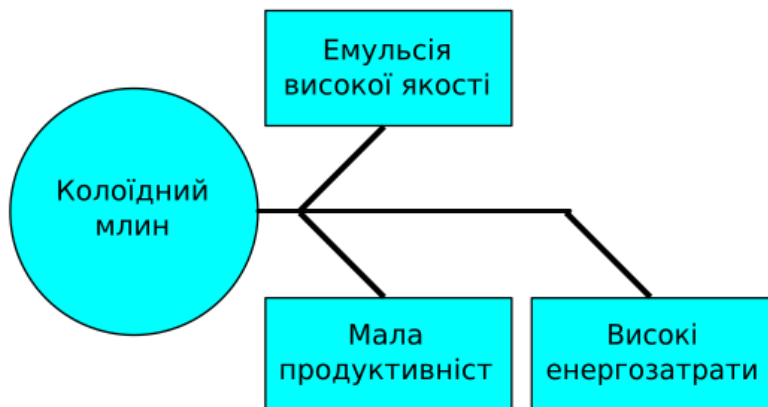


Рисунок 4 – порівняння дисперсності крапель води в емульсіях підготовлених в різних установках

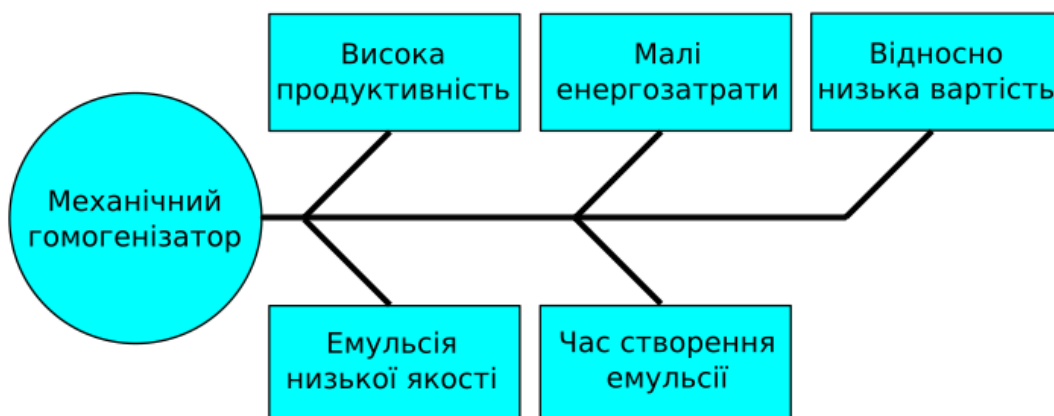
З рисунку 4 можна побачити, що найкращу дисперсність, $dk \leq 5$ мкм, мають п'ять установок, а саме: колоїдний млин, ультразвуковий гомогенізатор, установки з суперкавітацією, гідродинамічні сирени та гомогенізатори високого тиску. Але щоб виділити найефективніші, треба розглянути переваги та недоліки даних агрегатів див. рис. 5.

Основні переваги та недоліки установок

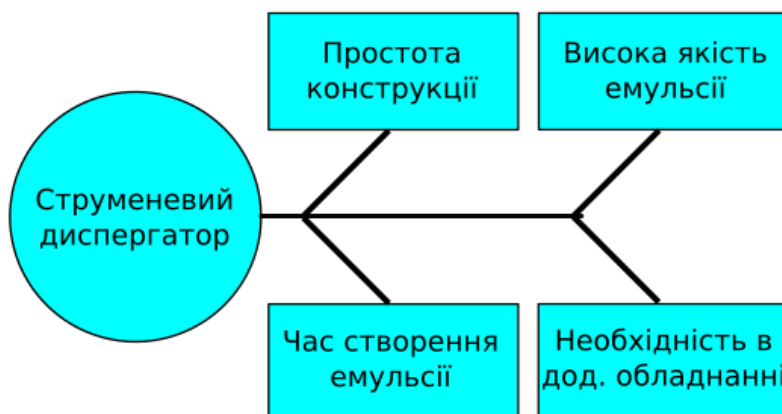
а)

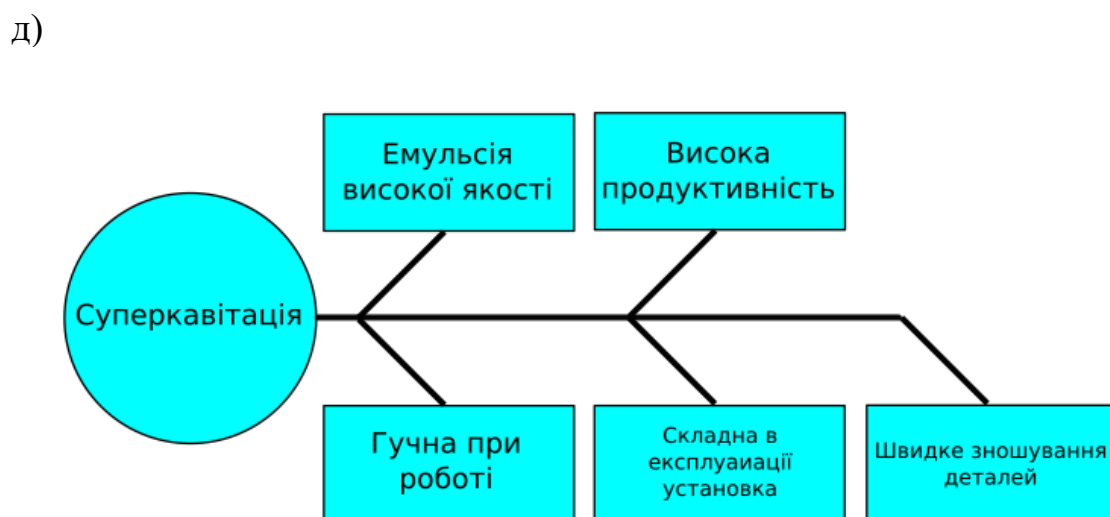
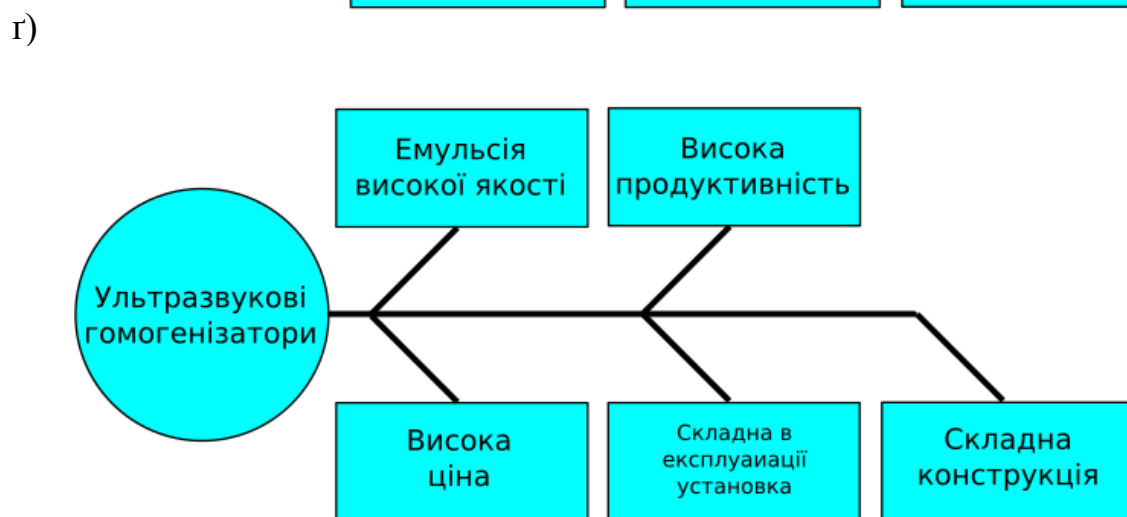
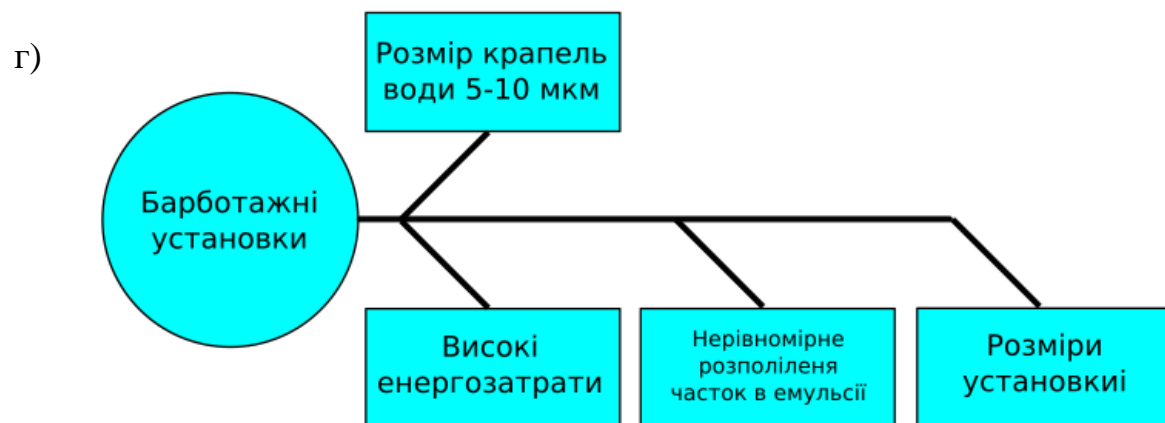


б)



в)





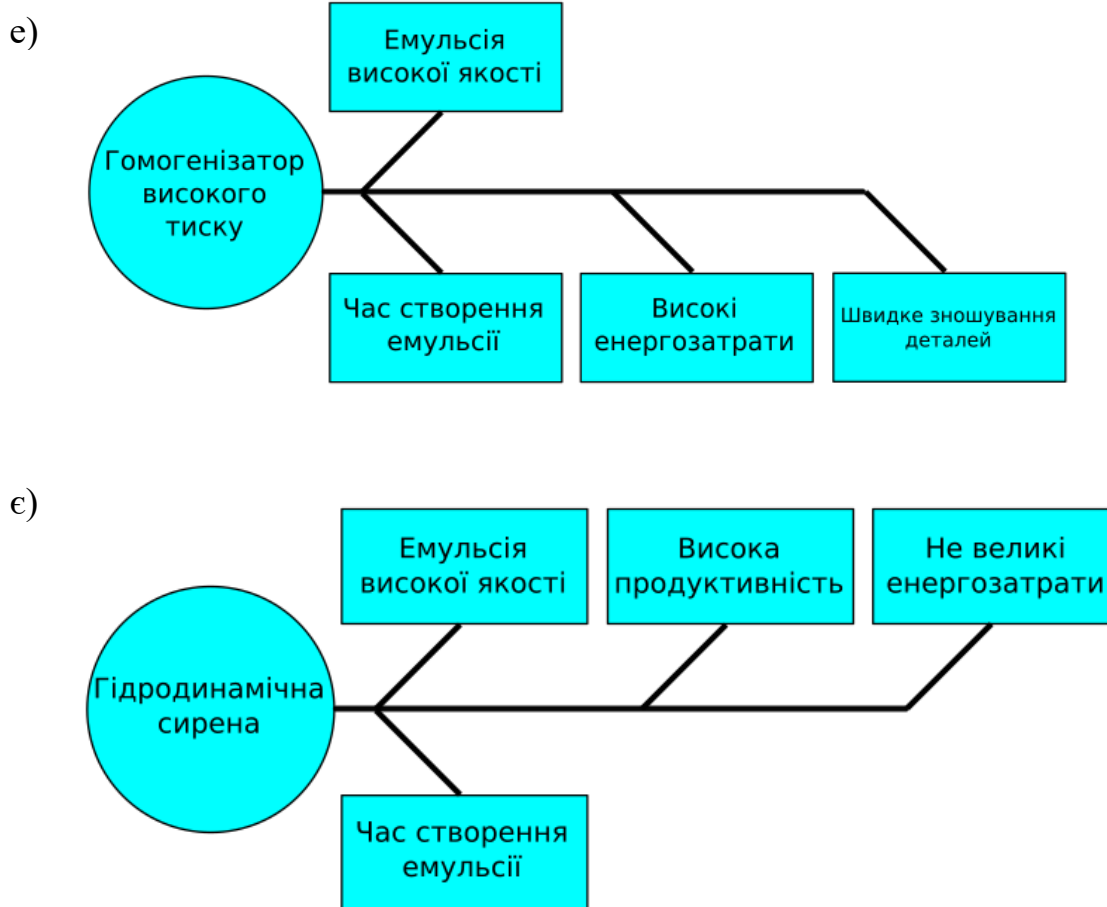


Рисунок 5 – основні переваги та недоліки установок для створення ВПЕ:

- а) Колоїдний млин; б) Механічний гомогенізатор в) Струменевий диспергатор;
 г) Барботажна установка; г) Ультразвуковий гомогенізатор; д) Установки з суперкавітацією; е) Гідродинамічні сирени; е) Гомогенізатор високого тиску.

На рисунку 5 приведено основні якості установок для підготовки емульсованого палива, з яких можна виділити декілька найефективніших та найперспективніших. На приклад: ультразвукові гомогенізатори, установки з суперкавітацією та гідродинамічні сирени.

Висновок:

Згідно досліджень можна сказати, що використання водопаливних емульсій як альтернативного палива є досить перспективним шляхом зменшення екологічного впливу дизелів на навколишнє середовище та економії вихідного палива. Виділено основні методи приготування ВПЕ і визначено, що емульсію вигідніше підготовлювати на борту. Також розглянути основні установки для отримання емульгованого палива, порівняно їх показники дисперсності крапель води після приготування емульсії, розглянуто основні переваги та недоліки. Можна виділити найперспективніші установки для приготування емульсій: ультразвуковий гомогенізатор, установки з принципом суперкавітації та гідродинамічні сирени.

Список використаної літератури

1. Патров Ф.В., Вахромеев О.С. Использование водотопливной эмульсии при эксплуатации судовых ДВС / Ф.В. Патров, О.С. Вахромеев // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. -2009. -№1. -С. 121-127
2. Шумковский В.А. Улучшение показателей транспортного дизеля путем улучшения показателей распыления и смесеобразования [Текст]: Автореферат / В.А. Шумковский. – М., МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, -С. 16
3. Данилов А.М. Противоизносные свойства водно-топливных эмульсий для судовых дизельных двигателей / А.М. Данилов, А.А. Селягина, К.Б. Карякин и др. // Химия и технология топлив и масел. - 1987. -№ 7. -С. 18-20.

4. Физическая и коллоидная химия. 1980: Коллоидная мельница // Справочник химика 21
URL:<http://chem21.info/info/6083/>
5. Струйный диспергатор. Патент на полезную модель № 2143539 // Карпов В.М., Кириллов Г.А.
6. Барботаж перемешивания жидкости // Справочник химика 21
URL:<http://chem21.info/info/969659/>
7. Ультразвуковой гомогенизатор для эмульсирования водопаливной эмульсии в реальном времени. Патент на полезную модель US0079344774B2 // Ерик Вильям Коттел
8. Савченко Ю. Н. Нестационарные процессы при суперкавитационном движении тел / Ю. Н. Савченко, В. Н. Семенов, С. И. Путилин // Прикладная гидромеханика. -1999. -Т. 1 (73) № 1. -С. 79—97.
9. Калинин Д.В., Чернов М.А., Постникова И.В. Высокоэффективные машины роторного типа с развитой кавитацией / Д.В. Калинин, М.А. Чернов, И.В. Постникова // Современные наукоемкие технологии. -№3(39). -2014
10. Гомогенизатор высокого давления. Патент на полезную модель №2621773 // Боттиони Микеле, Бенасси Массимильяно

V. Rozen, Dr. Sc. Sciences, prof., ORCID 0000-0002-0440-4251

S. Dyachenko, master

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

METHODS AND INSTALLATIONS FOR PREPARING OF WATER IN FUEL EMULSIONS AS ALTERNATIVE FOR TRADITIONAL FUELS

The article considers the use of water in fuel emulsion (WIFE) as an alternative fuel for medium- and low-speed diesel engines. The problem of a rapid increasing of the price for light fuels for marine diesel engines was determined. It was also defined a tightening of the requirements for the level of toxic components in the exhaust gases. It is also, established that in recent years the quality of heavy fuel grades has deteriorated. It is determined that the most toxic components that affect the environment during the operation of the diesel engine are nitrogen oxides, carbon monoxide, hydrocarbons and particulate matter of soot. Effective way to solve the problem of environmental protection is the use of water in fuel emulsion, their use does not require any structural changes in the engine. The basic methods of preparing water-fuel emulsions and installations in which an emulsion is created, their advantages and disadvantages are also had defined, their advantages and disadvantages are also defined. The Isikawa diagrams had used to analyze the characteristics of installations. Promising systems for the creation of emulsified fuels have identified.

Keywords: water in fuel emulsion, homogenizer, dispersator, diesel engine, fuel

References

1. F. Patrov, O. Vakhromeev “Use of water-fuel emulsion during operation of marine diesel engines”, Vestnik AGTU, Marine technic and technology, №1, pp. 121-127, 2009
2. V. Shumkovsky Improving the performance of the transport diesel by improving the spraying and mixing rates M.S. thesis, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia, 2016
3. A. Danilov, A. Selyagina, K. Karyakin “Anti-wear properties of water-fuel emulsions for marine diesel engines”, Chemistry and Technology of Fuels and Oils, No 7, pp. 18-20, 1987
4. Chemical Handbook 21, Physical and colloid chemistry, Colloid mill, 1980 [Online].Available: <http://chem21.info/info/6083/>
5. V. Karпов, G. Kirillov, Струйный диспергатор. RF Patent № 2143539
6. Chemical Handbook 21, Sparging liquid mixing [Online].Available:<http://chem21.info/info/969659/>
7. Eric William Cottell, REAL TIME IN-LINE HYDROSONIC WATER-IN-FUEL EMULSION APPARATUS, PROCESS AND SYSTEM, U.S. Patent Appl. 0079344774B2, Mar. 20, 2007
8. Yu. Savchenko, V. Semenenko, S. Putilin, Non-stationary processes in supercavitational motion of bodies, Applied hydromechanics. Vol. 1, № 1(73), pp. 79—97, 1999
9. D. Kalinin, M. Chernov, I. Postnikova High-performance rotary-type machines with advanced cavitation, Modern high technology, №3(39), 2014
10. B. Michele, B. Massimigliano, High-pressure homogenizer. RF Patent №2621773

Надійшла 16.03.2018

Received 16.03.2018