

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра двигунів
внутрішнього згоряння,
установок та технічної
експлуатації

«Допущений до захисту»
В.о. завідувача кафедри
Гогоренко О. А.

« ____ » _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРЯМОГО УПОРСКУВАННЯ ВОДИ У
РОБОЧИЙ ЦИЛІНДР ДВИГУНА WÄRTSILÄ 8L46/58**

Спеціальність 142 – Енергетичне машинобудування

Для здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

Керівник роботи

А. Ю. Проскурін

Здобувач освіти

В. А. Ковальов

Миколаїв 2022

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Машинобудівний навчально-науковий
Кафедра Двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації
Ступінь Магістр
Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(шифр і назва)
Освітня програма Двигуни внутрішнього згоряння

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ДВЗ, У та ТЕ
О. А. Гогоренко
«___» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ОСВІТИ

Ковальову Володимирі Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи прямого упорскування води у робочий циліндр
двигуна Wärtsilä 8L46/58

2. Керівник роботи к.т.н., доцент Проскурін А. Ю.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “___” _____ 20__ року № _____

3. Строк подання здобувачем роботи _____

4. Вихідні дані до роботи Потужність двигуна – 9600 кВт; частота обертання
колінчатого валу – 600 хв⁻¹; паливо – дизельне

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Особливості використання двигуна Wärtsilä 8L46/58 на поромі
«Viking»; Аналіз способів використання води у сучасних ДВЗ; Розробка системи
прямого упорскування води у робочий циліндр; Визначення оптимальних
параметрів роботи двигуна Wärtsilä 8L46/58; Аналіз і розробка заходів
забезпечення вимог охорони праці та охорони навколишнього середовища

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Поперечний переріз двигуна Wärtsilä 8L46/58; Схема паливної системи; Паливна
форсунка; Розміщення форсунки у двигуні; Насос подачі води у циліндр двигуна

АНОТАЦІЯ

Згідно із завданням кафедри виконано розробку системи прямого упорскування води у робочий циліндр двигуна потужністю 10000 кВт для парому "Vikings".

Проведено аналіз сучасних способів подачі води у двигуни. В результаті проведеного аналізу було встановлено, що одним з перспективних способів є пряме уприскування у циліндри двигуна. Це дозволяє покращити не тільки економічні, але і екологічні показники двигуна. Розрахунки робочого процесу двигуна підтвердили доцільність такої модернізації.

Також були розглянуті основні проблеми подачі води та заходи по забезпеченню безпеки. Була модернізована паливна система двигуна.

Економічний розрахунок підтвердив доцільність використання системи прямого упорскування води у двигуні WÄRTSILÄ 8L46/58 на поромі «Viking».

Робота виконана українською мовою на 105 сторінках розрахунково-пояснювальної записки. Використано 17 джерел. Графічна частина представлена на 5 кресленнях формату А1.

					<i>BMP.142.6221м.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		2

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДВИГУНА WÄRTSILÄ 8L46/58 НА ПОРОМІ «VIKING».....	6
1.1 Загальна характеристика порому «Viking».....	7
1.2 Опис та характеристики двигуна Wärtsilä 8L46/58	10
2. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ У СУЧАСНИХ ДВЗ.....	18
3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРЯМОГО УПОРСКУВАННЯ ВОДИ У РОБОЧИЙ ЦИЛІНДР.....	66
4. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ДВИГУНА WÄRTSILÄ 8L46/58.....	73
4.1 Тепловий розрахунок головного двигуна при роботі на дизельному паливі.....	74
4.2 Тепловий розрахунок головного двигуна на суміші води та дизельного палива.....	83
5. АНАЛІЗ І РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	86
ВИСНОВОК	102
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	103

					<i>ВМР.142.6221м.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		3

ВСТУП

Постійне зростання вимог до екологічних показників роботи суднових дизельних установок з одного боку і підвищення вартості палив з іншого, змушують розробників суднових дизельних двигунів шукати нетрадиційні підходи до вирішення проблеми скорочення шкідливих викидів і зниження експлуатаційних витрат на паливо.

Все більш широке застосування в суднових дизелях знаходять важкі і низькосортні палива. Збільшення вмісту ароматичних сполук і асфальтенів погіршує їхню здатність до займання і згоряння. При змішуванні таких палив відзначаються випадки порушення їх стабільності, обумовленого високим вмістом асфальтосмолистих з'єднань.

Якість дизельного палива повинна бути такою, щоб забезпечувалася надійна і безперебійна його подача в камеру згоряння відповідно до заданими характеристиками процесу. Паливо повинно мати оптимальні займистість і випаровуваність, необхідні для здійснення надійного запуску і стійкої роботи у всьому діапазоні експлуатаційних режимів роботи дизеля, володіти низькою корозійністю і невисокою схильністю до осадоутворення в системах паливопідготовки, паливоподачі і газовихлопу. Для забезпечення цих вимог паливо, перед подачею його в камеру згоряння, повинне проходити відповідну обробку, яка здійснюється в паливних системах низького тиску.

З метою економії і зниження токсичних викидів з вихлопними газами дизелів, починають впроваджуватися суміші води та палива. Раніше вважалося, що наявність води в паливі представляє корозійну небезпеку, перш за все для паливної апаратури. Це підтверджувалося і практикою експлуатації, особливо, коли двигуни працювали на дизельних сірчистих паливах, для яких характерна присутність сполук сірки, що викликають особливо інтенсивну корозію прецизійних пар насосів і форсунок при обводнюванні палива.

					<i>ВМР.142.6221м.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

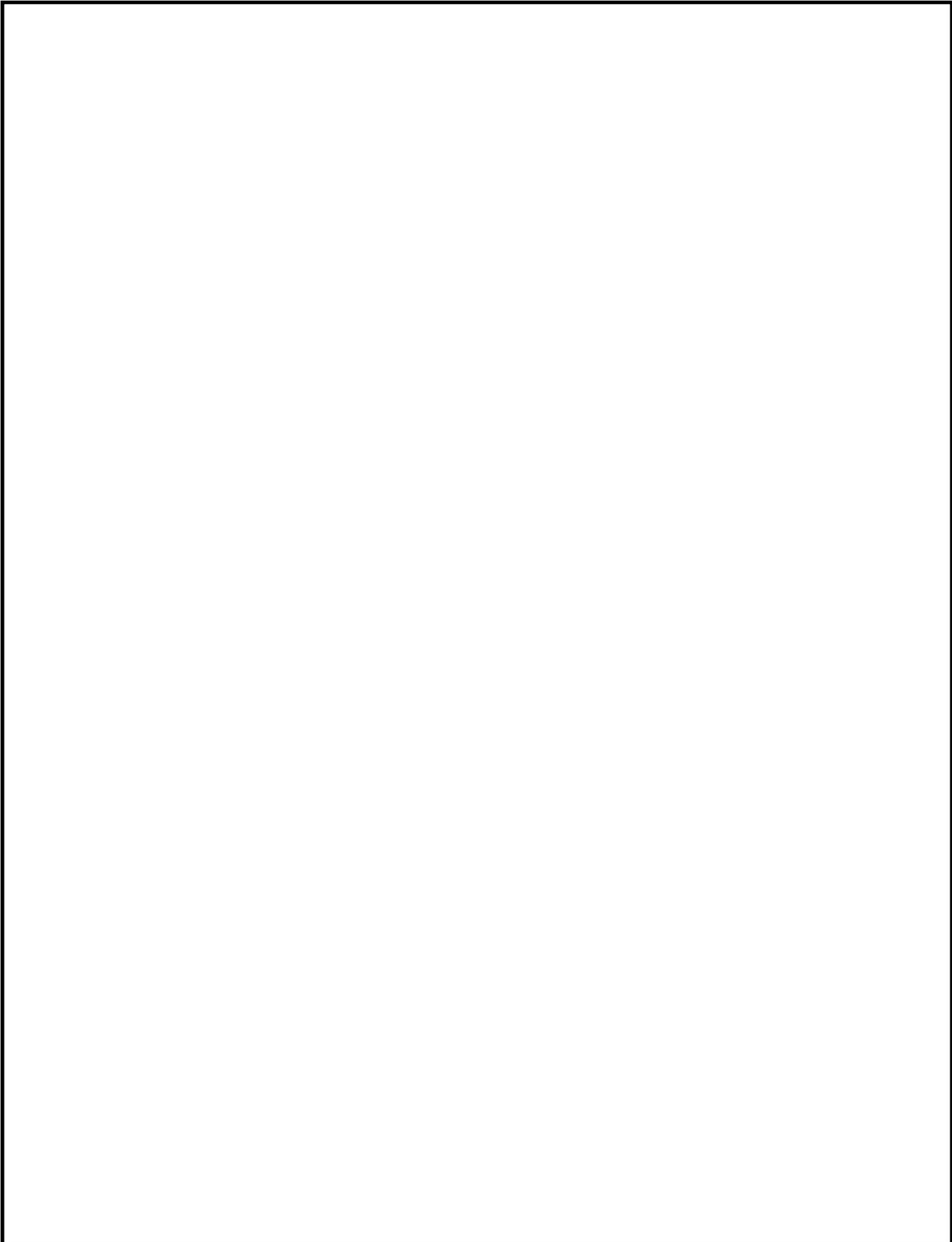
Вода сама по собі корозійно активна, якщо стикається з незахищеними металевими поверхнями. У важких паливах знаходиться велика кількість асфальтосмолистих сполук, які створюють захисний шар навколо всіх глобул води, що міститься в паливі, тому безпосередній контакт води з металевими поверхнями виключений. Встановлено, що введення води в циліндри дизеля робить позитивний вплив на процес згоряння, зниження токсичності випуску та максимальної температури згоряння, а також теплонапружених стан деталей циліндропоршневої групи.

Мета даної роботи – розробити умови поліпшення паливної економічності та екологічності головного двигуна порому шляхом використання домішок води до основного палива.

Задачі що вирішуються у роботі:

1. Проведення комплексного аналізу використання води до палива для суднових двигунів та визначення основних проблем переведення суднових двигунів на суміш.
2. Модернізація паливної системи двигуна.
3. Техніко-економічна оцінка запропонованих рекомендацій та технічних рішень, розробка заходів щодо техніки безпеки при виконанні робіт в МВ та екологічної безпеки судна.

					<i>ВМР.142.6221м.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5



KPM.142.6221м.05.01.ПЗ

<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Здобувач		Ковальов В.А.			ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДВИГУНА WÄRTSILÄ 8L46/58 НА ПОРОМІ «VIKING»	<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Консультант							6	12
Керівник		Проскурін А.Ю.				НУК ім. адмірала Макарова		

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДВИГУНА WÄRTSILÄ 8L46/58 НА ПОРОМІ «VIKING»

1.1. Загальна характеристика порому «Viking»

Viking XPRS — швидкісний 10-палубний пасажирський та автомобільний пором фінського судноплавного концерну Viking Line, що здійснює по два рейси за маршрутом Гельсінкі — Таллінн щодня. Є першою швидкісною поромом, першою, побудованою спеціально для даного маршруту і першим, який отримав естонський прапор у складі флоту Viking Line.



Рисунок 1.1. - Судно Viking XPRS

Пором повинен був бути зареєстрований у Фінляндії з портом приписки у місті Марієхамн (Аландські острови), як більшість інших судів компанії Viking Line. Через труднощі у переговорах із фінською профспілкою моряків та через високі витрати на персонал, у січні 2008 р. компанія вирішила зареєструвати корабель під шведським прапором. У березні 2008 року місто Норртельє у Швеції було оголошено портом приписки. Але з 24 січня 2014 року Viking XPRS отримав естонський прапор, нову естонську команду та новий порт при-

					КРМ.142.6221м.05.01.ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

писки — Таллінн. Цей крок дозволив Viking Line підняти якість обслуговування, оскільки естонська команда розмовляє естонською, фінською, англійською та російською мовами.

Viking XPRS вирушив у свій перший рейс з Гельсінкі до Таллінна 27 квітня 2008 року, і наступного дня офіційно почав обслуговувати цей маршрут. Порівняно з поромом Rosella, який передував на цьому напрямі Viking XPRS, нове судно залучило значно більшу кількість пасажирів.

Пасажиропотік збільшився на 61%, а обсяг перевезень автомобілів у період із червня по серпень 2008 року, порівняно з тим самим періодом 2007 р., зріс на 74%. Під час першого року служби пором перевіз близько 1 466 000 пасажирів. Це більше, ніж будь-який інший корабель у північній частині Балтійського моря.

Максимальна місткість судна – 2500 осіб. Судно відповідає вимогам міжнародних стандартів ISO 14001 щодо охорони навколишнього середовища.

Вихлопи основного та допоміжного двигунів з каталітичним установкою відновлення (SCR) та використання палива з низьким вмістом сірки. Чотири головні двигуни Wärtsilä 8ЧН46/58, кожен з яких виробляє 10000 кВт і три генераторні установки Auhрас від того ж виробника, що використовує двигуни 8L20 для приводу, а також генератори потужністю 1688 кВА. Для передачі крутного моменту використовуються 2 редуктори з двома вхідними валами і одним вихідним.

Також планувалося будівництво двох суден-близнюків, проте 2 жовтня 2006 р. компанія Viking Line оголосила, що цей план не здійснюватиметься.

Найменування Viking XPRS спочатку було робочим і означало концепцію нового судна, але в результаті проведення конкурсу у травні та червні 2007 р. саме воно було затверджено як назву порома. Церемонія надання назви відбулася 14 вересня 2007 року.

					<i>KPM.142.6221м.05.01.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						8
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Інтер'єри Viking XPRS були розроблені дизайнерським бюро Tillberg Design. Екстер'єр отримав нагороду на церемонії нагородження суден ShipRax Awards 2009, що відбулася у рамках морської конференції 2009 р. у Франції.

До складу флоту пором Viking XPRS було зараховано 28 квітня 2008 року.

У лютому 2009 р. читачами престижного путівника Condé Nast пором Viking XPRS був визнаний одним із п'яти кращих середніх круїзних суден у світі, а рейтинг порома виявився вищим, ніж, наприклад, у судів компанії Holland America Line.

Також Viking XPRS отримав перше місце у номінації «Берегові екскурсії».

					<i>КРМ.142.6221м.05.01.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

1.2. Опис та характеристики двигуна Wärtsilä 8L46/58

Wärtsilä 8L46/58 – чотиритактний середньообертовий двигун фірми WARTSILA (рис. 1.1), потужністю 9600 кВт. Частота обертання становить 600 хв⁻¹. Швидкість поршня – 9,7 м/с. Середній ефективний тиск – 2,7 МПа. Маса двигуна – 37 т. Діаметр циліндра – 460 мм, хід поршня – 580 мм. Витрата палива – 175 г/(кВт×год).



Рисунок 1.2 – Загальний вид двигуна Wärtsilä 8L46/58

Поршень

Поршень (рис. 1.3) - складений з низьким коефіцієнтом тертя і спідницею з чавуну з кулястим графітом і сталевим денцем.

Спеціальний канал охолодження розроблений забезпечувати ефективне охолодження і високу жорсткість для днища поршня. Конструкція може працювати з тисками вище 20 МПа.

					КРМ.142.6221м.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

Загартована верхня кільцева канавка забезпечує тривалий термін служби.
Низький коефіцієнт тертя забезпечується системою змащення спідниці показуючи:

- добре розподілену чисту масляну плівку, яка виключає ризик стирання (задір) поршневого кільця і знижує швидкість зношування;
- маслорозподільні кільця і канавки вільні від корозійних продуктів згоряння;
- гідравлічно затухаючі похилі рухи забезпечують масляний майданчик між гільзою і поршнем приводячи до зменшення шуму і зносу.

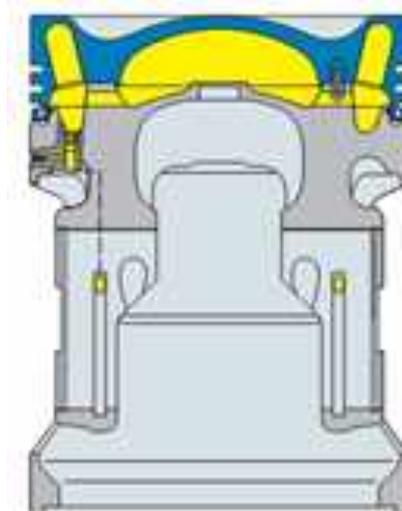


Рисунок 1.3 – Поршень

Колінчастий вал

Конструкція колінвала (рис. 1.4) дозволяє використовувати високий тиск згоряння і підтримувати стабільні навантаження на підшипник.

Колінвал:

- кований у вигляді однієї деталі і повністю оброблений на верстаті;
- жорсткий завдяки помірному відношенню внутрішнього діаметра до ходу і великого пальця, і діаметрів шийок;
- вбудований з противагою на кожному плечі кривошипа;

- спроектований для повного відбору потужності, а також з рухомими опорами.



Рисунок 1.4 – Колінчастий вал

Шатун

Шатун (рис. 1.5) морської конструкції складається з 3 частин, де сили згоряння розподілені по всій опорній поверхні і де відносний рух між сполученими поверхнями мінімальний.

Капітальний ремонт поршня можливий без зачіпання великого кінцевого підшипника, і підшипник може бути перевірений без демонтажу поршня.

Конструкція з трьох частин також скорочує величину капітального ремонту. Всі гайки затягнуті за допомогою гідравлічного інструменту.



Рисунок 1.5 – Шатун

Втулка циліндра і маслоз'ємне кільце

Завдяки спеціальному дизайну з відносно високим ходом кільця деформації в циліндрі (рис. 1.6) дуже малі. Круглий внутрішній діаметр втулки разом з

					<i>KPM.142.6221м.05.01.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

відмінним мастилом покращують умови для поршневих кілець і знижують знос. Щоб виключити полірування втулка забезпечується маслороз'ємним кільцем у верхній частині. Мета цього кільця калібрувати осад карбону на вершині поршня до товщини досить малої щоб запобігти контакту між внутрішньою стінкою втулки і осадом на вершині поршня. Полірування внутрішнього отвору може призвести до локального зносу втулки і збільшує споживання мастила.

Епюра температур в втулці циліндра важлива не тільки під час тиску і деформації, але також має вирішальне значення для швидкості зношування втулки циліндра. Температура повинна залишатися вище точки роси сірчаної кислоти, щоб уникнути корозії, але в той же час залишатися досить низькою, щоб уникнути розшарування мастила.

Склад матеріалу заснований на довгому досвіді зі спеціальним сплавом сірого чавуну, промислово розвиненого для відмінної зносостійкості і високої міцності.



Рисунок 1.6 – Втулка циліндра

Кришка циліндра

Кришка циліндра (рис. 1.7) спроектована ґрунтуючись на надійному і легкому техобслуговуванні.

					<i>КРМ.142.6221м.05.01.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

Спроектована як жорстка коробка для зниження периферичного тиску контакту між кришкою циліндра і гільзою циліндра.

Використовуються затискні болти для 4 кришок циліндра, що спрощує техобслуговування.



Рисунок 1.7 – Кришка циліндра

Не використовують кожух на клапани, це покращує надійність і забезпечує великі кордони для оптимізації характеристик течії у випускних клапанах.

Ефективне охолодження водою сідел випускних клапанів.

Поршневі кільця

Особливості поршневих кілець (рис. 1.8):

- набір кілець з низьким тертям;
- спеціальні антикорозійні покриття для компресійних кілець;
- виміряні і профільовані для максимальної герметизації і балансу тиску.



Рисунок 1.8 – Поршневі кільця

					<i>KPM.142.6221м.05.01.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

Розподільний вал і клапанний механізм

Розподільний вал (рис. 1.9) побудований з одноциліндрових секцій із вбудованими кулачками.

Секції розподільного валу з'єднуються за допомогою окремих опорних шийок, що робить можливим зняттям секції вала з боку відділення распредвала.

Штовхач клапана типу ролика штовхача, де профіль рамки злегка опуклий для хорошого розподілу навантаження.

Клапанний механізм включає в себе коромисла, які працюють на вилку, спрямовану пальцями.

Обидва впускних і випускних клапана отримують примусове обертання від Rotorsaps протягом кожного циклу відкриття. Це рівномірне обертання забезпечується для рівномірного розподілу температур і зносу клапанів і підтримує ущільнену поверхню вільною від опадів (відстоїв).

Результатом є хороша теплопровідність.

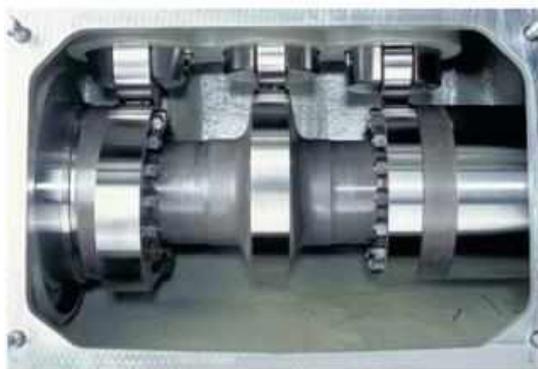


Рисунок 1.9 – Розподільний вал і клапанний механізм

Підшипники

Дизайн підшипників (рис. 1.10) з товстою обоймою надає особливого значення ключовому поняттю надійність.

					КРМ.142.6221м.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15



Рисунок 1.10 – Підшипники

Навантаження на підшипники були знижені за рахунок збільшення діаметрів шийок колінвалу і пальця так само, як і довжини.

Низькі підшипникові навантаження дозволені для м'яких матеріалів підшипників з кращою комфортністю і пристосованістю. Це робить підшипниковий захват фактично вільним.

Блок циліндрів

Блок циліндрів (рис. 1.11) виготовлений з чавуну з кулястим графітом для того щоб досягти жорсткості і надійності конструкції необхідної для пружного кріплення.



Рисунок 1.11 – Блок циліндрів двигуна 8ЧН46/58

Корінний підшипник підвісного типу з болтами, які гідравлічно затягуються. Бічні болти додають жорсткості до корпусу корінного підшипника. Рядний двигун оснащений загальним повітряним ресивером підвищеної жорсткості, простоти, чистоти.

					<i>КРМ.142.6221м.05.01.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		16

Система турбонаддува

Двигун використовується з SPEX (єдиної вихлопної трубою) системою і з високим ККД турбонагнітача (рис. 1.12). Ця система являє собою систему вихлопних газів, яка поєднує в собі переваги імпульсного і постійного тиску наддуву. На відміну від системи постійного тиску ефект виштовхування від вихлопних газів забезпечить кращу продуктивність турбіни на часткових навантаженнях. Система SPEX практично вільна від перешкод. Це означає дуже малі відхилення у продувці між циліндрами і тому навіть в температурі вихлопних газів.

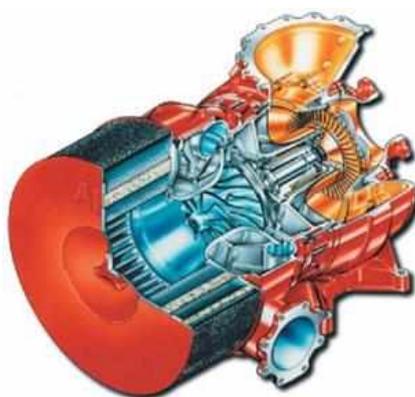
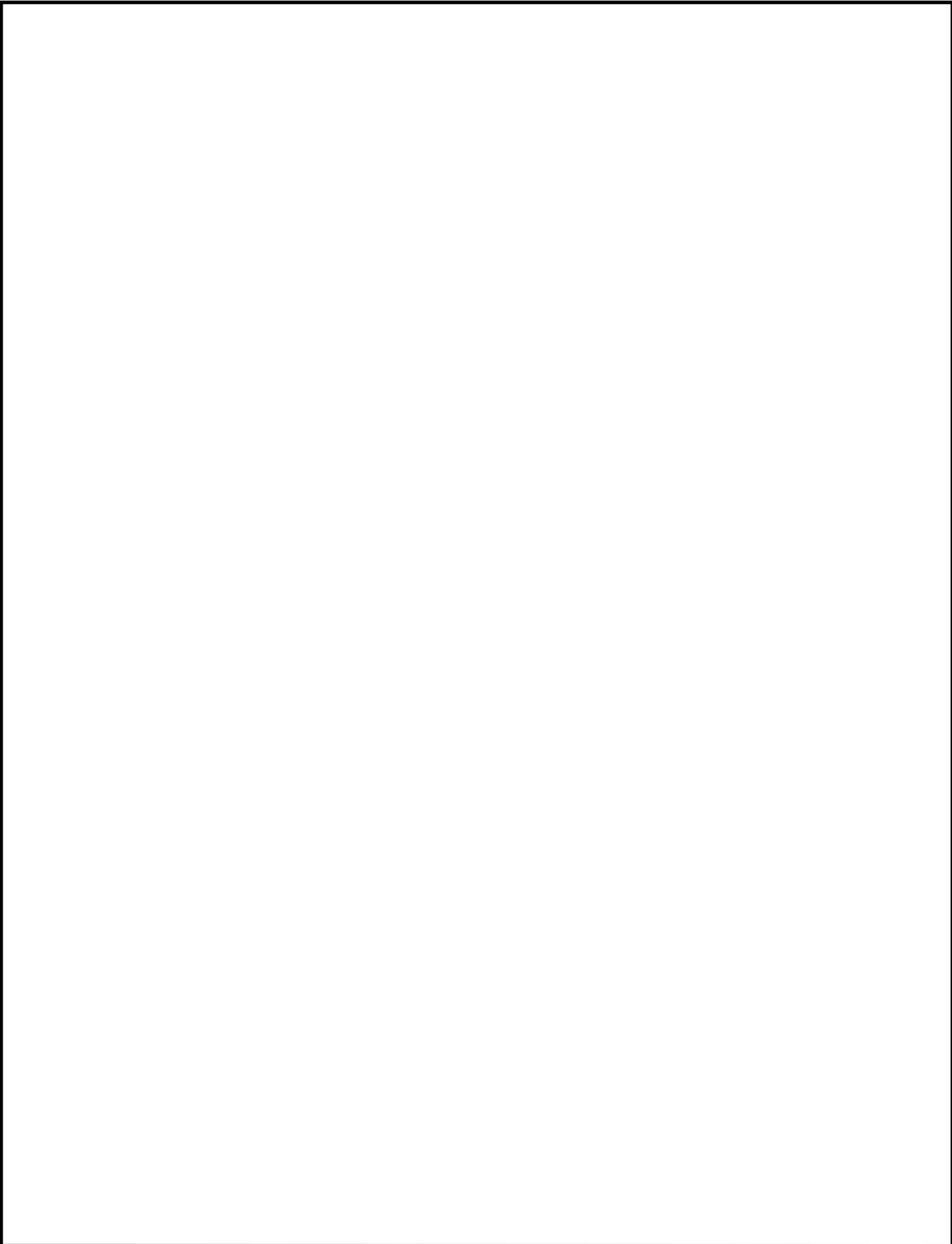


Рисунок 1.12 – Турбокомпресор

Вбудована модульна система вихлопних газів досить міцна, щоб працювати з відносно високими тисками і рівнями пульсації. Турбонагнітач має максимально доступний ККД. Він оснащений підшипниками ковзання без охолоджуючої води. Турбонагнітач оснащений пристроями для очищення турбінної та компресорної частини.

Скидний затвор вихлопу і перепуск повітря використовується для отримання певних вимог на робочому діапазоні навантажувальних характеристик і часткових навантаженнях.

					КРМ.142.6221м.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		17



					<i>KPM.142.6221м.05.02.ПЗ</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Робота дизелів при подачі води в циліндри			<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Здобувач	Ковальов В.А.								18	48
Консультант										
Керівник	Проскурін А.Ю.									

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ У СУЧАСНИХ ДВЗ

Застосування води в процесі теплових двигунів почалося майже одночасно з їх появою. Ще 1864 р. Гюгон поліпшення роботи двигуна Ленуара подавав воду у горючу суміш. Перший патент, що стосується використання води в ДВЗ, був отриманий Отто в 1880 р. У 30-ті роки 20 століття впорскування води почав використовуватися в швидкохідних двигунах для підвищення ступеня стиснення (запобігання детонаційному згоранню), збільшення потужності ДВЗ, зниження температури деталей двигуна. Вперше вода як присадка до палива в серійних поршневих авіаційних ДВС застосована фірмою SAAB (Швеція) на початку 40-х років. У СРСР ряд тракторних двигунів працювали з використанням води. У повоєнні роки зріс інтерес до використання води у вигляді водно-паливних емульсій, що відкривають ширші перспективи, ніж застосування води лише як депресивного середовища. При цьому основна увага приділялася можливості підвищення економічності двигуна та зменшення токсичності ОГ.

Цей спосіб поліпшення показників роботи ДВЗ реалізується як у бензинових, так і дизельних двигунах. В обох випадках на більшості експлуатаційних режимів покращуються процеси сумішоутворення та згорання, зменшується емісія оксидів азоту, значно знімається теплонапруженість деталей двигуна. Разом з тим при подачі води в циліндри бензинового двигуна в ряді випадків відзначається погіршення деяких його показників. Зокрема, на режимах з частковим навантаженням надмірне охолодження робочої суміші за рахунок випаровування води призводить до недостатньої гомогенізації суміші, погіршення якості робочого процесу, збільшення тривалості розгону автомобіля. Кращі результати дає подача води в циліндри дизельних двигунів, у яких забезпечується якісне сумішоутворення і помітно знімається димність ОГ.

					КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таким чином, подача в камеру згоряння деякої кількості води - один із ефективних методів покращення економічних та екологічних показників дизельних двигунів. В даний час подача води в циліндри досить широко застосовується в суднових дизелях. Упорскування в КС цих двигунів водопаливних емульсій дозволяє вирішити проблеми підвищення експлуатаційної паливної економічності енергетичної установки, покращення її екологічних показників, зниження теплової напруженості, використання в'язких сортів палива. Проводяться дослідження щодо використання водопаливних емульсій у тепловозних та стаціонарних дизелях. Зростаючий інтерес до подачі води до циліндрів швидкохідних дизелів автотракторного призначення обумовлений можливістю помітного поліпшення показників токсичності їх ОГ.

Вода не розглядається як самостійний вид палива, оскільки сама є продуктом повного окислення водню. Можливе розщеплення молекули води H_2O при її електролізі з метою отримання водню H_2 та його подальшого спалювання у дизельних двигунах. Однак зв'язок атомів водню

Таблиця 2.1 – Деякі фізичні властивості води.

Свойства	Значення параметра
Температура кипіння, °С	100
Температура плавлення, °С	0
Критична температура, °С	314,75
Критичний тиск, МПа	22,06
Теплота пароутворення при температурі кипіння, кДж/кг	2260
Питома теплоємність, при 20°С, кДж/(кгград)	4,2
Коефіцієнт ізотермічної стисливості, Па	
при 0°С	$51,1 \cdot 10^{-11}$
при 60°С	$45,5 \cdot 10^{-11}$
Температурний коефіцієнт об'ємного розширення, °С ⁻¹	
при 0°С	$-3,4 \cdot 10^{-5}$
при 10°С	$9,0 \cdot 10^{-5}$
при 20°С	$2,0 \cdot 10^{-4}$
Теплопровідність, МВт/(м-К)	
при 0°С	565
при 45°С	645

важких дизельних палив, а в'язкість - до в'язкості бензинів Табл 10.2. Слід зазначити, що вода має велику густину при $t=4^{\circ}\text{C}$ ($\rho_{\text{T}}=1000 \text{ кг/м}^3$), а зі зниженням або підвищенням температури густина її рідкої фази зменшується.

Вода навіть у дуже незначній кількості діє як каталізатор, який прискорює інші хімічні реакції. Це тим, що вода є реакційноздатним з'єднанням. При підвищеній температурі вона може окислюватися атомарним киснем за реакцією $\text{H}_2\text{O}+\text{O}\leftrightarrow\text{H}_2\text{O}_2$, взаємодіє з монооксидом вуглецю CO та вуглеводнями C_nH_x (зокрема, за реакціями $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}\leftrightarrow\text{CO}_2+\text{H}_2$ і $\text{H}_2\text{O}+\text{CH}_4\leftrightarrow\text{CO}+3\text{H}_2$) і утворює хімічно активні радикали, що у процесі окислення палива.

Вода добре змішується з деякими органічними сполуками, зокрема з низькомолекулярними спиртами (метанол, етанол) і низькомолекулярними ефірами (диметоксиметан, метил-трет-бутиловий ефір). Причому з підвищенням температури їх розчинність водою підвищується. Водночас вода практично не розчиняє нафтопродукти та ряд інших високомолекулярних органічних сполук. Але з цими сполуками вода утворює водопаливні емульсії (ВПЕ), які можуть бути використані як паливо для дизелів [10,40]. Можливе також використання як моторного палива суспензії ряду пилоподібних твердих речовин у воді — вугільного пилу, торфу та ін.

Таким чином, вода може використовуватися в суміші (суспензії або емульсії) з різними вуглеводневими паливами — вугільним пилом, традиційними дизельними паливами, високов'язкими нафтопродуктами, олією, спиртами, ефірами. Результати деяких досліджень дизелів, що працюють на водовугільних суспензіях, представлені у шостому розділі цього навчального посібника.

Водопаливні емульсії є системами, що включають дві нерозчинні рідини. При цьому одна з рідин — дисперсна фаза у вигляді дрібних крапель рівномірно диспергована в іншій рідині — дисперсному середовищі. Водопаливні емульсії можуть бути двох видів: типу «масло-вода», в яких вода

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						22
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

є дисперсним середовищем, а органічна рідина - дисперсною фазою, і типу «вода-масло», в якій дисперсним середовищем є органічна сполука [23,32, 34,86].

Концентровані емульсії, зазвичай, є нестійкими. Внаслідок збільшення поверхневого натягу на поверхнях розділу фаз, краплі дисперсної фази прагнуть до взаємного впливу, що веде до розриву дисперсійних прошарків і поступового укрупнення елементів дисперсної фази. Цей процес завершується повним розшаруванням системи та поділом її на дві самостійні фази. Для збільшення часу існування емульсії часто використовується третя речовина, яка називається емульгатором. За його наявності стійкість емульсії забезпечується шляхом утворення на зовнішній поверхні крапель дисперсної фази суцільного адсорбційно-осольватного шару, причому одна з рідин системи сольватує молекули емульгатора (утворює з ним неміцне з'єднання).

Якість ВПЕ значною мірою визначається методом її отримання. В основі механізму утворення емульсії лежить дроблення дисперсної фази в дисперсному середовищі з одночасною стабілізацією структури, що утворюється, за допомогою емульгаторів. Тому для отримання емульсії використовуються різноманітні пристрої, що диспергують: механічні машини, пневматичні повітряні і парові пристрої, ультразвукові установки, установки з електрогідравлічним розрядом.

Слід зазначити, що властивості ВПЕ істотно відрізняються від властивостей вихідних компонентів. Вода має порівняно велику теплоту пароутворення ($Q_v = 2260$ кДж/кг при $t = 100^\circ\text{C}$; у дизельних палив – $Q_v = 220-300$ кДж/кг) і великий тиск насиченого пара ($p_v = 10$ кПа при $t = 45^\circ\text{C}$; у дизельних палив - $p_v = 0,3-0,5$ кПа). Крім того, вода має велику питому теплоємність ($c_p = 4,2$ кДж/(кг*град) при 20°C ; у дизельних палив - $c_p = 1,8-2,4$ кДж/(кг*град)). Тому використання в двигуні водопаливних емульсій значно покращує процес сумішоутворення за рахунок виникнення так званих «мікров вибухів», що спостерігаються при підвищених температурах в камері згоряння

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						23
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

дизеля. Їх поява обумовлена тим, що , всередині яких розташовується велика кількість включень води, що хаотично рухаються. При температурах, що перевищують температуру кипіння води (при $t > 100^{\circ}\text{C}$), ці включення швидко випаровуються, що призводять до мікротурбулізації паливоповітряної суміші, зниження витрати палива, зменшення вмісту в ОГ продуктів неповного згоряння палива. Крім того, присутність значної кількості парів води в зонах КС з нестачею кисню перешкоджає крекінгу палива при високих температурах, а також сприяє газифікації вуглецю, що утворився раніше, що призводить до значного зменшення сажеутворення. Зниження температур згоряння, що спостерігається при подачі води в циліндри дизеля, сприятливо позначається на викидах з ОГ оксидів азоту.

При переведенні дизельного двигуна на роботу з ВПЕ необхідно враховувати, що через відмінності її основних фізичних властивостей (в першу чергу - щільності та в'язкості) від аналогічних властивостей дизельного палива трансформуються такі найважливіші параметри паливоподачі, як довжина паливного струменя, кут розкриття конуса струменя, параметри розпилювання. Тому необхідно оцінити значення щільності та в'язкості ВПЕ, що використовуються як паливо для дизелів.

В роботі оцінювалися значення щільності та в'язкості емульсії, отриманої шляхом безперервного змішування води та палива в роторно-пульсаційному змішувачі-диспергаторі РПСД-0,5, детально описаному в роботі. Середній розмір часток води ВПЕ складав 1,5 мкм. Дослідження проводилися з ВПЕ на основі моторного палива ДП (ГОСТ 1667-68) та мазуту Ф-5 (ГОСТ 10585-75), що мають однакову в'язкість і різний фракційний склад. В результаті досліджень встановлено, що щільність ВПЕ вище за щільність вихідних емульгованих палив (рис. 10.1). При цьому щільність ВПЕ лінійно зростає зі збільшенням вмісту води C_v в ній і може бути виражена емпіричною формулою:

$$\rho_{\text{втв}} = \rho_{\text{т}} + 1,14 \cdot 10^3 C_v$$

					<i>KPM.142.6221m.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						24
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Дослідження в'язкісно-температурних властивостей емульсій у роботі проводилося з використанням віскозиметрів Енглера та Хепплера, причому результати вимірювань в'язкості обома віскозиметрами практично збігалися. Відзначено, що характер в'язкісно-температурних характеристик ВПЕ на основне паливо ДТ та мазуту Ф-5 аналогічний.

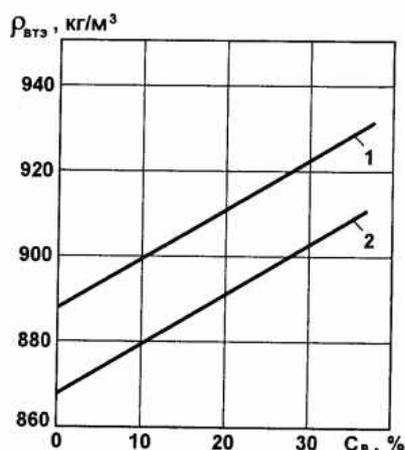


Рис.2.1 – Залежність щільності ВПЕ від вмісту води C_v при емульгуванні різних палив: 1 - мазут Ф-5; 2 – моторне паливо ДП.

На рис.2.1. представлені залежності в'язкості ВПЕ на основі палива ДП від вмісту води C_v при різних температурах, що змінюються в діапазоні від 40 до 100°C. Аналіз цих залежностей показує, що при вмісті води в ВТО, до 15-20% в'язкість емульсії збільшується незначно, а при подальшому збільшенні C_v вона зростає різкіше. При підвищенні температури емульсії характеристики $v_{втэ}=f(C_v)$ зміщуються в область знижених значень в'язкості, причому характер впливу температури на в'язкість ВПЕ аналогічний вплив температури на в'язкість вихідного палива.

З обробки характеристик, представлених на рис. 2.1. у роботі отримана наступна емпірична залежність в'язкості ВПЕ $v_{втэ}$ від вмісту води C_v і температури t :

$$v_{втэ} = 346v_t t^{-1.5} [1 + C_v^{1.73} (2.3 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-5} t)]$$

де v_t - в'язкість вихідного палива при $t = 50^\circ\text{C}$ [$\text{мм}^2/\text{с}$].

Наведені емпіричні залежності, запропоновані у роботі, дозволяють оцінити

					<i>KPM.142.6221m.05.02.ПЗ</i>	Аркуш
						25
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

щільність і в'язкість ВПЕ досліджуваних палив з похибкою 3-5%.

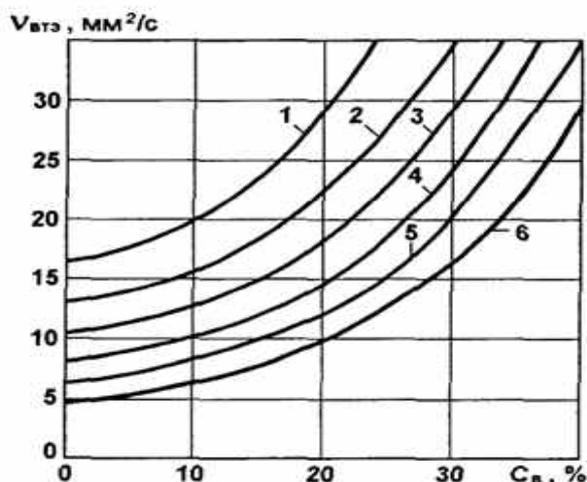


Рис. 2.2 – Залежність в'язкості ВПЕ на основі палива ДП від вмісту в ній води C_в. при різних температурах, °C: 1 - 40; 2 – 50; 3 – 60; 4 – 70; 5 – 80; 6 – 100.

Аналіз розглянутих у розділі фізико-хімічних властивостей води, водяного пара та водопаливних емульсій дозволяє більш обґрунтовано підійти до вибору тієї чи іншої системи живлення двигуна. При цьому розроблено декілька способів подачі води в циліндри двигуна (рис. 10.3). Можлива подача води в циліндри двигуна в рідкій фазі або у вигляді пара. Подача водяного пара в циліндри дизеля може бути реалізована в силових установках, що мають контур утилізації теплоти (теплоти ОГ, охолоджувальної води, мастила), що відводиться від двигуна і використовується для підігріву води та її випаровування. Для швидкохідних дизелів, що встановлюються на транспортні засоби, кращим є подача води в циліндри двигуна в рідкій фазі. Найбільше практичне застосування знайшли такі способи: впорскування води безпосередньо в циліндри двигуна, застосування як паливо водопаливної емульсії (ВПЕ), подача води на всмоктування (у впускний трубопровід дизеля). Розглянемо докладніше ці способи подачі води в КС дизеля.

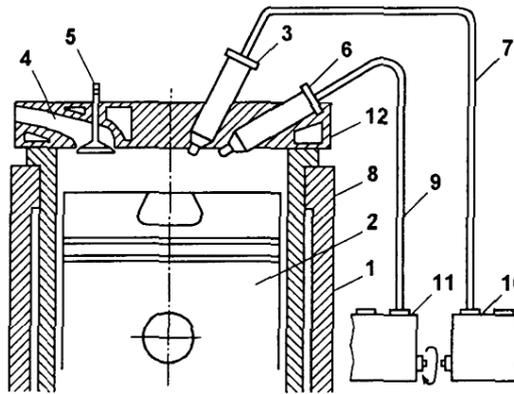


Рис. 2.4 – Конструктивна схема системи роздільної подачі дизельного палива та води в циліндри двигуна: 1 – циліндра; 2 – поршень; 3 - форсунка впорскування палива; 4 – випускний трубопровід; 5 – випускний клапан; 6 - форсунка для впорскування води; 7, 9 – паливопровід; 8 – блок циліндрів; 10 – штатний ТНВД; 11 – ТНВД для подачі води; 12 – головка блоку.

Встановлено, що витрати потужності на привід ТНВД для подачі води становили 0,5 кВт. Однак ці витрати компенсуються зменшенням споживаної потужності на привід агрегатів основної системи охолодження двигуна. Перевірка гідрощільності прецизійних пар цього ТНВД та герметичності Форсунки у зборі до та після 125 год роботи виявила відсутність підвищеного зносу робочих поверхонь прецизійних деталей.

При проведенні моторних випробувань зазначено, що на нагрівання впорскованої води, її випаровування та перегрів утвореного пара витрачається частина теплоти робочої суміші, в результаті чого знімається їх температура, уповільнюється утворення оксидів азоту NO_x і зменшується їх вміст в ОГ. Крім того, вода розбавляє горючу суміш, зменшуючи тим самим відносну концентрацію кисню, що також призводить до зниження вмісту NO_x в ОГ. Чим більша кількість води, що подається і чим раніше вона подається в КС, тим значніше знижується температура в порівнянні зі звичайним дизельним циклом.

Інтенсивне утворення оксидів азоту настає при температурі $T=1900$ К та їх емісія подвоюється при підвищенні температури на 200-250 К. Аналіз

					<i>KPM.142.6221m.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						28
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

результатів експериментальних досліджень показав, що при впорскуванні води скорочується тривалість періоду температур φNO_x , що відповідає інтенсивному утворенню оксидів азоту. Якщо в штатному дизельному циклі вона становить $\varphi\text{NO}_x = 32^\circ$ п.к.в., то при впорскуванні води в кількості $G_v/G_t = 50\%$ (від подачі палива G_t) і вугіллі випередження її впорскування $\varphi = 3^\circ$ п.к.в. до ВМТ тривалість цього періоду температур скорочується до $\varphi\text{NO}_x = 23^\circ$ п.к. Пізніше впорскування води у кількості $G_v/G_t = 50\%$, відповідне початку подачі води $\varphi = 12^\circ$ п.к.в. після ВМТ, призводить до збільшення періоду максимальних температур до $\varphi\text{NO}_x = 27^\circ$ п.к.в. У робочому циклі з подачею води знімається максимальна температура циклу T_{max} . Так, при роботі з дизельним циклом ця температура становить $T_{\text{max}} = 2280$ До, при $G_v/G_t = 50\%$ і $\varphi = 3^\circ$ п.к.в. до ВМТ $T_{\text{max}} = 2150$ До при $G_v/G_t = 50\%$ і $\varphi = 12^\circ$ п.к.в. після ВМТ – $T_{\text{max}} = 2260$ К.

Зниження рівня максимальних температур згоряння при впорскуванні води створює умови зниження викидів оксидів азоту з ОГ. Але при цьому дещо підвищується питома ефективна витрата палива g_e , як наслідок, знімається ефективна потужність дизеля N_e . Так, якщо при роботі дизеля на номінальному режимі тільки на дизельному паливі витрата палива становила $g_e = 252$ Г/(кВт*год), а ефективна потужність $N_e = 49,6$ кВт, то при подачі води в кількості $G_v/G_t = 50\%$ в момент часу $\varphi = 12^\circ$ п.к. після ВМТ ці показники дорівнювали $g_e = 257$ г/(кВт*ч) и $N_e = 48,63$ кВт.

При дослідженнях показників токсичності ОГ дизеля Д-242 встановлено, що найбільше зниження емісії оксидів азоту досягається при подачі води до води у кількості G_v/G_t 30- 40%, причому найбільший ефект отримано при ранньому впорскуванні води в момент $\varphi = 6$ п.к.в. до ВМТ (рис. 2.5).

Для досягнення найбільшої ефективності впорскування води необхідно оптимізувати параметри G_v/G_t та φ кожному режимі роботи дизеля. Так, на номінальному режимі при впорскуванні води в кількості G_v/G_t 30% в момент часу $\varphi = 3^\circ$ п.к.в. до ВМТ викид оксидів азоту склав $e_{\text{NO}_x} = 3,9$ г/(кВт*ч) А в

					<i>KPM.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						29
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

дизельному циклі він дорівнює $e_{nox} = 24,5$ г/(кВт год). Таким чином, емісія e_{Nox} зменшилася більш ніж у шість разів. У цьому режимі при впорскуванні із зазначеними параметрами ефективна потужність дизеля становила $N_e = 41,2$ кВт, а питома витрата палива $g_e = 261$ г. Для дизельного циклу ці показники дорівнювали $N_e = 43,8$ кВт і $g_e = 253$ г/(кВт год). При $G_v/G_t = 35\%$ і $\phi_v = 12$ п.к.в. після ВМТ показники дизеля $N_e = 43$ кВт і $g_e = 255$ г/(кВт) практично відповідають показникам суто дизельного циклу год).

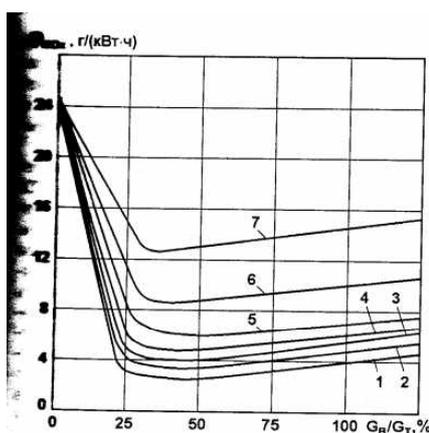


Рис. 2.5 – Залежність питомих викидів оксидів азоту дизеля Д-242 від кількості води G_v/G_t , що подається, і циклу початку її впорскування ϕ_v :
 1 – 6° до ВМТ; 2 - 3 ° до ВМТ; 4 - 6 ° після ВМТ; 5 - 9 ° після ВМТ; 6 -12 ° після ВМТ; 7 -15 ° після ВМТ.

Таким чином, дослідження роботи підтвердили можливість значного зниження викидів оксидів азоту (до 6 разів) шляхом подачі в 3 транспортного дизеля деякої кількості води при невеликому (1-6%) збільшенні питомої ефективної витрати палива, яке може бути частково компенсовано при доведенні системи водоподачі.

У роботі представлені результати проведених у Мюнхенському інституті двигунобудування експериментальних та теоретичних досліджень впливу добавки води та метанолу на ефективні потужність та питома витрата палива g_e , період затримки займання, димність ОГ та емісію оксидів азоту MO , дизелем з безпосереднім упорскуванням нерозділену КС. Дослідження

проведені на одноциліндровій установці з робочим об'ємом $V=1,58$ л, ступенем стиснення $=19$, циліндричної КС у поршні та впорскуванням палива горизонтально розташованою (за радіусом КС) односопловою форсункою. В одному варіанті струмінь палива впорскувався під кутом 50° щодо осі форсунки, в іншому - по осі форсунки у напрямку центру КС. Впорскування води або метанолу здійснювалося форсункою, встановленою на протилежному боці щодо основної форсунки. З проведеного аналізу різних механізмів впливу води та метанолу на процес згоряння зроблено висновок про те, що ці добавки як хімічні реагенти не безпосередньо впливають на концентрацію складових продуктів згоряння. Тільки області екстремального нестачі повітря вони ефективно сприяють гальмування реакції сажеобрання. У цьому випадку вода сильніше впливає на утворення сажі, ніж метанол. Складні та маловивчені питання кінетики освіти сажі поки що не дозволили визначити роль нерівноважних реакцій у цих процесах. Однозначно домінуючий вплив на сажеутворення надає охолоджувальну дію води, що випаровується. Воно знижує температуру в КС та збільшує ПЗВ, внаслідок чого покращується гомогенізація суміші та знижується сажеутворення. В умовах проведення експерименту швидкісна кінозйомка процесів розпилювання палива та його випаровування не підтвердили впливу так званих «мікрровибухів» на зазначені процеси при впорскуванні емульсії з дизельного палива та води. Зазначено, що добавка води не сприяла підвищенню ККД дизеля, оскільки її випаровування знижувало температуру циклу. Незважаючи на те, що у зв'язку із збільшенням ПЗВ при подачі води швидкість тепловиділення в початковій фазі згоряння зростає, в цілому процес згоряння протікає повільніше, ніж при використанні дизельного палива, і значно розтягнутий за часом. Найбільш ефективною є подача води або метанолу, що залежить від навантаження, безпосередньо в зону горіння. Кількість води, що подається, повинна становити менше 50% від масової циклової подачі дизельного палива. При максимальному вмісті води в цикловій подачі максі вміст води в цикловій подачі максимальна температура циклу знижується на 250 К. Оскільки метанол сам є паливом, то очікувалося,

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						31
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

що при його впорскуванні температура циклу не повинна знижуватися. Проте температура циклу знизилася на 100 К внаслідок більшої вдвічі теплоти випаровування метанолу проти дизельним паливом.

Описані вище системи подачі палива (див.рис. 2.4) припускають наявність двох автономних систем подачі з двома форсунками для подачі дизельного палива і води. Це дещо ускладнює конструкцію системи паливоподачі та головки блоку циліндрів. У ряді випадків раціональнішим є подача цих двох компонентів через одну форсунку. Така система роздільної подачі палива та водичерез загальну форсунку в КС високооборотного дизеля, представлена на рис. 10.6, запропоновували і досліджена в Японії . У цій системі подачі паливо від ТНВД через 1 нагнітальний клапан 2 по паливопроводу 3 і каналу 17 подається в подигольну порожнину 21 форсунки 19. У процесі нагнітання голка форсунки піднімається і паливо через соплові отвори 22 розпилювача впорскується в КС. Одночасно паливо надходить у порожнину 14 дозатора води 13, впливає на витіснювач 12 і зміщує поршень 9 вліво до упору 6, деформуючи при цьому пружину 4. В результаті в порожнині 10 створюється розрідження і вона заповнюється водою, що всмоктується з ємності 8 через клапан 7 і трубопровід 5. Після закінчення подачі палива (після відсічення) при посадці нагнітального клапана 2 ТНВД тиск у паливопроводах 3, 16 зменшується і пружина 4 зміщує поршень . Зростаючий тиск у порожнині 10 закриває клапан 7 і відкриває клапан 11, подаючи воду через трубопровід 15 та канали 18, 20 до розпилювача форсунки. При цьому вода витісняє паливо, що залишилося, в КС дизеля. Потім частина води впорскується в циліндр, а частина залишається в розпилювачі до наступного циклу впорскування.

Таким чином, подача води здійснюється напочатку і наприкінці періоду всмоктування палива. Така організація процесу подачі палива та води дозволяє суттєво знизити викиди оксидів азоту та продуктів неповного згоряння палива, підвищити на 1-2% паливну економічність.

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						32
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

показники дизеля, що працює на дизельному паливі без подачі води та з додатковою подачею води в КС у кількості 25 і 40% від циклової подачі палива. Застосовувалося два типи розпилювачів: з п'ятьма отворами (1,=5) діаметром $\varnothing 0,170$ мм з дванадцятьма отворами (5512) діаметром $\varnothing 0,126$ мм.

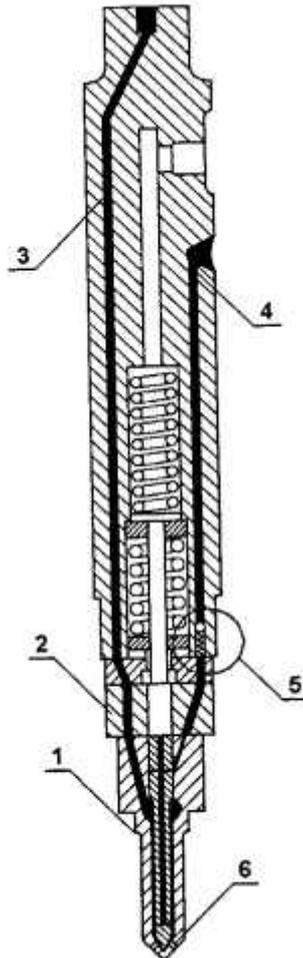


Рис. 2.7 – Конструктивна схема форсунки для роздільної подачі дизельного палива та води в СС дизелі типу TDI фірми Volkswagen: 1 - розпилювач; 2 – проміжна втулка; 3 - канал підведення палива; 4 - канал підведення води; 5 - замикаючий клапан; 6 - отвори, що розпилюють.

Результати проведених експериментальних досліджень наведено на рис. 2.8. При випробуваннях зазначено, що в дизелі, що працює тільки на дизельному паливі, заміна розпилювачів з - приблизно на 30%), але при цьому значно зростає димність ОГ К (на номінальному режимі - більш ніж у 2 рази).

					<i>KPM.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34

застосування такої системи живлення забезпечує розшарування робочої суміші та сприяє зменшенню викидів оксидів азоту NO_x , зниженню димності ОГ при підвищенні індикаторного ККД двигуна.

Безпосередня подача води в дизельний КС через спеціальну форсунку може використовуватися в двигуні, що працює на альтернативних газоподібних паливах, що подаються у впускний трубопровід дизеля. Така організація робочого процесу реалізована у двигуні, що працює на диметилловому ефірі та пропані, що надходять з балонів з цими зрідженими паливами у впускну систему дизеля в газовій фазі. При цьому забезпечується так зване «гомогенне згоряння» (процес HCCI – Homogeneous Charge Compression Ignition). Досліджено чотиритактний дизель розмірності $S/D=140/135$ з нерозділеною КС, ступенем стиснення $\gamma=16,5$ та номінальною частотою обертання $n=1000$ хв⁻¹. При подачі води в КС дизеля вона відіграє роль інертного розріджувача робочої суміші та знімає динаміку процесу газового палива, яке відрізняється жорстким згорянням. Регулювання моменту займання основного газового палива та показників динаміки процесу його згоряння в досліджуваному дизелі може здійснюватися як шляхом зміни співвідношення подач ДМЕ і пропану, так і шляхом зміни кількості води, що впорскується в КС дизеля, і кута випередження впорскування води. Внаслідок такої реалізації такої схеми паливоподачі покращуються основні показники досліджуваного Двигуна: максимальна температура циклу, показники динаміки процесу згоряння, індикаторний ККД, димність ОГ.

Одним із найбільш ефективних способів подачі води є її впорскування в циліндри двигуна у складі водопаливної емульсії. Це зумовлено особливостями процесів розпилювання та випаровування ВПЕ, сумішоутворення та згоряння отриманої робочої суміші в умовах КС дизеля.

Робота двигунів на водопаливних емульсіях

Застосування ВПЕ для живлення дизелів може здійснюватися двома шляхами: або шляхом використання заздалегідь приготовленої емульсії, або

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						36
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

шляхом емульгування безпосередньо перед подачею двигуна, наприклад, на борту автомобіля 23. Кожен з варіантів має свої переваги і недоліки. Так, у першому випадку необхідність модифікації системи живлення зводиться до мінімуму, в той час як організація емульгування палива на борту автомобіля вимагає досить суттєвого ускладнення апаратури, що падає. Однак використання заздалегідь приготовленої емульсії проблематично через її недостатню стабільність, високі температури застигання, ряд інших факторів. Тому остаточний вибір схеми застосування емульсії визначається співвідношенням між техніко-економічними показниками процесу емульгування на автомобілі та експлуатаційними якостями емульсії.

Останнім часом в результаті розробки простих і надійних диспергаторів перевагу надають отриманню ВПЕ безпосередньо на борту автомобіля. Як бортові диспергувальні пристрої використовуються шестерні насоси, гідророзпилювачі, ультразвукові випромінювачі 23,82. Зокрема, емульсія, що отримується останнім методом, має дрібнодисперсну (4-8 мкм) структуру, стійкість якої забезпечується введенням емульгаторів.

Як зазначено вище, сучасні ВПЕ є складними дисперсними системами, що мають специфічні властивості, що значно відрізняються від властивостей базових компонентів. Тому ефективність застосування ВПЕ визначається типом емульсії, її складом та схемою організації емульгування. Великий вплив на показники двигуна надає спосіб подачі ВПЕ в циліндри.

Можлива подача палива та води у КС дизеля у вигляді ВПЕ через штатну систему паливоподачі (див.рис. 2.3). Така схема подачі води має такі переваги: невеликі габарити системи подачі, стійка робота двигуна на режимах з частковим навантаженням, невеликі витрати при ремонті та технічному обслуговуванні (при переході з водопаливної емульсії на роботу зі штатним паливом необхідно протягом декількох хвилин переводити двигун на дизельне паливо на режимах з малим навантаженням).

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						37
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

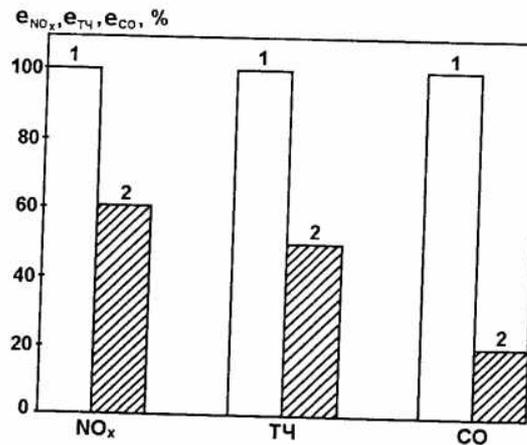


Рис. 2.9 – Діаграма зменшення викидів оксидів азоту NO монооксиду вуглецю CO та твердим частинок з QГ дизелів серії 396 фірми MTU при їх роботі на дизельному паливі (1) та водопаливній емульсії (2) із вмістом води 50%.

Фірмою MTU (Німеччина) проведено дослідження ряду багатоциліндрових дизелів (8,12 і 16 циліндрів) серії 396 з подачею ВПЕ в КС. емісію оксидів азоту в середньому на 40%, твердих частинок - на 50%, монооксиду вуглецю - на 80% (рис. 2.9), кращі результати отримані на режимах з частковим навантаженням. його роботу на режимах із піковими навантаженнями.

Цикл досліджень роботи допоміжного суднового дизеля фірми Кібоа на ВПЕ описаний у роботах. Основні експерименти проводилися на одноциліндровому відсіку двигуна розмірності S/D=150/110, з робочим об'ємом Vh=1,425 л, ступенем стиснення =17,4, середнім ефективним тиском $p_e=0,52^{\circ}$ МПа, потужністю Ne=7, 35 кВт за n=1200 хв-1. Впорскування палива проводилося штифтовою форсункою ВОЗ 0№45024 при тисках затягування голки форсунки $p_{fo}=29,4; 24,5; 19,6$ та $14,7$ МПа. Емульсії готувалися із застосуванням трубчастого змішувача. Для порівняльних випробувань - використовувалася водопаливна емульсія з вмістом води в газойлі від 0 до 50% і додаванням 1% (від маси нафтового палива) емульгатора НЕВ-6, що забезпечує стабілізацію палива при 5% розшаруванні протягом 12 діб, Після

									Аркуш
									38
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ				

цього терміну водяні краплі емульсії стабільно зберігали свої розміри. Агресивність емульсії перевірялася випробуванням мідного зразка корозійну стійкість. Встановлено, що за цим показником емульсії практично не відрізняються від нафтового палива. Випробування показали, що питома ефективна витрата палива та димність ОГ можуть бути помітно знижені під час використання ВПЕ при всіх випробуваних тисках затягування голки форсунки. Причому збільшення вмісту води у ВПЕ до 20-40% призводить до зниження викидів оксиду азоту NO_x , димності ОГ та питомої ефективної витрати палива. Серед причин підвищення паливної економічності при використанні ВПЕ виділено мікробибухи водяних крапель внаслідок швидкого збільшення їх обсягу, а також інтенсивне надходження повітря в емульсію, що розпилюється, зменшення втрат теплоти через зниження температури згоряння та усунення термічної дисоціації палива. Показано, що інтенсивність мікробибухового випаровування залежить від в'язкості палива, вмісту води в емульсії та розмірів крапель води в останній. Інтенсивність мікробибухів зростає із зростанням діаметра водяних крапель. Збільшення в'язкості палива в емульсії призводить до менш вираженого ефекту поліпшення економічної паливної дизеля в порівнянні з використанням стандартного дизельного палива. Використання зниженого тиску затягування голки форсунки p_0 в поєднанні з меншим діаметром плунжера ($d_0=8$ мм замість $d_0=9$ мм) дозволяє при тому ж діапазоні регулювання кута випередження впорскування палива знизити вміст оксидів азоту NO_x в ОГ без погіршення економічних показників дизеля.

У роботі наведено результати досліджень дизеля двотактного суднового типу 48ГВ76 фірми Зиг, що працює на емульгованому водою паливі. Як палив використовувалися дизельне паливо і важке дизельне паливо в'язкістю, $\eta = 400$ мм²/с при 50°C. В'язкі характеристики важкого дизельного палива та його емульсій з водою при різних температурах наведені на рис. 2.10. Оскільки водопаливна емульсія важкого палива має більш високу в'язкість, ніж важке

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						39
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Випробування показали, що зі збільшенням вмісту води в емульсії необхідно застосовувати більш раннє впорскування палива, щоб зберегти максимальний тиск згоряння p , на початковому рівні. Робота дизеля не порушується при вмісті води емульсії до 30%. Такий вміст води призводить до невеликого зниження η_e , при якому витрати на дообладнання паливної системи та систему підготовки емульсії не виправдовуються. У процесі випробувань не отримано даних про вплив емульгованого палива на технічний стан дизеля при його тривалій експлуатації.

Проблемам зносу деталей циліндропоршневої групи та апаратури палива дизелів присвячено досить велику кількість публікацій. Зокрема, у роботі наведено результати дослідження протизносних властивостей ВПЕ на основі дизельного палива марки ДП, призначеної для середньооборотних судових дизелів. Випробування проведено на дизелях 2Ч8,5/11 і 8ЧНР32/48. Працюючи цих дизелів на ВПЕ відзначено можливість економії палива на 3-5%.

Однак у процесі випробувань відзначені збільшені зношування деталей двигуна. ВПЕ готували гідродинамічним перемішуванням палива, води та присадок. Отримані зразки ВПЕ не розшаровувалися протягом кількох діб. ВПЕ з 20% вмістом води мали такі фізико-хімічні властивості: щільність $\rho=930$ кг/м³ при 20°C, в'язкість $\eta=16$ мм²/с при 20°C, вміст сірки 1,7%, температура спалаху 83° С, тонкість диспергування 3-5 мкм. Випробування, проведені на машині тертя МІ-1, показали, що при введенні в паливо води швидкість зношування деталей, що труться, збільшується. Це пояснюється тим, що вода має хороші змочуючі властивості.

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		42

Топливо	Средняя относительная скорость изнашивания, %	Удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч)
ДТ без присадки	86,4	306
ДТ с 0,03% ПАВ	70,5	298
ВТЭ без присадки	100,0	279
ВТЭ с 20% воды ■ 0,03% ПАВ	80,4	273

Таблиця 2.2 – Швидкість зношування деталей циліндрів-поршневої групи та паливної апаратури, а також економія палива дизеля при роботі на різних паливах.

Слід зазначити, що зі зростанням вмісту ПАР у ВПЕ швидкість зношування спочатку знижується, а при подальшому збільшенні концентрації ПАР у ВПЕ починає підвищуватися.

Представлені вище дані, а також результати експериментальних досліджень дизелів на ВПЕ, отримані в основному в суднових дизелях. У той же час, проводяться численні дослідження з використання ВПЕ в швидкохідних транспортних дизелях в автотракторного призначення. Зокрема, Технічним університетом Західного Берліна досліджено впливові добавки води до дизельного палива або до суміші дизельного та важкого палива на показу роботи двох автомобільних дизелів: дизеля з нерозділеною КС типу OM617 фірми Daimler-Benz і дизеля з предкамерою типу D226/56 фірми]. Досліджувані дизелі, переважно, відповідали серійним зразком. Для фундаментальних досліджень використовувався одноциліндровий дизель типу AWL520. Випробування проводилися на режимах із постійним навантаженням. При виборі навантаження зверталось увагу на те, щоб максимальне подання палива зменшувалося в міру підвищення вмісту води у ВПЕ. В процесі досліджень визначалися показники процесів сумішоутворення та згоряння, викид газових токсичних компонентів, димність ОГ, підтримка в них твердих частинок, викид ароматичних вуглеводнів.

Для забезпечення так званого ефекту мікровибухів були реалізовані заходи, що дозволяють у процесі впорскування зберегти розподіл дрібних

					<i>KPM.142.6221m.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						44
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

дослідження впливу подачі ВПЕ на вміст твердих частинок (ТЧ) до ОГ швидкохідного дизеля. Дослідження проведено на одноциліндровому чотиритактному дизелі Petter-AVL. з робочим обсягом

$V_s=0,533$ л, ступенем стиснення 19 потужністю $N_e=3,7$ кВт при $n=1500$ хв-1. Як паливо використовувалося стандартне дизельне паливо D-2 з цетановим числом ЦЧ-51,2, вмістом водню - 13,2% і щільністю $\rho=853$ кг/м, яке шляхом емульгування вводилася вода в кількості 5 і 10%. При вмісті води у ВПЕ, що дорівнює 20%, займання емульгованого палива не спостерігалось. Відібрані на спеціальні фільтри тверді частинки аналізувалися на вміст розчинної органічної фракції та поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАУ), потім методами газової хроматографії визначалося вміст ОГ токсичних компонентів. Дослідження особливостей процесу згоряння ВПЕ показало, що відносно мале введення води у паливо призводить до значного зростання періоду затримки займання (ПЗВ). Введення в паливо 5 і 10% води призвело до помітного скорочення концентрації МО, в ОГ, але одночасного зростання вмісту СО та СН, у тому числі і в рідкофазному вигляді. Одночасно на 40% (при 5% вмісті води у ВПЕ) і на 70% (при 10% вмісті води у ВПЕ) зменшився вміст ТЧ в ОГі відповідно до частки розчинної органічної фракції ТЧ. Відзначено, що основним джерелом освіти ПАУ є паливо, що не згоріло.

У низці досліджень зазначено, що застосування ВПЕ дозволяє знизити викид з ОГ оксидів азоту, але при цьому відзначається зростання ПЗВ. Як один з ефективних заходів боротьби з цим явищем у роботі розглядається підвищення температури повітря на впуску. Випробування проведено на одноциліндровому дизелі ПЕВ з нерозділеною КС, робочим об'ємом 1,4 л, ступенем стиснення $=16,7$. Електричний підігрів повітря забезпечував зміну температури впуску в діапазоні від 20 до 150°C. При випробуваннях знімалися індикаторні діаграми і контролювалися робочі параметри дизеля - тиску впорскування, величина підйому голки форсунки, прозорість ОГ, концентрації ОГ оксидів азоту МО монооксиду вуглецю СО і незгорілих вуглеводнів СН.

					<i>KPM.142.6221m.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						47
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Для стабілізації емульсій, отриманих на основі дистильованої деіонізованої води, була використана 2%-на добавка поверхнево-активної речовини. Результати досліджень підтвердили зростання ПЗВ зі збільшенням частки води у паливі. Підвищення температури повітря до 150°C дозволяє компенсувати збільшення ПЗВ лише емульсій із вмістом води до 30%. Подальше підвищення температури повітря для більш насичені водою емульсії недоцільно через зниження коефіцієнта наповнення п, на 15%.

Підігрів повітря знижує димність ОГ і дещо збільшує концентрацію ОГ оксидів азоту МО.

Однак таке збільшення емісії МО значно менше його зниження, викликаного присутністю в КС води. Зроблено висновок про перспективність застосування ВПЕ у дизелях.

В роботі представлені результати випробування як палив нестабілізованих емульсій дизельного палива (ДП) та води (у кількості 10 та 20%), а також ДП та етилового спирту (у кількості 10-40%). Експерименти проведені на чотиритактному чотирициліндровому дизелі розмірності S/D=120/108 із нерозділеною КС. Досліджувався вплив складу

палива, навантажувального та швидкісного режимів (в діапазоні $n=1200-2100$ хв) на ефективний ККД дизеля та вміст в ОГ оксидів азоту, монооксиду вуглецю СО, незгорілих вуглеводнів СН, а також на рівень димності

ОГ. Показано, що на режимах з високим навантаженням послідовне збільшення вмісту води або етанолу в ДТ призводить до деякого приросту, зниження вмісту СО в ОГ, твердихчастинок та рівня димності. Концентрація в ОГ має мінімум при утриманні в дизельному паливі 10% води та 20% етилового спирту. На режимах із частковими навантаженнями на емульсіях призводить до невеликого збільшення. Збільшення кута випередження впорскування емульгованих палив супроводжується погіршенням основних характеристик дизеля, але при цьому спостерігається зниження емісії та

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

димності ОГ. Введення в ДП етилового спирту призводить до зростання швидкості агломерації та сажистих частинок в ОГ, що вимагає проведення додаткових досліджень хімічного складу та частки розчинної органічної фракції.

Дослідження дизелів, що працюють на ВПЕ, проведено й у нашій країні. У роботах наведено результати досліджень вітчизняного швидкохідного дизеля типу ЧН 16/17, що працює на водопаливній емульсії. Схему приготування ВПЕ для швидкохідного дизеля типу ЧН 16/17 наведено на рис. 2.15. Змішування палива та води здійснюється в диспергаторі, витрати палива та води через який контролюється ротаметрами 5. Для приготування емульсії застосована конструкція механічного диспергатора з приводом від автономного електромотора із відносно невисокою частотою обертання (2000-3000 хв). Диспергатор забезпечує дрібнозернисту ВПЕ з розмірами крапель палива – 1-4 мкм. Нестача ВПЕ – їхня невисока стабільність.

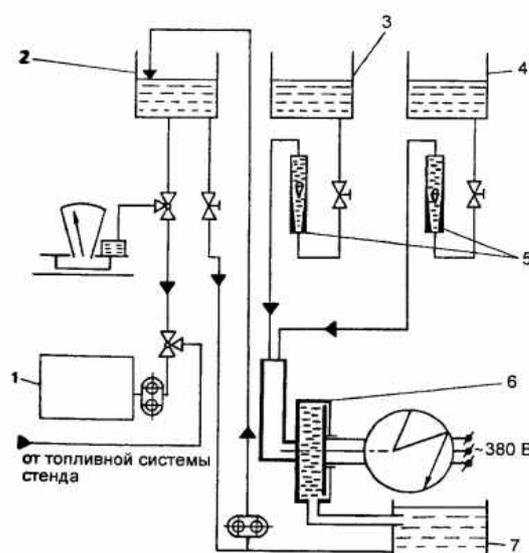


Рис. 2.15 – Схема дозування компонентів та приготування водопаливної емульсії: 1 – дизель; 2,3,4,7 – баки емульсії, паливної води, проміжний; 5 – ротаметр; 6 – диспергатор.

Стабілізація ВПЕ в даних дослідженнях досягалася застосуванням різних поверхнево-активних речовин, розчинних або тільки в одному компоненті емульсії (паливі), або в обох компонентах. На рис. 2.16 представлені результати досліджень дизеля 1 ЧН 16/17, що працює на ВПЕ із вмістом води до 53% (при більшому вмісті води спостерігалася нестійка робота дизеля). Для досліджуваних режимів оптимальне вміст води емульсії становить 45-50% по масі. При цьому вдається забезпечити зниження вмісту СО в ОГв 5-8 разів, сажі - більш ніж у 10 разів, МО - у 6-8 разів. Ефективна витрата палива знизилася на 15-18 г (кВт-год). При дослідженнях також зазначено, що на режимі з $M = 43,7$ кВт при $n = 1700$ хв оптимальне вміст води в емульсії становить 45%, а на режимі з $M = 59$ кВт при $n = 2000$ хв - 53%. Для досягнення максимального позитивного ефекту при зниженні токсичності та димності ОГ необхідно оптимізувати вміст води в емульсії залежно від режиму роботи дизеля, для цього доцільно застосовувати системи автоматичного контролю та системи автоматичного регулювання концентрації води у ВПЕ.

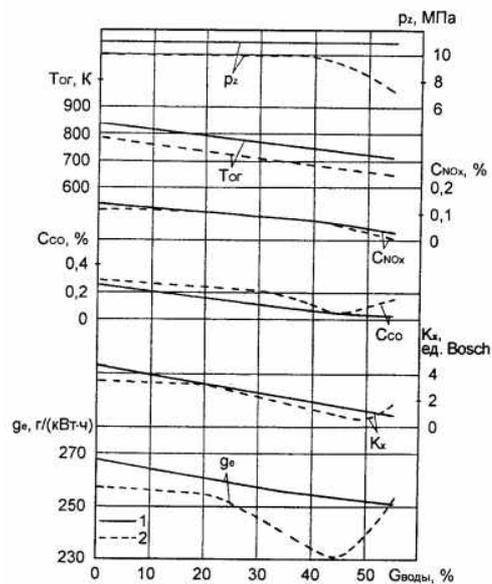


Рис. 2.16 – Залежність параметрів дизеля 1 ЧН 16/17 від вмісту води у водопаливній емульсії: 1 - на режимі $n=2000$ хв-1; N_e 59 кВт; 2 - на режимі з $n = 1700$ хв-1; N_e 43,7 кВт.

Випробування вітчизняних дизелів 2 ч 9,5/11 і 6 чн 21/21 на водопаливних емульсіях показали, що при вмісті води в емульсії до 20% паливна економічність дещо покращувалася, а при вмісті води понад 30% - погіршувалась. Викиди МО істотно знижувалися зі зростанням вмісту води в емульсії. Зменшення емісії МО склало 8-13% на кожні 10% збільшення кількості води в емульсії. Димність ОГ та емісія СО при роботі на емульсії з вмістом води до 20% помітно знижувалася, а за 30% - виявлялася тенденція їх зростання. При вмісті води емульсії понад 30-35% спостерігалася нестійка робота досліджуваних дизелів.

Загалом, слід зазначити, що покращення показників дизеля, що працює на ВПЕ, пояснюється такими обставинами. Краплі емульгованого палива, що утворилися після впорскування ВПЕ в камеру згорання дизеля, складаються з частинок палива, всередині яких розташовані частинки води. Розміри цих часток зазвичай коливаються від 1 до 3 мкм і практично не залежить від умов розпилювання ВПЕ. Через нижчу температуру кипіння і пароутворення води при нагріванні частинок води, що містяться у ВПЕ, в камері згорання дизеля вони вибухоподібно перетворюються на пару, піддаючи частинки палива, що їх оточують, додатковому дробленню і турбулентному перемішуванню за рахунок викидів парів води з крапель палива. Тому час існування крапель ВПЕ скорочується порівняно з існуванням крапель чистого дизельного палива, що зменшує тривалість процесу сумішоутворення та покращує його якість. Крім того, впорскування в КС дизеля водопаливних емульсій дозволяє знизити температуру кінця стиснення, середню та максимальну температури циклу, що сприятливо позначається на процесі згорання. Застосування водопаливних емульсій у дизелях дозволяє знизити димність ОГ та емісію СО в 2 рази, викиди МО – в 1,5 рази, витрата палива – на 8-10 г (кВт-год).

Крім водопаливних емульсій як паливо для дизелів можуть використовуватися багатоконпонентні емульсії, що містять крім води і дизельного палива ряд інших компонентів, наприклад спирти. Проводяться

						<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
							51
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			

дослідження щодо використання в дизелях емульсій рослинних олій, їх ефірів, спиртів та води.

У роботі наведено результати випробувань дизелів на емульсіях, отриманих на базі дизельного палива з добавками води або метанолу, а також метанолу з водою. Для приготування емульсій використовувалася система, що містить насос, що підкачує, і відцентровий гомогенізатор типу OFR HydroShear, що забезпечує отримання дрібно-дисперсних частинок розміром до 1 мкм. Методика аналізу ОГ передбачала визначення виходу звичайних газоподібних продуктів, а також вуглецю та органічних речовин. Випробування проведені на чотиритактному дизелі повітряного охолодження Deutz F6L714 з розділеною КС та двотактному дизелі Detroit 71N з нерозділеною КС. Впорскування емульсій здійснювалося за допомогою стандартної паливної апаратури. Випробування показали, що ефект застосування ВПЕ сильно залежить від типу КС. У дизелі з розділеною КС вплив води було значно вищим. При концентрації води у ВПЕ, що дорівнює 15-20%, викиди з ОГ оксидів азоту NO_x , і твердих частинок ТЧ знижувалися на 50% при одночасному збільшенні викидів CO , CH та сульфатів. Концентрація в ОГ може бути зменшена до початкових величин шляхом застосування каталітичного нейтралізатора. Потужність дизеля знижувалася приблизно пропорційно до вмісту води у ВПЕ. У дизелі з нерозділеною КС позитивний вплив ВПЕ на показники двигуна було незначним. Більш ефективним виявилось введення ВПЕ у впускний трубопровід, що забезпечило зниження викиду з ОГ оксидів азоту NO_x на 40-50% при одночасному збільшенні викидів CO , CH ; та твердих частинок. На метанолопаливних емульсіях дизель із нерозділеною КС задовільно працював із концентрацією метанолу до 30%. При цьому відзначено деяке підвищення ефективного ККД п». Подальше збільшення добавки метанолу призводило до збільшення жорсткості згорання. Додавання води до метанолу сприяло отриманню більш стабільних емульсій. Невелика концентрація води (0,2-0,25%) в дизельному паливі викликала

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

зниження моменту, що крутить, дизеля М. подальше збільшення присадки води до 2-2,5% призводило до зростання М. в порівнянні з добавкою тільки метанолу. У цьому викид ЦЧ з ОГ знижувався до 50%. Зазначено, що застосування ВПЕ при впорскуванні стандартною паливною апаратурою дешевше за використання системи роздільного впорскування компонентів емульсій. Пуск і припинення роботи дизеля бажано проводити на чистому дизельному паливі, що знижує небезпеку корозії деталей двигуна.

Слід зазначити, що подача ВПЕ в циліндри дизеля штатною системою паливоподачі дозволяє значно зменшити нагароутворення на поверхнях деталей камери згоряння, а також коксування отворів, що розпилюють, форсунки.

Застосування ВПЕ в якості палива для дизелів має і ряд недоліків, до яких можна віднести необхідність спеціального обладнання та емульгаторів для приготування емульсій, їх нестабільність, проблеми зносу деталей циліндропоршневої групи та апаратури палива, а також фільтрації ВПЕ, необхідність переходу на дизельне паливо, при пуску та зупинці двигуна. Частина цих недоліків усувається при подачі води у впускний трубопровід двигуна.

Подача води у впускний трубопровід двигуна

Поліпшення ряду показників дизеля може бути досягнуто і при подачі деякої кількості води у впускний трубопровід дизеля. При введенні у впускний коректор води або водяної пари вони відіграють роль не тільки інертного розріджувача робочої суміші, але й беру участь у реакції горіння, приводячи до підвищення кількості теплоти, що виділилася, зниження емісії токсичних компонентів ОГ.

Можлива подача води до впускної системи, як у паровій фазі, так і в рідкій фазі. У першому випадку водяна пара може бути попередньо отримана в спеціальних теплообмінних пристроях з використанням теплоти, що

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						53
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

відводиться від двигуна - теплоти ОГ, рідини, що охолоджує, моторного масла. У другому випадку вода подається через спеціальний карбюратор, встановлений у впускній системі, або впорскується спеціальною форсункою у впускному трубопроводі дизеля. Останній захід найбільш доцільно в дизелях з високим наддувом, в яких вода, що випаровується у впускній системі, охолоджує наддувне повітря. У ряді випадків це дозволяє уникнути організації проміжного охолодження наддувного повітря під час використання двоступінчастої системи наддуву.

Найбільш відчутний ефект при такій організації робочого процесу відзначається за викидами оксидів азоту, що обумовлено зниженням максимальних температур згоряння, що призводить до зменшення вмісту МО, в ОГ дизеля. Про це свідчать, зокрема, результати дослідження роботи дизеля Д-242 (4 ч 11/12,5), проведеного у Санкт-Петербурзькому державному аграрному університеті. При випробуваннях дизеля на стенді з подачею води в канал гарячого повітря відмічено помітне зменшення концентрацій в ОГ оксидів азоту S_{NOx} (рис. 2.17), причому найбільш значне зниження S_{MOx} відзначено на форсованих режимах з найбільшими максимальними температурами згоряння T_k . Зокрема, при $T=2100$ К і відношенні подачі води C , у впускну систему до подачі палива C , рівному $6/C=30\%$, концентрація S_{COx} знизилася на 40%. Але при цьому слід враховувати, що на нефорсованих режимах зниження температур згоряння, викликане випаровуванням води, що подається в КС, може призвести до недостатньо повного згоряння палива, що тягне за собою збільшення емісії продуктів неповного згоряння і деяке погіршення економічності. Тому необхідно всебічне дослідження впливу подачі води на економічні та екологічні показники дизеля в широкому діапазоні його швидкісних та навантажувальних режимів.

Таке дослідження може бути проведено, наприклад, з використанням даних, отриманих у роботі та представлених на рис. 2.18. Аналіз наведених залежностей вмісту токсичних компонентів в ОГ дизеля Д-240 (4 Ч 11/2,5) та

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						54
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

від 0 до 200% концентрація MO , в ОГ знижується в 2 і 4 рази відповідно (рис. 2.19, а). Аналогічна закономірність зазначена і на режимі з $n = 1800$ хв - 1. При цьому спостерігається незначне зростання вмісту в ОГ монооксиду вуглецю CO , незгорілих вуглеводнів CH , і сажі C .

Вплив подачі води в циліндри дизеля Д-21А1 на змісті № , в ОГ позначається у всьому діапазоні навантажень (рис. 2.19,б). При збільшенні води/ G палива викид MOx помітно знижується. Аналіз отриманих результатів показує, що основна кількість MO утворюється в КС дизеля в період швидкого згоряння. Утворення MO на режимах з малими навантаженнями при інтегральній максимальній температурі циклу менше $1300-1500^\circ \text{З}$ пов'язане з наявністю в області згоряння палива локальних зон з підвищеною температурою. Наявність локальних температур, що вирівнюються за обсягом КС зі швидкістю звуку в областях гетерогенного згоряння, і визначає рівень утворення MO на режимах з малими навантаженнями. Подальше підвищення вмісту MO в ОГ у міру зростання навантаження до її середніх значень пов'язане зі збільшенням локальних температур і, особливо, з часом їх існування. При роботі дизеля на режимах з максимальними навантаженнями утворення MO скорочується внаслідок дефіциту кисню, що зростає, при зниженні коефіцієнта надлишку повітря a . подача води в циліндри дизеля супроводжується зниженням максимальної температури циклу на величину до 200°С . Це викликає зниження вмісту № , в ОГ на всіх навантажувальних режимах, але характер кривих концентрації MO , в ОГ в цілому залишається таким же, як і при роботі дизеля по суто дизельному циклу.

Залежно концентрації токсичних компонентів в ОГ дизеля Д-21А1 від швидкісного режиму, представлені на рис. 2.19,в, свідчать про те, що кількість води, що подається на впуск, знижує вміст MO , в ОГ у всьому діапазоні частот обертання n . Найбільший ефект спостерігається на режимах з $n=1200-1400$ хв-1. При збільшенні частоти обертання ефект подачі води зменшується. Зниження температури стінок циліндра, температури холодного пристінкового

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						57
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

карбюратор без поплавця. У цій системі витрата води приблизно рівна витраті палива, встановлюється за допомогою регулювальної голки 6 карбюратора (рис. 2.20). Система включається дороботипісля прогрівання двигуна шляхом підключення карбюратора до бака із водою. Вимкнення карбюратора проводиться наприкінці роботи за 10-15 хвилин до зупинки двигуна.

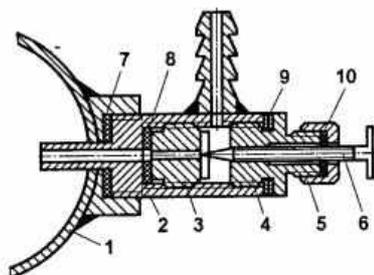


Рис. 2.20 – Схема безпоплавкового карбюратора для подачі води у впускний трубопровід дизеля Д-21А1 трактора Т-25А: 1 - впускний трубопровід; 2 – корпус; 3 - жиклер; 4 - корпус регулювальної голки; 5 - гайка сальника регулювальної голки; 6 - регулювальна голка; 7, 8, 9 - уплотнителіні прокладки; 10 - сальник регулювальної голки.

Описана система подачі води на впуску пройшла випробування у складі трактора Т-25А, який експлуатується на тваринницькому комплексі [60]. Зміст у повітрі цього комплексу двох токсичних компонентів ОГ – оксидів азоту NO_x , та монооксиду вуглецю CO визначався щодо проходу трактора, і після проходу трактора, що працює тільки на дизельному паливі та при подачі води на впуску. Результати наведених випробувань наведені в табл. 10.5 показують, що при роботі трактора в тваринницькому комплексі в його атмосфері відзначається вміст зазначених токсичних компонентів ОГ, що значно перевищує їх гранично допустимі концентрації. Після проходу трактора з подачею води у впускний трубопровід вміст NO_x у повітрі робочої зони знижується на 13-40% порівняно з роботою трактора тільки на дизельному паливі, а концентрація CO залишається на тому ж рівні.

Крім описаної найпростішої схеми подачі води у впускний трубопровід дизеля в роботі 51,60, запропоновано вдосконалену систему для дизеля ЯМЗ-

						<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			59

стабілізувати температурний режим двигуна, що підвищує його довговічність.

Вакуумний автомат працює в такий спосіб. При непрацюючому дизелі 33 у впускному трубопроводі 12, а, отже, під мембраною 13 в корпусі 10 встановлюється атмосферний тиск. Верхня порожнина корпусу над мембраною 13 пов'язана з атмосферою отвором 7 і герметизується від води, що проходить через штуцери 18 і 3, ущільненням 15 у вигляді сальника 6. У нижній порожнині корпусу 10 над мембраною 13 створюється розрідження за рахунок зв'язку цієї порожнини з впускним трубопроводом 12. При цьому положенні мембрана знаходиться в рівноважному стані, а клапан 16 в корпусі 17 притиснутий пружиною 4 до сидла отвору, що зв'язує штуцери 18 і 3. В результаті вода з термостатичного пристрою 23 не надходить в карбюратор 8. При пуску двигуна впускному трубопроводі створюється розрідження, мембрана 13 внаслідок різниці тисків (атмосферне над мембраною і розрідження під нею) опускається вниз. При цьому зусилля від мембрани 13 за допомогою штока 5 передається на пружину 4, в результаті чого стискається пружина, а клапан 16 опускається, відкриваючи магістраль подачі води в карбюратор. При зупинці двигуна тиск під мембраною 13 і вод нею вирівнюється, мембрана займає нейтральне положення, а клапан 16 під дією пружини 4 знову закриває отвір, що зв'язує штуцери 18 і 3. Подача води з бака в камеру поплавця карбюратора припиняється. Таким чином, вакуумний автомат включає та вимикає систему подачі води без участі водія в управлінні системою, а також виключає попадання води в циліндри двигуна, що не працює. Результати експлуатаційних випробувань системи подачі води у впускний трубопровід дизеля ЯМЗ-240 автомобіля БелАЗ-540А при подачі води до його впускної системи в кількості $C/C_0=30-40\%$ представлені на рис. 2.22. З наведених даних випливає, що в процесі експлуатаційних випробувань викиди MO знижуються в середньому на 30%, що обумовлено зниженням температур згоряння палива при подачі води у впускний трубопровід. При цьому температура $OГ$ зменшується на $20-50^{\circ}C$, а нагароутворення в

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		62

Маса нагару на комплекті поршнів цього дизеля склала 4,0 г, а контрольний дизель - 8,4 г.

Подача води у впускний трубопровід дизеля є доцільною і в тому випадку, коли ця вода містить домішки нафтопродуктів . В цьому випадку ефективність роботи дизеля буде підвищуватися не тільки за рахунок впливу водяної пари на процеси, що відбуваються в КС дизеля, але і за рахунок вигорання горючих домішок, що містяться у воді.

На закінчення слід зазначити, що подача води в циліндри дизеля за розглянутими схемами дозволяє помітно зменшити викиди токсичних компонентів з ОГ. Цей метод є недорогим і одним із найбільш ефективних методів покращення екологічних показників роботи транспортних дизелів.

					<i>КРМ.142.6221м.05.02.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		65

КРМ.142.6221м.05.03.ПЗ

<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Здобувач		Ковальов В.А.			РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРЯМОГО УПОРСКУВАННЯ ВОДИ У РОБОЧИЙ ЦИЛІНДР	<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Консультант							66	7
Керівник		Проскурін А.Ю.						

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРЯМОГО УПОРСКУВАННЯ ВОДИ У РОБОЧИЙ ЦИЛІНДР

Фірма Wärtsilä у своїх розробках пішла шляхом безпосереднього впорскування води в камеру згоряння серійних двигунів. Обсяг води, що подається складає 15...70% від циклової подачі палива. Для упорскування води була розроблена форсунка з двома сопловими наконечниками (рис. 3.1) для роздільного підведення палива та води, а також система подачі води до форсунки (рис. 3.2).

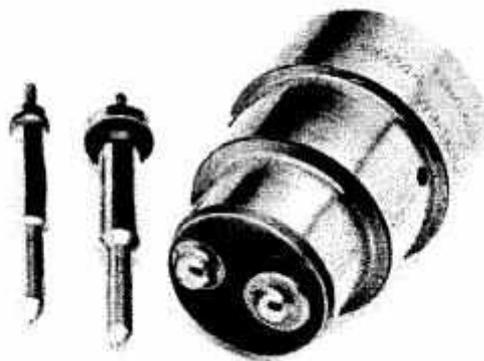


Рисунок 3.1 - Розпилювач для спільного впорскування води та палива в камеру згоряння двигуна 46 серії фірми Wärtsilä

Для упорскування води використовувався паливний насос високого тиску, що виконує роль генератора імпульсів для поршневого роздільника, який здійснює подачу води до форсунки під тиском 21 МПа.

Більш ніж десятирічна експлуатація судів показала, що дана технологія дозволила скоротити викиди MO на 50...60 %, а втрата економічності при цьому не перевищувала 2...3 г/(кВт/год). Характер протікання робочого процесу двигуна із упорскуванням води представлений на рис. 3.3. Як видно із рис. 3.3 упорскування води починається за 45° до ВМТ і закінчувалося безпосередньо перед початком упорскування палива за 10° до ВМТ. Випаровування водяного аерозолі супроводжується зниженням температури

					КРМ.142.6221м.05.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		67

в камері згорання, а наявність великої кількості водяної пари в заряді призводить до підвищення його теплоємності. Спільна дія цих двох факторів веде до зниження температур у локальних осередках горіння та скорочення утворення оксидів азоту.

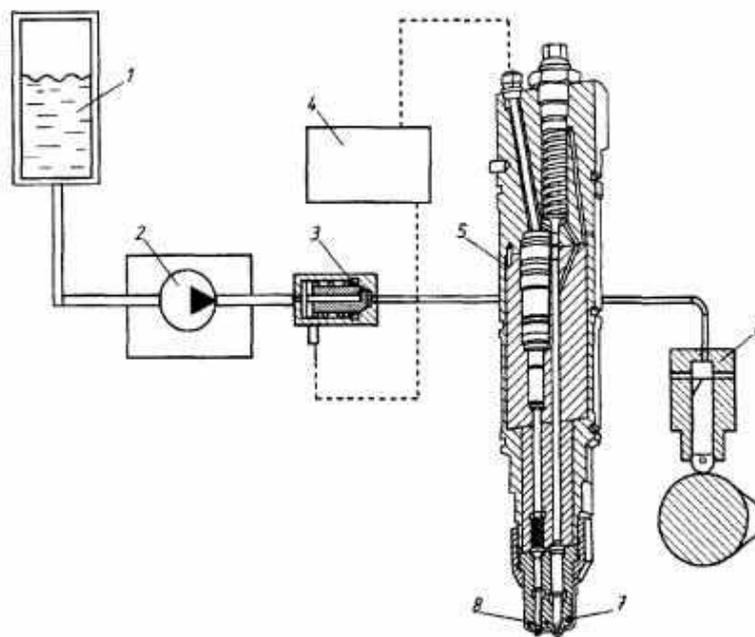


Рисунок 3.2 — Схема системи упорскування води в камеру згорання через форсунку з подвійним сопловим наконечником: 1 - Цистерна з водою; 2 - насос, що підкачує; 3 - поршневий роздільник; 4 - електронний блок управління; 5 - форсунка; 6 - ТНВД, що використовується як генератор імпульсів; 7 - наконечник для розпилювання рідкого палива; 8 - наконечник для розпилювання води

Пряме впорскування води забезпечувало оптимальну комбінацію хорошої економічності та зниження шкідливих викидів з вихлопними газами. Це досягнуто одноразової, щодо невисокої інвестиції, та незначного збільшення експлуатаційних витрат без зниження надійності і, фактично, без додаткових вимог щодо розміщення обладнання.

електронним управлінням подачі води. Схема розташування основних елементів цієї системи представлена на рис. 3.6.

Дана система сьогодні пропонується фірмою Wärtsilä як додаткова опція для нових двигунів та для модернізації двигунів, що вже перебувають в експлуатації, які оснащені паливними системами з однією центральною форсункою.

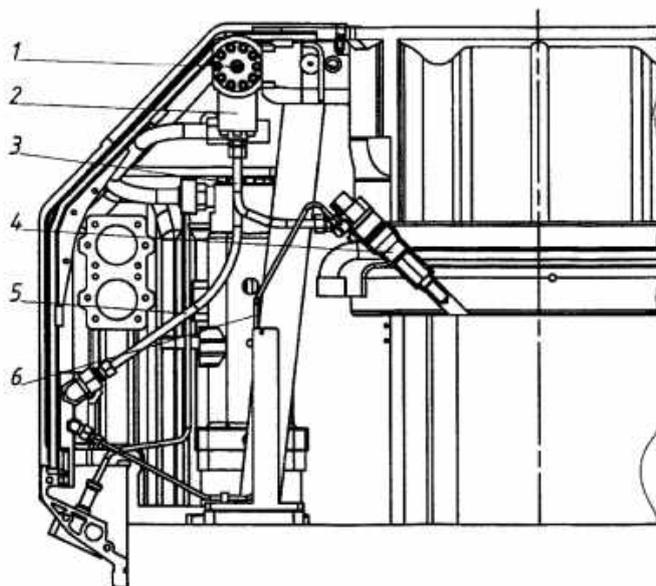


Рисунок 3.6 — Розташування на двигуні елементів системи упорскування води в камеру згоряння двигуна 46 серії фірми Wärtsilä: 1 - акумулятор водяний; 2 - вузол введення акумулятора; 3 - трубка високого тиску підведення води до форсунки; 4 - водяна форсунка; 5 - трубка високого тиску підведення води до акумулятора; 6 - масляна магістраль управління форсункою

Для упорскування води використовувалася форсунка, встановлена периферійно кришці робочого циліндра. Упорскування рідкого палива здійснювалося штатною паливною системою двигуна через форсунку, встановлену вздовж осі циліндра. У 1999 році фірма оснастила системами роздільного упорскування води сім суден типу ро-ро для компанії Transfennica. Судна дейдветом 7100...7250 т було побудовано німецької верфі J.J. Siestas обладнані 12- і 16-циліндровими двигунами 46 серії фірми Wärtsilä.

					КРМ.142.6221м.05.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		71

KPM.142.6221м.05.04.ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Здобувач		Ковальов В.А..			Визначення оптимальних параметрів роботи двигуна Wärtsilä 8L46/58	Літ.	Аркуш	Аркушів
Консультант							73	13
Керівник		Проскурін А.Ю.				НУК імені адмірала Макарова		

РОЗДІЛ 4

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ДВИГУНА WÄRTSILÄ 8L46/58

В даному розділі будуть проведені розрахунки робочого циклу двигуна WÄRTSILÄ 8L46/58 на важкому паливі та на суміші важкого палива і води.

4.1 Тепловий розрахунок головного двигуна при роботі на важкому паливі

4.1.1 Методика розрахунку робочого циклу двигуна

Розрахунковий цикл поршневого двигуна внутрішнього згорання значно відрізняється від ідеальних циклів. В розрахунковому циклі двигуна внутрішнього згорання змінюється кількість робочого тіла, його склад і фізичні властивості. Внаслідок кінцевої швидкості згорання та дисоціації продуктів згорання прихована в паливі хімічна енергія виділяється не миттєво. В процесі розширення проходять догорання палива та відновлення дисоційованих газів, з виділенням тепла. В розрахунковому циклі робоче тіло не можна приймати з постійними теплоємностями, так як температура та состав газів в циліндрі значно змінюються. В розрахунковому циклі також маються теплові та аеродинамічні втрати [7].

Крім розрахункового треба розглядати ще дійсний цикл, котрий здійснюється в працюючому двигуні і в наступний час не може бути точно описаним із за недосконалості розрахункових методик та складності процесів, що протікають в ньому. Чим більш досконала методика теплового розрахунку, тим більш ближче розрахунковий цикл до дійсного.

В даному дипломному проєкті використовується класична методика теплового розрахунку, розроблена В. І. Гріневецьким і далі вдосконаленого Є. К. Мазінгом.

					<i>KPM.142.6221m.05.04.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		74

Метод теплового розрахунку заснований на загально відомих положеннях термодинаміки та термохімії, достатньо повно охоплює сутність теплових явищ, що протікають в робочому циліндрі і представляє собою інженерне аналітичне дослідження.

На його основі можливо:

- кількісно оцінити ці явища як при проектуванні так і при дослідженні побудованого двигуна;
- дати уявлення про основні параметри циклу та фактори, що впливають на процеси робочого циклу;
- визначити розрахункові значення параметрів стану робочого тіла в характерних точках розрахункового циклу, а також ефективні показники, що характеризують роботу двигуна в цілому.

Метод забезпечує достатню задовільну для практики точність розрахунків, не дивлячись на те, що цикл, що проходить в двигуні описується найпростішими термодинамічними процесами і вводиться ряд дослідних коефіцієнтів, які оцінюють реальні умови протікання робочих процесів в двигуні [7].

4.1.2 Вибір й обґрунтування вихідних даних для теплового розрахунку

Температура навколишнього повітря T_0 . Приймаємо $T_0 = 293$ К (за найгірших умов експлуатації).

Тиск навколишнього повітря P_0 . В усіх випадках варто приймати $P_0 = 0,1013$ МПа.

Ступінь стиску ε . При призначенні ступеня стиску варто враховувати розміри циліндра, бистрохідність і спосіб сумішоутворення. Приймаємо по двигуну прототипу $\varepsilon = 15$.

Коефіцієнт надлишку повітря α . Цей коефіцієнт також залежить від розмірів циліндра і способу сумішоутворення. Цей параметр при підвищенні зменшує питому витрату пального, водночас зменшуючи середній ефективний тиск та потужність. Відповідно його слід підбирати з кількох спроб розрахунку

					<i>KPM.142.6221m.05.04.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		75

з урахуванням одночасного досягнення заданої потужності і найкращої можливої економічності. Вибір остаточного значення α робиться з вибором оптимального значення P_k . З урахуванням переліченого встановлюємо $\alpha = 2,38$.

Коефіцієнт залишкових газів γ_r . Вплив на значення цього коефіцієнту завдають тип двигуна, особливості повітропостачання і газообміну. Приймаємо $\gamma_r = 0,02$.

Коефіцієнт використання теплоти в точці z (ξ_z), та в точці b (ξ_b). Ця величина змінюється в широких межах і залежить від ступеня досконалості двигуна. Найкраще ці величини призначати після аналізу теплового балансу двигунів, близьких до проєктованого. Для СОД ці коефіцієнти лежать у межах: $\xi_z = 0,85 - 0,95$; $\xi_b = 0,90 - 0,98$.

Приймаємо $\xi_z = 0,95$; $\xi_b = 0,98$.

Ступінь підвищення тиску при згорянні λ . Ступінь підвищення тиску λ залежить від бистрохідності двигуна, ступеня наддуву, організації процесів сумішоутворення та ряду інших факторів. Приймаємо $\lambda = 1,2$.

Підігрів заряду від стінок циліндру ΔT_a . Приймаємо $\Delta T_a = 10$ К.

Коефіцієнт округлення індикаторної діаграми ζ . Величину цього коефіцієнту вибирають на підставі дослідних даних, звертають увагу на тип двигуна та особливості системи газообміну. Приймаємо $\zeta = 0,99$.

Зменшення тиску у повітроохолоджувачі $\Delta P_{охл}$. Повітроохолоджувач являє собою опір на шляху повітря, тому у ньому відбувається зменшення тиску повітря. У числовому виразі $\Delta P_{охл} = 0,004$ МПа.

Хімічний склад палива. Розрахунок проводиться на паливо середнього складу [6]: $C = 0,87$ кг - кількість вуглецю;

$H = 0,126$ кг - кількість водню;

$S = 0$ кг - кількість сірки

$O = 0,004$ кг - кількість кисню.

Нижча теплота згорання палива Q_n . Приймаємо $Q_n = 42700$ (кДж/кг).

					КРМ.142.6221м.05.04.ПЗ	Аркуш
						76
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Хімічний склад палива. Розрахунок проводиться на важке паливо середнього складу [6]: С = 0,87 кг – кількість вуглецю; Н = 0,126 кг – кількість водню; S = 0 кг – кількість сірки; О = 0,004 кг – кількість кисню.

Коефіцієнт тактності Z – являє собою кількість робочих ходів поршня, що припадають на один оберт колінчастого вала, тоді для 4-тактних двигунів $Z = 0,5$.

Нижча теплота згоряння палива Q_n . Приймаємо $Q_n = 42700$ (кДж/кг).

4.1.3 Результати теплового розрахунку двигуна на важкому паливі

Робочий процес двигуна складався з послідовного розрахунку п'ятьох процесів, що відтворюються у циклі: наповнення, стиску, згоряння палива, розширення та випуску.

Точність розрахунку вважалася задовільною, якщо різниця між заданою отриманої в результаті розрахунку потужності не перевищувала 0,5%. Для двигунів, що мають вільний газотурбінний наддув, при розрахунку циклу двигуна необхідно забезпечити баланс потужності турбіни і компресора турбокомпресора.

Забезпечення необхідного балансу отримувалось шляхом підбору таких значень коефіцієнта надлишку повітря α і тиск повітря за компресором турбокомпресора P_k , при якому потужність газової турбіни була рівній потужності компресора, насадженого на загальний з турбіною вал турбокомпресора. При цьому різниця між підбраним і дійсним значенням P_k (отриманим в результаті розрахунку циклу) не перевищувала 0,5%. В якості прикладу, представимо повний розрахунок номінального режиму роботи двигуна.

Розрахунок процесу наповнення

Температура повітря за компресором, К

$$T_k = T_0 \times \left[1 + \frac{\left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{0,286} - 1}{\eta_{k.ad}} \right] = 473,722$$

					<i>KPM.142.6221m.05.04.II3</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		77

Температура повітря перед двигуном, К

$$T_s = T_k - \eta_o \times (T_k - T_0) = 320,108$$

Температура заряду наприкінці процесу наповнення, К

$$T_a = \frac{T_s + \Delta T_a + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r} = 337,361$$

Тиск повітря перед двигуном, МПа

$$P_s = P_k - \Delta P_{ox} = 0,396$$

Тиск заряду наприкінці процесу наповнення, МПа

$$P_a = 0,98 \times P_s = 0,386$$

Коефіцієнт наповнення

$$\eta_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_a}{P_s} \times \frac{T_s}{T_a} \times \frac{1}{1 + \gamma_r} \times (1 - \varphi_n) = 0,972$$

Розрахунок процесу стиску

У реальному двигуні теплоємність заряду в циліндрі змінюється залежно від температури, тому що, відбувається теплообмін зі стінками циліндра. Так само на характер протікання процесу впливають витік газів через нещільності клапанів і поршневих кілець, дозарядка циліндра до закриття впускного клапана, випару палива, згоряння палива наприкінці стиску. У зв'язку із цим точний термодинамічний опис процесу стиску в реальному двигуні утруднено.

На практиці вважають, що процес стиску відбувається по політропі з показником n_1 величина якого забезпечує одержання такої ж роботи в процесі стиску, як і при змінному показнику у дійсному процесі [7].

					<i>KPM.142.6221m.05.04.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		78

При виборі величини n_I , необхідно враховувати наступне: зі збільшенням частоти обертання колінчатого вала n_I збільшується; при підвищенні середньої температури процесу стиску n_I зменшується; зі зменшенням інтенсивності охолодження двигуна n_I збільшується; зі зменшенням відносини поверхні охолодження до об'єму циліндра n_I збільшується; для дизелів з нерозділеними камерами згоряння $n_I = 1,32 \dots 1,42$, приймаємо в розрахунок:

$$n_I = 1,363$$

Тиск в кінці процесу стиску, МПа

$$P_c = P_a \times \varepsilon^{n_I} = 15,489$$

Температура в кінці процесу стиску, К

$$T_c = T_a \times \varepsilon^{n_I-1} = 902,256$$

Розрахунок процесу згоряння

Дійсна кількість повітря для згоряння, кмоль/кг

$$L = \frac{\alpha}{0,21} \times \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) = 1,177$$

Хімічний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta_0 = 1 + \frac{8 \times H + O}{32 \times L} = 1,0269$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} = 1,0263$$

Доля палива, що згоріла в точці z

$$x_z = \frac{\xi_z}{\xi_b} = 0,969$$

Коефіцієнт молекулярної зміни в точці z

$$\beta_z = 1 + \left(\frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_r} \right) \times x_z = 1,026$$

					<i>KPM.142.6221m.05.04.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		79

Максимальна температура згоряння, К

$$\frac{\xi_z \times Q_H}{\alpha \times L_0} + [c_v' + 8,314 \times \lambda + \gamma_r \times (c_v'' + 8,314 \times \lambda)] \times T_c = \beta_z \times (1 + \gamma_r) \times c_{pz}'' \times T_z$$

$$T_z = \frac{C}{A \times T_z + B}$$

$$A = \beta_z \times (1 + \gamma_r) \times b_z$$

$$B = \beta_z \times (1 + \gamma_r) \times (a_{vz} + 8,314)$$

$$C = \frac{\xi_z \times Q_H}{\alpha \times L_0} + [(19,26 + 0,0025 \times T_c) + 8,314 \times \lambda + \gamma_r \times ((20,47 + 0,0036 \times T_c) + 8,314 \times \lambda)] \times T_c$$

Це рівняння розв'язується методом послідовних наближень, для чого у першому наближенні приймаємо $T_z = 1900$ К. Після вирішення декількох рівнянь отримуємо:

$$T_z = 1813$$

Максимальний тиск згоряння, МПа

$$P_z = \lambda \times P_c = 18,587$$

Розрахунок процесу розширення

Ступінь попереднього розширення

$$\rho = \frac{\beta_z}{\lambda} \times \frac{T_z}{T_c} = 1,717$$

Ступінь подальшого розширення

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} = 8,735$$

Розрахунок параметрів процесу розширення ведеться з умовно постійним показником політропи розширення n_2 . Для дизелів $n_2 = 1,18 \dots 1,3$. Варто пам'ятати, що показник політропи залежить від режиму роботи двигуна, розмірів

					КРМ.142.6221м.05.04.ПЗ	Аркуш
						80
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

циліндра, способу охолодження й ряду інших факторів. У всіх випадках, коли збільшується тривалість догорання палива, знижуються відносний теплообмін і витоки газів, n_2 зменшується. Виходячи з вищесказаного прийmemo:

$$n_2 = 1,284$$

Температура в кінці процесу розширення, К

$$T_b = T_z \times \frac{1}{\delta^{n_2-1}} = 980$$

Тиск в кінці процесу розширення, МПа

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = 1,15$$

Визначення індикаторних показників

Теоретичний середній індикаторний тиск, МПа

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \times \left[\lambda \times (\rho - 1) + \frac{\lambda \times \rho}{n_2 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) \frac{1}{n_1 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right] = 2,735$$

Дійсний середній індикаторний тиск, МПа

$$P_i = P'_i \times \zeta \times (1 - \varphi_n) = 2,708$$

Індикаторна питома витрата пального, кг/(кВт*год)

$$g_i = 433 \times \frac{P_s \times \eta_u}{\alpha \times L_0 \times T_s \times P_i} = 0,163$$

Індикаторний ККД

$$\eta_i = \frac{3600}{g_i \times Q_n} = 0,517$$

Визначення ефективних показників

Середній ефективний тиск, МПа

$$P_e = P_i \times \eta_m = 2,491$$

Ефективний ККД двигуна

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_m = 0,475$$

					<i>KPM.142.6221m.05.04.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		81

Питома ефективна витрата пального, кг/(кВт*год)

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = 0,177$$

Ефективна потужність двигуна,

$$N_e = 13,1 \times D_c^2 \times S_c \times z \times P_e \times n \times i = 9612,3$$

Порівняння заданої та отриманої потужності двигуна

$$\Delta N = \frac{N_e - N'_e}{N_e} \times 100\% = 0,127\%$$

Точність розрахунку задовільна, різниця між заданою і отриманою в результаті розрахунку потужності не перевищує 0,5%.

Визначення дійсного P_k компресора на даному режимі роботи двигуна

Витрата повітря через компресор, кг/с

Універсальна газова стала $R = 287$, Дж/кг*К

$$G = \left(\frac{\pi \times D_c^2}{4} \right) \times S_c \times \left(\frac{P_s \times 10^6}{R \times T_s} \right) \times \eta_n \times i \times z \times \left(\frac{n}{60} \right) \times \varphi_a = 16,15$$

Витрата газів через турбіну, кг/с

$$G_t = G + g_e \times \frac{N_e}{3600} = 16,624$$

Тиск газу перед турбіною, МПа

$$P_r = \psi_t \times P_k = 0,367$$

Температура газу перед турбіною, К

$$T_t = T_b \times \left(\frac{P_r}{P_b} \right)^{\frac{n_2-1}{n_2}} = 760,806$$

Загальна кількість продуктів згоряння, кмоль

$$M_s = \left(\frac{C}{12} \right) + \left(\frac{H}{2} \right) + [0,21 \times (\alpha - 1) \times L_0] + (0,79 \times \alpha \times L_0) = 1,21$$

Універсальна газова стала для відпрацьованих газів, кДж/кг*К

$$R_t = \frac{1}{\frac{C}{12 \times M_s \times 189} + \frac{H}{2 \times M_s \times 461,6} + \frac{0,21 \times (\alpha - 1) \times L_0}{M_s \times 259,8} + \frac{0,79 \times \alpha \times L_0}{M_s \times 296,8}} = 287,463$$

					<i>KPM.142.6221m.05.04.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		82

Показник адиабати розширення газу в турбіні

$$k_t = \frac{(a_{vb} + b_b \times T_t) + 8,314}{a_{vb} + b_b \times T_t} = 1,377$$

Дійсна ступінь підвищення тиску в компресорі

$$P_k = \left[1 + \frac{\left(\frac{k_t}{k_t - 1} \right) \times R_t \times T_t \times \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{P_r}{P_0} \right)^{\frac{k_t - 1}{k_t}}} \right] \times \eta_{t.m} \times \eta_{t.ad} \times G_t}{G \times R \times T_0 \times \left(\frac{k_g}{k_g - 1} \right) \times \frac{1}{\eta_{k.ad}}} \right]^{\frac{1}{0,286}} = 3,951$$

Дійсний тиск надуву, МПа

$$P_{kd} = P_k \times P_0 = 0,4003$$

Порівняння заданого та отриманого тиску надуву

$$\Delta P_k = \frac{P_{kd} - P_k}{P_{kd}} \times 100\% = 0,066\%$$

Точність розрахунку задовільна, різниця між заданим і отриманим в результаті розрахунку тиском надуву не перевищує 0,5%.

4.2 Тепловий розрахунок головного двигуна на суміші води та важкого палива

Для розрахунку робочого процесу двигуна на суміші води та важкого палива приймаємо за основу ті ж допущення і вихідні дані що і для попередніх

					<i>KPM.142.6221m.05.04.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		83

розрахунків в розділі 4.1.2. Розрахунок проводиться для двигуна, який працює за дизельним циклом.

Розрахунок нижчої теплоти згоряння та масового елементарного складу наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Властивості суміші палив

Параметр		Одиниці виміру	Масовий елементарний склад палива, %		Суміш (ВП – 85%, H ₂ O – 15%)
			Важке паливо	Вода	
Компоненти	С	%	0,87	0	0,73
	Н	%	0,126	0,111111	0,124
	О	%	0,004	0,888889	0,136
Питома нижча теплота згоряння		кДж/кг	42700	0	36295

Результати розрахунків наводяться в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати теплового розрахунку двигуна на суміші води та важкого палива

Параметр	Значення
Температура повітря за компресором, T_k (К)	473,7
Температура повітря перед двигуном, T_s (К)	320,1
Температура заряду к кінцю наповнення, T_a (К)	337,3
Тиск повітря перед двигуном, P_s (МПа)	0,396
Тиск заряду к кінцю наповнення, P_a (МПа)	0,386
Коефіцієнт наповнення, η_n	0,972
Середній показник політропи стиску, n_1	1,363
Тиск в кінці процесу стиску, P_c (МПа)	15,5
Температура в кінці процесу стиску, T_c (К)	902,1

Ступінь підвищення тиску при згорянні, λ_a	1,2
Максимальна температура згоряння, T_z (К)	1783
Максимальний тиск згоряння, P_z (МПа)	18,6
Ступінь попереднього розширення, ρ_o	1,711
Ступінь наступного розширення, δ	8,765
Середній показник політропи розширення, n_2	1,28
Температура в кінці процесу розширення, T_b (К)	971,0
Тиск в кінці процесу розширення, P_b (МПа)	1,155
Теоретичний середній індикаторний тиск, P_{ti} (МПа)	2,734
Дійсний середній індикаторний тиск, P_i (МПа)	2,707
Індикаторна питома витрата емульсії, g_i (кг/кВт×год)	0,192
Індикаторний ККД, η_i	0,516
Середній ефективний тиск, P_e (МПа)	2,49
Ефективна витрата важкого палива, g_e (кг/кВт×год)	0,177
Ефективна витрата води, g_e (кг/кВт×год)	0,032
Ефективний ККД, η_e	0,474
Ефективна потужність, N_e (кВт)	9607,8

Таким чином, згідно з розрахунків при використанні на суміші води та важкого палива у двигуні при номінальному навантаженні питома ефективна витрата важкого палива не змінилась. Знизилась максимальна температура циклу на 30 °С (з 1813 до 1783 К), що в свою чергу зменшить викиди NO_x на 15 %.

					<i>KPM.142.6221m.05.04.II3</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		85

КРМ.142.6221м.05.05.ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Здобувач		Ковальов В.А..			АНАЛІЗ І РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДО- ВИЦА	Літ.	Аркуш	Аркушів
Консультант							86	16
Керівник		Проскурін А.Ю.				НУК імені адмірала Макарова		

РОЗДІЛ 5

АНАЛІЗ І РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Вступ

Судно, в зв'язку з наявністю на ньому різного устаткування і механізмів, являє собою об'єкт підвищеної небезпеки зі значною кількістю небезпечних та шкідливих факторів, що впливають на умови праці. Тому при конструюванні сучасних морських суден, охороні праці приділяється багато уваги оскільки праця на судні має високий ступінь небезпеки і ризику, адже йдеться про найдорожчу суспільну цінність – здоров'я і життя людей.

Нормативно-правова та законодавча база охорони праці на суднах

Міжнародна морська організація ІМО (International maritime organization, ІМО) - спеціалізована установа Організації Об'єднаних Націй. Основним напрямком діяльності є забезпечення механізму міжурядового співробітництва у вирішенні питань торговельного мореплавання: забезпечення безпеки на морі, запобігання забруднення з суден та боротьба з ним; спрощення формальностей; надання технічної допомоги.

Міжнародна конвенція по охороні людського життя на морі 1974 р., СОЛАС-74 (International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS-74) містить консолідований текст Конвенції СОЛАС-74. Основне завдання Конвенцій СОЛАС - визначення мінімальних стандартів з конструкції, устаткування та безпеки плавання суден [9].

Україна - учасник Конвенції. Міжнародна конвенція по охороні людського життя на морі 1974 р. є найважливішим із всіх міжнародних договорів, що відносяться до безпеки торгових суден. Перший варіант був створений в 1914 р., другий і подальші у 1929, 1948, 1960 роках, відповідно. Основне завдання

					КРМ.142.6221м.05.05.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		87

Конвенції СОЛАС - визначення мінімальних стандартів по конструкції, устаткуванню й безпеці плавання судів. Згідно Конвенції, кожне судно підлягає огляду з боку посадових осіб уряду або визнаною ним Організацією. Огляду, зокрема, підлягають корпус і механізми судна, рятувальні засоби і постачання суден, їх радіоустановки і станції радіолокацій. Судно та його устаткування повинні підтримуватися в стані, що відповідає вимогам Конвенції і що гарантує придатність для виходу в море без небезпеки для судна або людей, що знаходяться на борту.

Згідно СОЛАС (Правило 21), кожен уряд зобов'язується проводити розслідування будь-якої аварії, що відбулася з будь-яким з його суден. Інформацію про результати такого розслідування повинні передавати в ІМО. Держави-учасники зобов'язалися застосовувати вимоги конвенції й Протоколу до суден держав, що не є їх учасниками, з метою того, щоб такі судна не опинилися в сприятливішому положенні, ніж їх власні.

До нормативно-технічної бази з охорони праці при роботі у МКВ судна відносяться наступні, спеціально розроблені, документи:

1. Правила технічної експлуатації судового електрообладнання;
2. Правила техніки безпеки на суднах морського та річкового флоту України.
3. Правила технічної експлуатації морських і річкових суден (Суднові конструкції та суднові технічні засоби. Газові турбоагрегати. Котли парові та водогрійні. Електрообладнання. Допоміжні суднові технічні засоби).

ПДМНВ-78/95 (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, STCW-78/95) - Міжнародна конвенція про підготовку та дипломування моряків та несення вахти.

Функції, що відносяться до аварійних ситуацій, охорони праці, медичному підходу, виживанню знаходяться в наступних розділах ПДМНВ.

Розділ А-VI/1. Для всіх моряків, до виконання своїх обов'язків на судні, відповідно до розділу А-VI/1 Кодексу ПДМНВ-95 обов'язкова ознайомлювальна підготовка:

					<i>КРМ.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		88

- уміння спілкуватися (знання мови, маркування на суднах);
- знання, що робити при падінні людини за борт;
- знання, що робити при виявленні пожежі або диму;
- знання, що робити при сигналі про пожежу або залишенні судна;
- знання місць збору й посадки, шляхів евакуації;
- уміння використовувати рятувальні жилети й знання місць їхнього зберігання;
- уміння оголосити тривогу й використовувати вогнегасники;
- уміння надати невідкладну медичну допомогу при нещасному випадку;
- уміння відкривати й закривати протипожежні й водонепроникні двері й закриття;

та початкова підготовка:

- способи особистого виживання;
- протипожежна безпека й боротьба з пожежею;
- надання першої медичної допомоги;
- особиста безпека й суспільні обов'язки.

Кожна підготовка повинна підтверджуватися кожні п'ять років.

МКУБ – Міжнародний Кодекс по управлінню безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню (International Safety Management Code, ISM Code). метою даного Кодексу полягає в забезпеченні міжнародного стандарту по управлінню безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню. Включений в СОЛАС-74 в 1994 р. МКУБ є застережливим документом, направленим на те, щоб відхилення від стандартів, які можуть так чи інакше вплинути на безпеку на морі, були заздалегідь виявлені й зроблені дії, які попередять їх розвиток. Відповідно до Кодексу, кожна компанія має розробляти, запроваджувати й підтримувати системи управління безпекою (СУБ). У МКУБ наводять рекомендації компаніям забезпечити належну кваліфікацію капітана, комплектування судна кваліфікованими, такими, що мають відповідні сертифікати

					<i>КРМ.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		89

й придатними в медичному відношенні моряками відповідно до національних і міжнародних вимог.

У СУБ, вживаною на суднах, повинно бути вказано, що капітан має надзвичайні повноваження, відповідальність і свободу дій відносно рішень, які він вважає якнайкращими на користь забезпечення безпеки пасажирів, екіпажа, судна, вантажу і попередження забруднення навколишнього середовища. Відсутність Сертифікату по МКУБ автоматично переводить компанію в розряд аутсайдерів. Вона випадає з міжнародного судноплавства, не підтвердивши якість своїх послуг і відповідність стандартам безпеки.

Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які мають місце під час експлуатації, ремонту та технічного обслуговування паливної системи головних двигунів WÄRTSILÄ 8L46/58

Судно у цілому в зв'язку з наявністю на ньому різного устаткування і механізмів являє собою об'єкт підвищеної небезпеки зі значною кількістю небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на умови праці на судні.

Особливо небезпечним ділянкою праці є машинно-котельне відділення, де можливі наступні небезпечні та шкідливі фактори:

Небезпечні:

- машини, що рухаються, механізми, частини обладнання;
- небезпека ураження електричним струмом;
- термічні опіки;
- небезпека вибуху;
- небезпека виникнення пожежі

Шкідливі:

- підвищений рівень шуму;
- підвищена запиленість і загазованість;
- недостатня освітленість
- порушення метеумов в машинно котельному відділенні;
- підвищений рівень вібрації.

					<i>KPM.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		90

Небезпечні фактори в машинному відділенні

Машини, що рухаються, механізми, частини обладнання. Небезпека цього фактора полягає у травматизмі вахтового персоналу у зв'язку зі здійсненням різних рухів машинами, обладнанням, що знаходиться в приміщенні судна. У проекті судна передбачаються наступні міри безпеки: установка огорожень, установка запобіжних захисних засобів, призначених для автоматичного відключення агрегатів і машин, блокувальні пристрої, що виключають можливість проникнення людини в небезпечну зону, пристрої що сигналізують, що дають інформацію про роботу обладнання, а також про небезпечні і шкідливі фактори, що при цьому виникають, системи дистанційного керування, яким притаманне здійснення контролю і регулювання роботи обладнання здійснюється з ділянок, віддалених від небезпечної зони. В відповідності з ГОСТ 24166-80 ці параметри витримуються.

Електричний струм. На сучасних судах весь судновий екіпаж, а не лише фахівці-електромеханіки, пов'язаний з обслуговуванням електроустаткування і різних електричних приладів. Для підвищення безпеки праці на морських судах важливо, щоб кожен член екіпажа, незалежно від його спеціальності, добре орієнтувався в питаннях електробезпеки. За допомогою аналізу травматизму на флоті можна визначити наступні основні причини нещасних випадків від дії електричного струму: дотик або наближення на небезпечну відстань до неізольованих токоведучих частин електроустаткування; поява напруги на нетоковедучих металевих частинах електроустаткування (на корпусах електромашин, верстатів і ін.) в результаті пробую ізоляції, пошкодження заземлюючих і відключаючих пристроїв; помилкове включення мережі, з токоведучими частками якою працювали люди; виникнення крокової напруги на поверхні землі в зоні розтікання струму; зниження опору ізоляції токоведучих частин, своєчасно не виявлене унаслідок незадовільного контролю технічного стану; низька трудова дисципліна і порушення правил техніки безпеки.

Забезпечення недоступності частин, що знаходяться під напругою для випадкового дотику, усунення небезпеки поразки при появі напруги на корпусі

					<i>КРМ.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		91

сах, кожухах; захисне заземлення, занулення, захисне відключення; використання низької напруги; вживання подвійної ізоляції ГОСТ 12.1.030 – 81. ССБТ.

Небезпека вибуху. Під час роботи ДВЗ, рульової машини, гідронасосів та при проведенні ремонтних робіт можливе виділення значної кількості масляного туману, який при значній концентрації може спричинити небезпеку вибуху. Вибух представляє велику небезпеку для членів екіпажу, тому кожен з них повинен знати властивість речовин та механізм виникнення і розвиток процесу горіння та вибуху. У якості джерела ініціювання можуть бути нагріті тіла, електричні розряди, теплові прояви хімічних реакцій та механічної дії, іскри від удару і тертя, ударні хвилі. Компресорні установки належать до виробничого обладнання, яке при порушенні норм монтажу і експлуатації може створювати велику небезпеку. Вибух компресорної установки супроводжується, як правило, значними руйнуваннями і людськими жертвами. Тому екіпаж судна має чітко і своєчасно виконувати свої обов'язки, та притримуватись техніки безпеки. Нормативні вимоги до вибуху регулюються ГОСТ 12.1.044 .

Небезпека виникнення пожежі. Утворення пожеж на суднах має свою специфіку внаслідок архітектурно-конструктивних і технологічних особливостей будівництва, та істотно відрізняється від пожеж у будівлях і спорудах. При пожежі на суднах частіше спостерігаються явища, що характеризують високу швидкість поширення небезпечних факторів пожежі та зумовлюють винятковість і складність евакуації людей. Під час пожежі на суднах спостерігається швидша теплопередача від осередку пожежі в суміжні приміщення, ніж у будівлях, унаслідок високої теплопровідності металевих конструкцій або руйнування в процесі нагрівання конструкцій із легких сплавів (пластмас). Переважно пожежа виникає в одному з приміщень (каюті, салоні, коморі) і деякий час розвивається непомітно.

Найчастіше пожежа на суднах виникає у житлових і службових приміщеннях, а також у машинних відділеннях через необережне користування вогнем, несправність обладнання, порушення правил технічної експлуатації енергетичних установок та протипожежних вимог. Важливим кроком у напрямку

					<i>KPM.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		92

забезпечення пожежної безпеки суден був розроблений фахівцями УкрНДІПБ МНС України нормативний акт НАПБ Б 01.010-2007 Правила пожежної безпеки для суден, затверджений наказом МНС України від 29.03.2007 за № 191 та зареєстрований в Міністерстві юстиції України 16.04.2007 за № 373/13640. Міжнародний кодекс з систем пожежної безпеки (ІМО, MSC 98 (73)); Особлива потреба в таких Правилах визначена в процесі досліджень, вивчення та аналіз чинних нормативних документів суднобудівної галузі, що регламентують ви-моги пожежної безпеки [10].

Шкідливі фактори в машинному відділенні

Підвищений рівень вібрації та шуму. Систематичний вплив вібрацій машино котельному відділенні (ГД, ДГ, валопроводу і т.д.) може бути причиною вібраційної хвороби. Відповідно до ДСТ 121012-78 норми по обмеженню загальних вібрацій (підлоги, сидінь і т.п.) встановлюють величину логарифмічного рівня коливальної швидкості в основних діапазонах середньо геометричними значеннями: 2, 4, 8, 16, 32 Гц, а норма по обмеженню локальної вібрації в октавних смугах частот із середньо геометричними значеннями: 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц (гігієнічні норми встановлені для тривалості робочої зміни 8 годин.). Власні частоти більшості внутрішніх органів людини 6...9 Гц, голови 25...30 Гц.

Джерелом шуму на судні є головний двигун, дизель-генератори, допоміжні механізми, вентилятори та т.п. Для зниження шуму застосовують кожухи, глушники, звукоізоляцію, пружні ущільнювачі. Обслуговуючий персонал МВ забезпечується засобами індивідуального захисту. Для зниження вібрації машини встановлюють на амортизатори, застосовують звуковбирні матеріали. Обслуговуючий персонал забезпечується ковдрами, антивібраційними рукавицями. Джерелами теплових випромінювань є нагріті поверхні машин, механізмів, устаткування, трубопроводів, радіостанції. Інтенсивність теплового випромінювання, що допускається, 350...500 Вт/м . Навколо працюючих механізмів у МВ виникають шкідливі теплові, електромагнітні й інші випромінювання.

					<i>KPM.142.6221m.05.05.II3</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		93

Джерелами шкідливих випромінювань є: нагріті поверхні машин і трубопроводів, радіостанція, радіолокаційні станції. Для захисту персоналу застосовують герметизацію та теплоізоляцію механізмів, машин, паропроводів та газопроводів.

Рівні шуму в МВ сучасних судів знаходяться в межах 105 - 117 дБ. Існують тимчасові і перехідні норми, згідно яких для захисту від дії шуму варто обмежувати час перебування в зонах дії шуму і застосовувати індивідуальні засоби захисту. Вушні вкладиші послабляють рівень шуму на 20 дБ, навушники - на 30 дБ, спільне застосування - на 35 дБ.

Кодексом передбачається обов'язкове застосування попереджувальних написів у входів до приміщення, для яких рівень шуму перевищує 85 дБ. На території з підвищеним рівнем шуму персонал має носити захисні навушники, які мають ізолювати вухо від негативного та небезпечного впливу шуму та вібрації. Для зниження шуму застосовують кожухи, глушники, звукоізоляцію, пружні ущільнювачі. Припустимий рівень широко-смугового шуму на робочих місцях регламентується ГОСТ 12.1.003-83.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань . Для захисту від впливу електромагнітних полів, створених антенами, генераторами, розподільними щитами, застосовують різні екрани, що відбивають чи поглинають електромагнітні випромінювання, використання засобів індивідуального захисту - комбінезони і халати з металізованої тканини. Рівні припустимого електромагнітного опромінення визначені ДСТ 121006-76 «Електромагнітні поля радіо частот». Загальні вимоги безпеки . Як уже було зазначено, судно належить до нового покоління, на усіх небезпечних зонах були передбачені відповідні етапи захисту від електромагнітних випромінювань.

Підвищена запиленість і загазованість. З основних забруднень, що можуть бути присутні у МВ - вуглеводні, сірчаний і сірчистий ангідрид, монооксид вуглецю і оксид азоту (IV) з концентрацією, що перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК) , спричиняють виражений вплив на організм людини. Деякі з них, такі як оксиди азоту впливають на центральну нервову та кровоносну систему, вступаючи в реакцію з гемоглобіном, викликають запомо-

					<i>КРМ.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		94

рочення, слабкість, нудоту. Діоксид азоту має подразнюючу дію, уражаючи органи дихання. Вуглекислий газ в концентрації більше 1 % викликає задишку, при концентрації 25 % – явище наркозу, що супроводжується пригніченням дихального центру та центральної нервової системи.

Захист від підвищеної запиленості і загазованості – вентиляція, а також газо та пиловловлюючі засоби індивідуального захисту й устаткування. Наявність шкідливих речовин в робочій зоні регламентується ДСТУ 12.1.005 –88. Нормативний документ, який регламентує параметри загазованості в приміщеннях є ДСТУ 2456 –94 .

Температура повітря, вологість, швидкість повітря. Серед шкідливих факторів, яким протидіє вентиляція можна виділити: температура, вологість та швидкість повітря і підвищена запиленість та загазованість робочої зони виробничих приміщень, які повинні оцінюватися відповідно до вимог санітарних правил і норм СанПіН 2.2.4.548-96 «Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень»

Нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату для робочої зони виробничих приміщень, є ГОСТ 12.1.005-88 та ДСН 3.3.6.042-99. В основу принципів нормування цих параметрів покладено диференційну оцінку оптимальних та допустимих метеорологічних умов у залежності від категорії робіт, періоду року та виду робочих місць.

Підвищена температура повітря в робочому приміщенні викликає швидку стомлюваність організму, перегрів. Це веде до зниження працездатності і може стати причиною травматизму. Низька температура може викликати місцеве чи загальне охолодження організму. Для підтримки нормальної температури передбачається вентиляція з підігрівником і охолоджувачем повітря. Для підтримки гарного самопочуття людей немаловажне значення має температура поверхонь огорожуючих приміщень. Вона повинна бути не нижче температури повітря в приміщенні більш ніж 6°C і не менше крапки роси. Нормування параметрів мікроклімату полягає у встановленні їх оптимальних або допустимих величин стосовно конкретних виробничих умов. Воно проводиться з ура-

					<i>КРМ.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		95

хуванням таких характеристик: ступеня важкості виконуваної роботи; пори року; кількості надлишкового тепла, що надходить у робочу зону від устаткування.

Освітленість. У МВ судна застосовується штучне освітлення. Нерівномірність освітлення робочих місць підвищує стомлюваність органів зору від частотої переадаптації зору - при перекладі погляду з більш освітленої поверхні на менш освітлену. Наявність тіней на робочих поверхнях, а також близькості, відбитої від робочих поверхонь устаткування створюють несприятливі умови для роботи органів зору. Найкращий розподіл світла на робочих місцях створює загальне освітлення. При аварійному висвітленні освітленість робочих поверхонь повинна бути не менш 25% установлених для робочого освітлення норм, а на сходинах трапа і проходах - не менш 5 лк. Норми освітленості регламентуються діючими нормами штучного освітлення на судах морського флоту ДСТ 2506-81. У МВ загальне освітлення на палубі згідно цих норм повинне бути не менш 20 лк, на шкалах приладів - 75 лк, на сходинах трапа - 20 лк.

Заходи безпеки під час технічного обслуговування та ремонту головних двигунів WÄRTSILÄ 8L46/58

Устаткування й пристрої, а також їх розташування на нових судах, що вводяться в експлуатацію, повинні відповідати діючим Вимогам техніки безпеки до загального розташування, пристроїв і устаткування морських суден.

При виконанні судових робіт члени екіпажу зобов'язані користуватися спецодягом, спецвзуттям і запобіжними пристосуваннями (касками, окулярами, рукавицями, протигазами тощо).

У несправному або забрудненому спецодязі й спецвзутті члени екіпажу до роботи не допускаються.

Адміністрація судна повинна стежити за регулярною заміною та забезпеченням регулярного прання та ремонту спецодягу й спецвзуття.

Адміністрація судна повинна стежити за тим, щоб:

					<i>КРМ.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		96

а) усі частини устаткування, що рухаються, (працюючого постійно або епізодично), а також відкриті отвори в устаткуванні, через які в процесі експлуатації можуть виділятися полум'я, гарячі гази, пил, промениста теплота та ін., були надійно огорожені;

б) усі прорізи палуби й розташовані на висоті відкриті поверхні (майданчики на рострах і щоглах, містки та ін.), а також постійні робочі місця висотою від 500 мм і вище (майданчики керування, спостереження та ін.), на яких доводиться виконувати тривалу або періодичну роботу, мали надійні леєрні огороження згідно з Вимогами техніки безпеки до загального розташування, пристроїв і устаткуванню морських суден.

Необхідно стежити за тим, щоб усі органи управління, горловини цистерн і запірні пристрої паливної, масляної, водяної і інших суднових систем мали чіткі написи або знаки, що визначають їх призначення. Усі вентиля, клапани й клинкети повинні мати покажчики напрямку «Відкрито» і «Закрито». Забороняється користуватися органами управління, що не мають фіксуючих пристроїв, які виключають їх мимовільне зсування та переміщення.

Провертання гребних гвинтів можна виконувати тільки з дозволу вахтового помічника капітана, який, перш ніж дати дозвіл, повинен переконатися в тому, що в районі гребних гвинтів чисто.

До початку провертання гребних гвинтів з обох бортів судна повинні бути вивішені попереджувачі знаки з написами на англійській мові «Бережися гребного гвинта, що обертається» [11].

Перед пуском механізмів або пристроїв необхідно:

- відповідно до інструкції з обслуговування переконатися в справності устаткування й арматури, аварійно-попереджувальної сигналізації й засобів захисту, а також у відсутності на і біля механізмах сторонніх предметів;
- попередити людей, що знаходяться поблизу механізмів і устаткування, про майбутній пуск.

На працюючих машинах і механізмах забороняється:

- кріпити гайки й вибирати слабіну в системах руху;

					<i>KPM.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		97

- заміряти зазори;
- чистити й обтирати частини, що рухаються, а також виконувати змащення тертьових частин вручну,
 - без спеціальних пристосувань, призначених для забезпечення безпеки при змащенні (шприців, мазничок та ін.);
 - виконувати будь-які ремонтні роботи;
 - виконувати інші небезпечні роботи на ходу судна, які можуть привести до травматизму.

Запасні частини, пристосування й реманент повинні бути надійно закріплені у своїх гніздах. Їх кріплення потрібно оглядати й перевіряти щоразу після виконання робіт для яких вони використовувалися, а також перед виходом судна в море.

Дії екіпажу при гасінні пожежі

Постійна готовність екіпажу до дій при надзвичайних і аварійних ситуаціях забезпечується за рахунок:

- 1) постійної наявності на борті встановленої кількості екіпажу, здатного забезпечити ефективні дії у випадку виникнення надзвичайних ситуацій;
- 2) високої професійної кваліфікації екіпажу, попередньої тренажерної підготовки, регулярних і ефективних навчальних тривог, навчань, тренувань;
- 3) ефективної системи й організації дій, включаючи «Розклад за тривогами», аварійні партії, судові оперативні плани дій (Vessel Response Plans), контрольні листи рекомендованих дій (Check Lists) для всіх виявлених ризиків з урахуванням специфіки й конструктивних особливостей судна, особливостей і властивостей вантажів;
- 4) постійної готовності засобів боротьби за живучість судна;
- 5) постійного контролю й спостереження (у тому числі за допомогою спеціальних систем контролю й попереджувальної сигналізації) за основними елементами безпеки, виявлення осередку надзвичайної ситуації на можливо

					<i>KPM.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		98

більш ранній стадії, а також швидких, рішучих, ефективних дій людини, що першою виявила виникнення надзвичайної ситуації.

Однією з таких надзвичайних ситуацій є пожежа на судні.

Сучасне судно насичене горючими матеріалами, електроустаткуванням. Виконання вимог пожежної безпеки (попередження пожеж) на судні, знання й уміння боротися з пожежею є обов'язковими для всього екіпажу.

Основною метою боротьби з пожежами на судні є:

- порятунок пасажирів і екіпажу;
- локалізація пожежі (запобігання поширення небезпечних факторів пожежі судном, вибухів парів ЛЗР, балонів зі стисненим газом, небезпечних вантажів);
- гасіння пожежі всіма наявними засобами;
- способами збереження остійності й запасу плавучості.

Тактика боротьби з пожежами містить у собі:

- оголошення пожежної тривоги;
- при можливості, огляд аварійного району для уточнення місця, типу палаючої речовини, інтенсивності пожежі;
- визначення порядку виконання дій з порятунку пасажирів і екіпажу, локалізації й боротьби з пожежею, видаленню води, що накопичується при гасінні пожежі.

Для швидкого ухвалення рішення на вибір сил і засобів гасіння пожежі рекомендується знати і використовувати *класифікацію пожеж*, засновану на виділенні однакових властивостей горючого матеріалу, для ефективного використання речовин для вогнегасіння (вогнегасників) [12]:

А – пожежі, викликані горінням твердих горючих матеріалів (деревина, тканини, папір, гума й деякі пластмаси). Пожежі гасять за допомогою води або водяних розчинів речовин для вогнегасіння:

В – пожежі, викликані горінням займистих або горючих рідин, що запалюються: газів, жирів і інших подібних речовин, фарб, лаків, розчинників. По-

					<i>KPM.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		99

жежі гасять припиненням надходження кисню повітря до осередку пожежі або запобіганням виділення горючої пари;

C – пожежі, викликані запаленням електроустаткування, що знаходиться під напругою. Пожежі гасять речовинами для вогнегасіння, що не проводять електричний струм;

D – пожежі, викликані загорянням горючих лужних металів (натрію, калію, магнію, титану, алюмінію та ін.). Для гасіння таких пожеж використовують теплопоглинальні речовини для вогнегасіння, наприклад, спеціальні порошки, охолоджувачі.

На практиці, у реальних судових умовах нерідко виникають пожежі, що поєднують у два класи.

Повна й об'єктивна інформація про те, що горить і де перебуває пожежа, є важливою умовою успішної ліквідації пожежі.

Об'ємні пожежі в приміщеннях судна слід гасити за допомогою стаціонарних систем пожежогасіння (якщо вони передбачені для даного приміщення) або за допомогою водяної або пінної атаки.

Самим доступним і ефективним засобом гасіння пожежі на судні є *забортна вода*. Також ефективним засобом гасіння пожеж є *повітряно-механічна піна*. Піна своїми пухирцями ізолює горючу речовину.

Вуглекислий газ використовується в якості вогнегасника в системах пожежогасіння для об'ємного гасіння пожежі у вантажних танках, машинних відділеннях, окремих відсіках і приміщеннях судна, а також у вогнегасниках для гасіння загорянь.

Спеціальна речовина для гасіння *галони* складаються з вуглецю або декількох галогенів: фтору, хлору, бромю і йоду. Галони застосовуються для гасіння різних типів пожеж крім пожеж класу D. При об'ємному способі використання галона необхідно вилучити людей з аварійного приміщення.

Впровадження в дію систем пожежогасіння на основі галону, вуглекислого газу – системи об'ємного хімічного пожежогасіння (ОХП) на приміщення, що захищається, здійснюється за вказівкою капітана судна. Перед включенням

					<i>KPM.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						100
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

системи необхідно вивести людей із приміщення, загерметизувати приміщення. Після пуску вогнегасника необхідно контролювати температуру приміщення і, якщо пожежа не була погашена, перевірити герметизацію приміщення й пустити вогнегасник від резервної системи (якщо вона передбачена на судні). Перед оглядом аварійного приміщення його необхідно провентилувати, перевірити склад повітря за допомогою газоаналізатора за вмістом кисню й (незалежно від результатів аналізу повітря) провести первинний огляд аварійного приміщення в ізолюючих засобах захисту органів дихання.

Порошки теж використовують для пожежогасіння, вони діляться за місцем використання на порошки загального призначення (для гасіння пожеж класів А, В і С та їх комбінацій) і спеціального призначення (для гасіння лужних металів). Порошки використовуються в переносних засобах пожежогасіння (в основному у вогнегасниках).

Порошки для пожежогасіння загального призначення охолоджують палаючу речовину, припиняють доступ кисню й тепла до палаючої речовини й тим самим переривають ланцюгову реакцію горіння.

Крім зазначених вище вогнегасників для гасіння пожежі використовують природний пісок, ошурки, просочені содою, ковдри (повстина) з різних тканин, водяна пара.

Після ліквідації пожежі за приміщеннями, які були охоплені вогнем, повинен бути встановлений контроль з метою виключення повторних загорянь від осередків тління, що залишилися, коротких замикань електроустаткування й інших причин.

Висновки до розділу

В даному розділі визначені всі негативні та шкідливі фактори які можуть бути при експлуатації обладнання та механізмів, а також надані нормативні документи, які регламентують допустимі параметри цих факторів, що дає можливість поліпшити умови праці на судні та попередити травматизм членів екіпажу на судні.

					<i>КРМ.142.6221м.05.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						101
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВОК

Згідно із завданням кафедри виконано розробку системи подачі води для дизельного двигуна WÄRTSILÄ 8L46/58 потужністю 10000 кВт.

Було проаналізовано конструктивні особливості чотиритактного двигуна 8L46/58, проведено аналіз сучасних способів підвищення паливної економічності та екологічності двигунів. В результаті проведеного аналізу було встановлено, що одним з перспективних способів є використання домішок води до палива. Це дозволяє покращити не тільки економічні, але і екологічні показники двигуна. Розрахунки робочого процесу двигуна підтвердили доцільність такої модернізації.

Також були розглянуті основні проблеми та заходи по забезпеченню безпеки. Була модернізована паливна система двигуна.

					<i>KPM.142.6221м.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>102</i>

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонов В.Е., Данщиков В.В. Физико-математическая модель тепло-массообмена капли водо-топливной эмульсии с газовой средой // «Повышение эффективности судовых энергетических установок»: Сборник научных трудов Новосибирского института инженеров водного транспорта. - Новосибирск, 1989. - С. 115-121

2. Балабанов А.Н. Короткий справочник технолога машиностроителя. – М.: Издательство стандартов. 1992.

3. Бардецкий А.М., Коханский А.И., Нагибнев В.И. Система автоматического контроля и сигнализации концентрации воды в водотопливных эмульсиях // Теплоэнергетика. -1994. - №8. - С. 27-29.

4. Бузуков АА. Развитие струи водотопливной эмульсии в нагретой газовой среде // Теплофизика и аэромеханика. - 1995. - Том 2. - № 1. -С. 79-88,

3. Викторов В.П., Горбачев Ю.А. Исследование мероприятий по снижению износа деталей цилиндро-поршневой группы двигателя при работе на водотопливной эмульсии // В ©б.: «Топливоиспользование и повышение эффективности судовых энергетических установок». - Л.: Институт водного транспорта, 1989. - С. 73-77.

4. Возницкий И.В., Пунда А.С. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. СПб.: Моркнига, 2008. – 470 с.

5. Воржев Ю.И., Гимбутис КК. Водотопливные эмульсии для судовых дизелей // Морской флот. - 1983. - № 12. -(С.44-46).

6. Герасимов АЛ. Травкин Ю.В. Применение водотопливной эмульсии для снижения токсичности дизельного двигателя /Известия ВУЗов. Лесной журнал. - 1992. - №2.-С. 63-67.

7. Гладков О.А. Данщиков В.В., Закржевский В.Л. Повышение эффективности использования водотопливных эмульсий в высокооборотных дизелях // Двигателестроение. -1988. - №7. -С. 19-20, 60,62

					<i>КРМ.142.6221м.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						103
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

8. **Горбов В.М., Шаповалов Ю.А., Ратушняк И.А.** Главные двигатели современных транспортных судов: Учебное пособие. – Николаев: УГМТУ, 1999. – 74 с.

9. **Горбов В.М. Гавриш И.В.** Особенности распыливания водотопливной эмульсии в двигателях внутреннего сгорания // В сб.: «Теплоэнергетика и хладотехника». - Николаев: Кораблестроительный институт, 1992. - С. 31-35.

10. **Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А.** Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов / 2-е изд. – М.: Легион-Автодата, 2005. – 344 с.

11. **Захаров Н.В., Шостак В.П., Марченко С.Г.** Техничко-экономическое обоснование технических решений в судовой энергетике. Учебное пособие, – Николаев: НКИ, 1975. – 93с.

12. **Зенкин А.С., Петко В.И.** Допуски и посадки в машиностроении: Справочник.-3-е издание. – К.: Техника. 1990.

13. **Кахте И.О., Ковтур Р.И., Новиков Г.Н.** Охрана труда на морском транспорте. – М.: Транспорт, 1975. – 263 с.

14. **Нунупаров С.М.** Предотвращение загрязнения моря с судов. – М.: Транспорт, 1985. – 288 с.

15. **Печуро Н.С., Капкин В.Д., Песин О.Ю.** Химия и технология синтетического жидкого топлива и газа. – М.: Химия, 1986. – 352 с.

16. **Фомин Ю.А., Горбань А.И.** Судовые двигатели внутреннего сгорания. – Л.: Судостроение, 1989. – 343 с.

17. [http://www.mandieselturbo.com/1013109/Products/Reactors-and-Apparatus/Reactor-Technology/Synthesis-Gas-Reactors-\(Fischer-Tropsch\)-for-GTL,-BTL-and-CTL-Processes.html](http://www.mandieselturbo.com/1013109/Products/Reactors-and-Apparatus/Reactor-Technology/Synthesis-Gas-Reactors-(Fischer-Tropsch)-for-GTL,-BTL-and-CTL-Processes.html).

					<i>КРМ.142.6221м.05.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>104</i>