

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

«__» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Підвищення паливної економічності двигуна дизельгенератора
MAN 5L21/31 шляхом використання водопаливної емульсії

Виконав:
студент групи 61-ТЕМмаг-22з
_____ ***Волошин К.С.***
(підпис)

Керівник роботи:
канд. техн. наук
(посада, науковий ступень, вчене звання)
_____ ***Галинкін Ю.М.***
(підпис)

Первомайськ - 2023 р.

Анотація

Представлений дипломний проект містить у собі 83 сторінок, 30 рисунків, 5 таблиць. При підготовці проекту було використано 13 джерел інформації.

У проекті розглянута можливість використання у якості палива головного двигуна водопаливної емульсії. Розраховано робочий процес двигуна, розроблений комплекс заходів по дообладнанню паливної апаратури, проведено розрахунок форсунки головного двигуна.

*Ключові слова:*двигун внутрішнього згоряння, паливо, водопаливна емульсія, форсунка

Abstract

The presented degree project contains 83 pages, 30 drawing, 5 tables. By preparation 13 sources of the information have been used.

The project examined the use as fuel main engine water fuel emulsion. Calculated workflow engine, developed a set of measures to retrofit fuel systems, the calculation of the main engine nozzles.

Keywords: internal combustion engine, fuel, water fuel emulsion, injector

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА ТА ЙОГО СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ	6
1.1 Призначення і конструктивний тип судна.....	6
1.2 Склад енергетичної установки.....	7
1.3 Опис конструкції двигуна дизельгенератора	7
РОЗДІЛ 2. МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ СУДНА ШЛЯХОМ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ДВИГУНА.....	30
2.1 Вплив водопаливної емульсії на робочий процес двигунів	30
2.2 Метод Гриневецького – Мазінга	36
2.3 Обґрунтування вибору основних параметрів робочого циклу двигуна	38
2.4 Розрахунок робочого циклу	40
2.5 Вплив властивостей водопаливної емульсії на екологічні показники суднових дизелів	45
РОЗДІЛ 3. МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ВОДОПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ	48
3.1 Фізико-хімічні властивості водопаливних емульсій	48
3.2 Пристрої для отримання водопаливних емульсій	59
3.3 Аналіз систем приготування водопаливних емульсій.....	67
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	72
4.1 Охорона праці на судні.....	72
4.2 Заходи із забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці на судні ..	76
ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	82

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ			
Вим..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Волошин К.С.			Підвищення паливної економічності двигуна дизельгенератора MAN 5L21/31 шляхом використання водопаливної емульсії	Лит.	Лист	Листов
Перевір.		Галинкін Ю.М.					3	83
						61-ТЕМмаг22з		
Н. Контр.		Галинкін Ю.М.						
Затв		Нестеренко В.В.						

ВСТУП

В якості суднових енергетичних установок найбільшого поширення набули двигуни внутрішнього згоряння з запалюванням палива від стиснення. Такі двигуни називають дизельними, вони забезпечують високу агрегатну потужність і економічність, великий моторесурс і можливість застосування різноманітного рідкого і газоподібного палива.

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 повинно бути таким, 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 корозійно-ністю і невисокою схильністю до осадкообразовання в системах топ-лівоподготовки, 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 водопаливні емульсії. 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.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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. Найбільш ефективний шлях введення води в циліндри полягає в домішуванні її до палива, з яким вона спеціальними методами утворює досить стабільну водопаливну емульсію.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА ТА ЙОГО СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ

1.1 Призначення і конструктивний тип судна

Navigator Aries являє собою LPG-танкер дедвейтом 24000 тон, судна такого типу вже встигли зайняти свою нішу у ринку морських газових перевезень [1].



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд судна Navigator Aries

Судна такого розміру зазвичай використовують системи утримання, типу С (ІМО) використовуючи циліндричні, або бі-пелюсткові вантажні танки, які вбудовані у вантажний простір судна, розділений на чотири відсіки. Кожен з відсіків вміщує незалежні цистерни з лівого та правого борту, обладнані горловинами. Бортові баки зверху і знизу (останній в поєднанні з центральним танком подвійного дна), забезпечують водяний

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

баласт, а також складають частину вкрай необхідної системи підтримки вантажних танків. На додаток до основних вантажних танків, окремі циліндричні вантажні танки знаходяться на передній палубі.

Компресорне машинне відділення розміщено на верхній палубі, в якому використовуються установлений вантажний рефрижератор при мінімальній температурі -48°C . На суднах такого типу перевозять такі товари як пропан, бутан, бутилен, пропилен, обезводнений аміак, бутадиєн.

Паливні танки розташовані в кормовій частині, носовій переборці і в носовій частині, і відокремлені від зовнішнього корпусу в цілях безпеки.

1.2 Склад енергетичної установки

У якості головного двигуна компанією Hyundai Heavy Industries встановлено головний двигун MAN B & W 6S46MC-C, що виробляє 7860 кВт при 129 хв^{-1} і працює на з гвинт фіксованого кроку. Це забезпечує швидкість судна 16 вузлів при роботі на 90 % потужності MCR.

Для вироблення електричного струму використовуються три дизельгенератори MAN 5L21/31. Кожен з них розвиває 1000 кВт, електрична потужність генераторів змінного струму складає 750 кВт.

Котел KangRim дозволяє отримувати 2500 кг пари на годину.

1.3 Опис конструкції двигуна дизельгенератора

MAN L21/31 створювалися на основі накопленого досвіду експлуатації дизелів ранніх випусків. Основними завданнями розробників, при проектуванні даної моделі двигуна, були спрощення експлуатації та технічного обслуговування, досягнення високої економічності і можливості роботи на низькоякісних важких паливах. Ресурс двигунів між переробками становить 20-25 тис. годин, для двигунів зазначеного класу це дуже високе

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

значення. Малі вібрації, низькі рівні шуму і емісії вихлопу є так само не менш важливими перевагами [2].

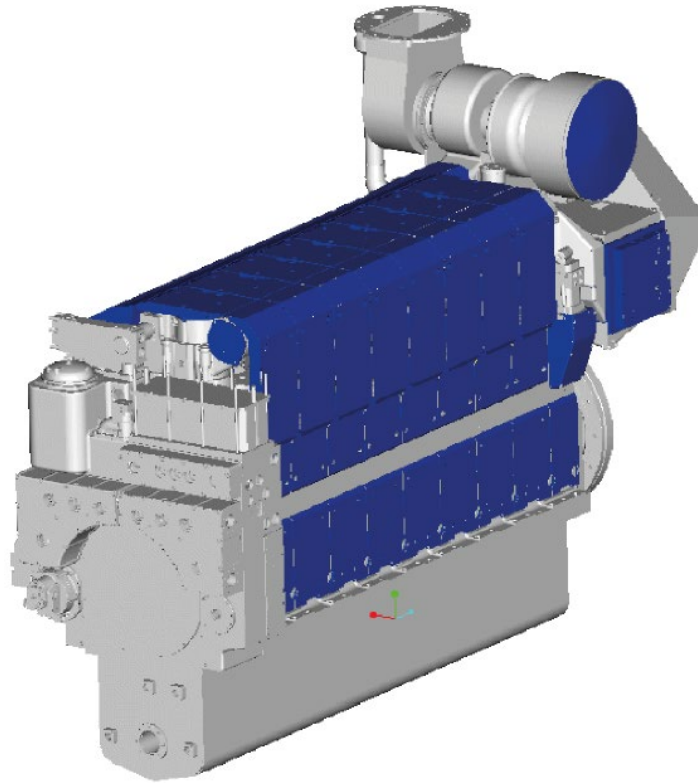


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд двигуна MAN L21/31

Кришка циліндра є сталевую відливкою з вбудованим ресивером надувного повітря, виготовлені як єдине ціле. Вона має товстостінні днище з охолоджуючими каналами, а також центральний отвір для форсунки і чотири клапана з перехресним потоком і високим коефіцієнтом наповнення. Інтенсивне водяне охолодження в області кінчика сопла дозволяє відмовитися від безпосереднього охолодження сопла. Клапан повернуто на 20° до осі, що забезпечує певне закручування повітря на вході [3].

Кришка циліндра кріпиться за допомогою чотирьох гайок і чотирьох шпильок, вкручених в станину двигуна. Гайки затягуються за допомогою гідравлічних пристосувань.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8

На кришці циліндра є верхня кришка, що закріплюється гвинтами. Вона має дві основні функції: забезпечення щільності камери коромисел і закриття верхньої поверхні кришки циліндра.

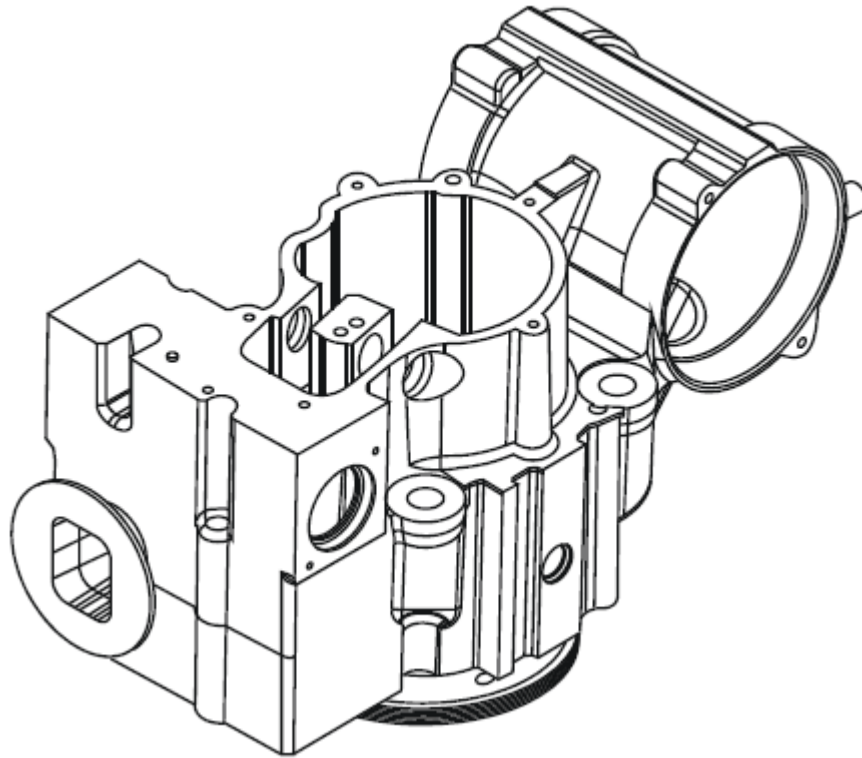


Рисунок 1.3 – Кришка циліндру

Шпинделі (тарілки) клапанів виготовлені з жароміцного матеріалу, а сідла клапанів наплавлені металом твердого сплаву.

Всі шпинделі клапанів обладнані механізмами повороту клапана, які повертають шпинделі кожен раз при роботі клапанів. Обертання шпинделів забезпечує рівномірний розподіл температури на тарілках клапанів і запобігає відкладенню на їх сідлах.

Кришка циліндра обладнана змінними сідлами. Сідла випускного клапана охолоджуються водою для забезпечення низької температури клапана.

Охолоджуваний маслом поршень складного типу має спідницю, виготовлену з кулястого чавуну і головку, виготовлену зі сталі, стійкої до деформації. Він обладнаний компресійними і маслосборними кільцями.

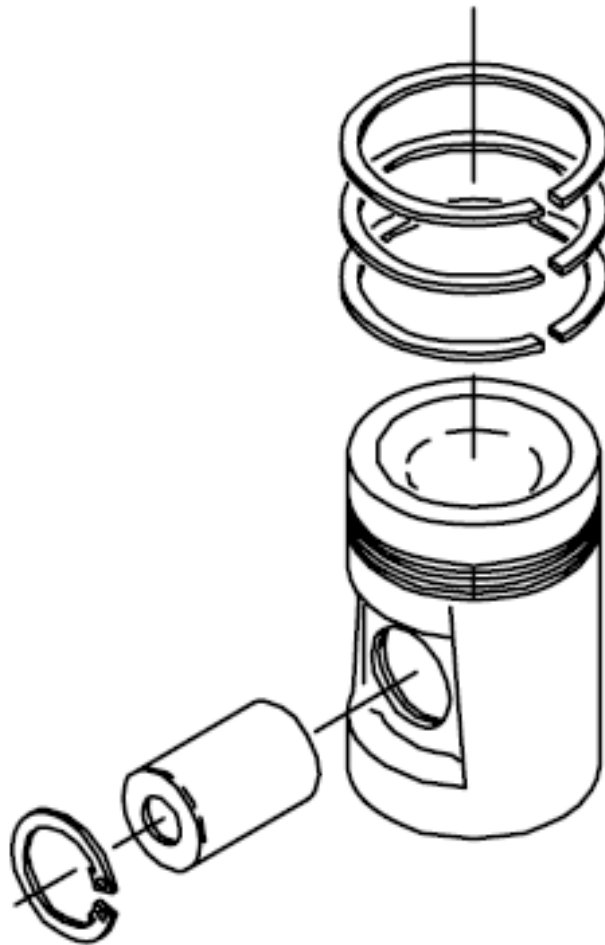


Рисунок 1.4 – Поршень

Завдяки поєднанню компресійних кілець з різними бочкоподібними перетинами і хромованими робочими поверхнями всіх кілець, комплект поршневих кілець є оптимальним для максимальної щільності і мінімального ступеня зносу.

У голівці поршня в районі поршневих кілець розташована порожнина охолоджуючого масла. Теплопередача і, отже, охолоджуючий ефект, засновані на ефекті від збовтування, що виникає при русі поршня. В якості охолоджувального масла використовується масло системи змащення.

Масло подається в охолоджуючу порожнину через отвір в шатуні. Воно зливається з охолоджувальної порожнини через канали, розташовані діаметрально до вхідних каналів.

Поршневий палець плаваючого типу фіксується в осьовому напрямку двома кільцями.

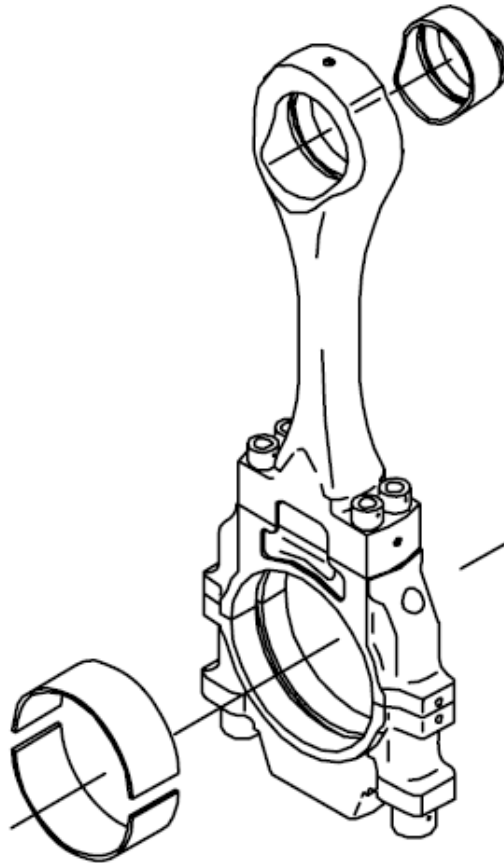


Рисунок 1.5 – Шатун

З'єднання шатуна з нижньою головкою морського типу знаходиться вище мотильового підшипника. Це означає, що розбирання мотильового підшипника при виїмці поршня не потрібно. Це є перевагою з точки зору обслуговування при експлуатації (виключається підгонка) і дозволяє зменшити висоту, необхідну для перебирання або виймання поршня.

Шатун і корпус підшипника виготовлені з ковано-штампованої хром молібденової сталі.

Вкладиші мотильового підшипника виготовлені з того ж матеріалу, що і рамні підшипники колінчастого вала. Використовуються тонкостінні вкладиші підшипника, що мають прироботочний олов'янисто - алюмінієвий шар. Вкладиші підшипника виконані прецизійними і тому не вимагають при установці шабрення або будь-якої підгонки.

Головний підшипник – металічного типу, запресований у верхню головку шатуна. Втулка обладнана внутрішньою круговою канавкою і кишенею для розподілу масла по самій втулці, а також для подачі масла до втулок пальця.

Втулка циліндра виготовлена зі спеціального чавуну, відлитого відцентровим способом, і встановлена в отворі станини двигуна. Втулка притиснута кришкою циліндра і направляється фланцем на станині двигуна. Таким чином, втулка має можливість вільного подовження при нагріванні під час роботи двигуна.



Рисунок 1.6 – Втулка циліндру

Втулка фланцевого типу і висота фланця ідентична з водяною охолоджуючою порожниною, що дає рівномірний розподіл температури по всій поверхні втулки. Нижня частина втулки не охолоджується, що дозволяє виключити її холодну корозію. В районі картера води немає. Газове ущільнення між втулкою і кришкою циліндра забезпечується сталевим кільцем.

Для зменшення шліфування отвору втулки і витрат мастила в верхній частині втулки встановлюється вогневе кільце.

Двигун забезпечений двома розподільними валами. Один служить для приводу клапанів, другий – для приводу насосів впорскування палива. Використання двох розподільних валів дає можливість змінювати впорскування палива незалежно від часу закриття впускних клапанів.

Розподільний вал клапанів розміщений на стороні випуску двигуна високо над станиною для того, щоб штанги клапанів були якомога коротше, що дозволяє зменшити рухомі маси. Розподільний вал впуску розміщений на стороні розподілення двигуна.

Обидва розподільні вали складаються з секцій. Секції кулачків та секції цапф пов'язані один з одним болтами. Це дозволяє замінювати кулачкові секції циліндра через оглядові люки станини. Розподільні вали розміщені в замінних втулках підшипників, які запресовані в розточеннях станини двигуна холодною посадкою. Зубчаста передача для приводу розподільного валу розміщена з боку маховика двигуна. Мастило зубчатих коліс подається з двох розпилювальних сопел.

Штовхачі (напрямні ролики)

Паливні насоси високого тиску і коромисла впускних і випускних клапанів приводяться від кулачків розподільних валів через штовхачі. Штовхачі випускного і впускного клапанів розташовуються в отворах у водяної сорочки кожного циліндра.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Ролик обертається у втулці, встановленій на осі, яка запресована в напрямну штовхача і застопорена стопорним гвинтом.

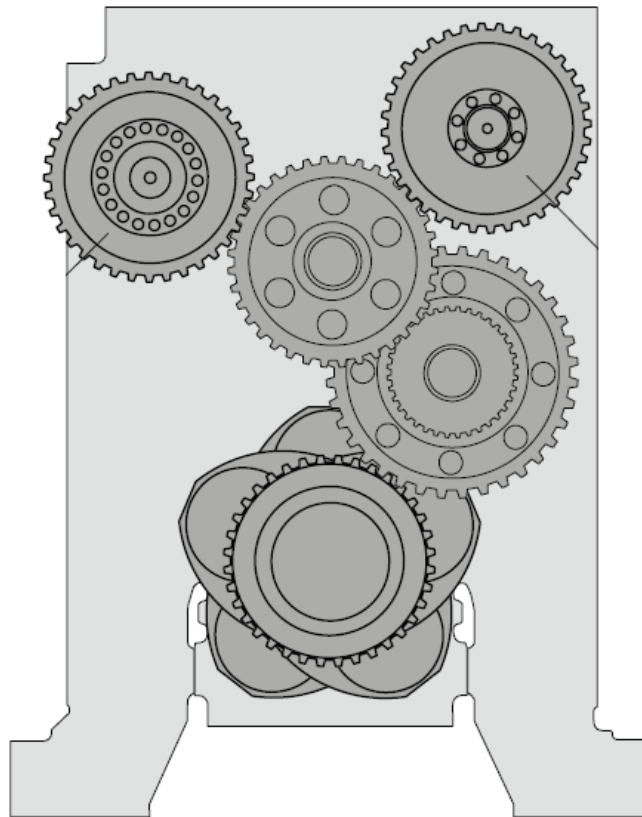


Рисунок 1.7 – Привід розподільного валу

Приводний механізм ПНВТ

ПНВТ, які змонтовані безпосередньо на станині двигуна, приводяться в дію через упори штовхача. Штовхач вбудований в ПНВТ у вигляді одного вузла. Ролик притискається до кулачка пружиною, яка встановлена між направляючою штовхача и опорною плитою ПНВТ.

Механізм приводу клапанів

Коромисло приводиться через штовхачі и штанги. Штовхачі впускного и випускного клапанів встановлені в водяній сорочці. Кожне коромисло впливає на два шпинделя клапанів через траверсу клапанів, нажимний гвинт і гвинт для регулювання зазору клапана.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Механізм приводу клапана змазується маслом під тиском від циркуляційної масляної системи двигуна, масло проходить через водяну сорочку, потім в вал коромисла до його підшипника.

Колінчастий вал і рамні підшипники. Демпфер вібрації

Цільнокований колінчастий вал підвішений в підвісних підшипниках. Рамні підшипники – трьохметалічного типу, вкриті притирочним шаром. Для досягнення прийняттого рівня тиску в підшипниках і вібрації колінчастий вал обладнаний противагами, які прикріплені до колінчастого валу за допомогою двох гідравлічних болтів.

З боку маховика колінчастий вал обладнаний зубчастим колесом, яке через дві проміжні шестерні приводить розподільні вали. На передньому торці двигуна є зубчасте колесо для приводу масляного і водяного насосів.

Масло з рамних підшипників подається по свердлінням в станині двигуна. З рамних підшипників масло проходить по свердлінням колінчастого валу до мотильового підшипника, а звідти через канали в шатунах, на змащення поршневих пальців і охолодження поршнів.

Демпфер вібрації встановлений на колінчастому валу для обмеження крутильних коливань. Демпфер складається з первинної і вторинної частин. Між ними розташовані групи пакетів пластинчастих пружин, які затиснуті по зовнішнім кінцям.

Ці пружинні пакети разом з первинними і вторинними деталями утворюють камери, які заповнені маслом. Якщо зовнішня деталь вібрує по відношенню до внутрішньої деталі, пластинчасті пружини згинаються і нагнітають масло з однієї камери в іншу, гальмуючи відносний рух цих двох деталей і, таким чином, деформують крутильні коливання. Для захисту пластинчастих пружин від перевантаження їх відхилення обмежується буферами.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Пружність визначається ретельним вибором пластинчастих пружин, а коефіцієнт демпфірування – зазором між первинними і вторинними деталями.

Станина двигуна

Моноблокова станина двигуна відлита з чавуну і виконана дуже жорсткою. Всі компоненти станини двигуна утримуються під напруженою стисненням. Станина спроектована для оптимальної передачі зусиль від кришки циліндра вниз до колінчастого валу, також вона передає вібрацію поверхні нижнього вкладиша назовні.

Два розподільних вали розміщені в станині двигуна. Клапанний розподільний вал розміщений на стороні випуску в найвищому положенні, а паливний розподільний вал розташований на стороні обслуговування двигуна.

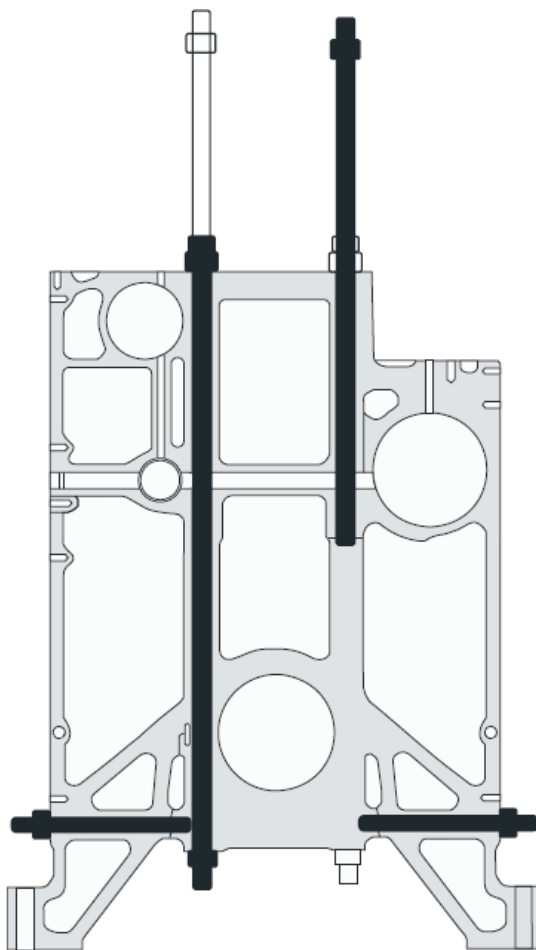


Рисунок 1.8 – Станина двигуна

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		16

Рамні підшипники колінчастого вала розміщені в масивних опорах, утримуваних анкерними зв'язками і кріпляться кришками підшипників. Кришки підшипників забезпечені бічними напрямними і утримуються на місці за допомогою шпильок з гайками, які гідравлічно затягуються. Рамний підшипник обладнаний змінними вкладишами, які встановлюються без шабровки (підгонки).

З боків станина має кришки для доступу до розподільних валів і картеру. Деякі кришки обладнані запобіжними клапанами, які спрацюють у випадку займання парів масла в картері (наприклад, в разі перегріву підшипників).

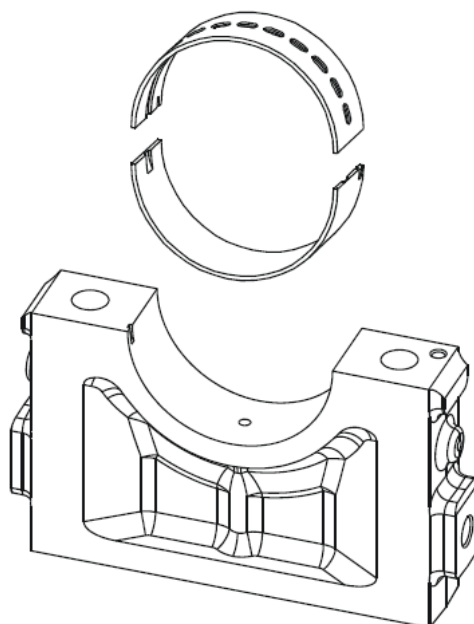


Рисунок 1.9 – Рамний підшипник

Залежно від якості палива двигун може бути оснащений різним обладнанням. Для роботи на дизельному паливі (MDO) на стандартний двигун встановлюються:

- паливopідкачуючий насос;
- здвоєний фільтр з металевими вставками;
- система змащення ПНВТ;

Для роботи на важкому паливі (НРО) на стандартний двигун встановлюються:

- здвоєний паливний фільтр з металевими вставками;
- підпірний клапан зворотнього палива;
- система змащення ПНВТ;
- неохолоджувані форсунки.

Навісне обладнання спроектовано для використання в паливних моделях, зазвичай званих бустерними модулями. Для багатомашинних дизельних енергетичних установок загальна система паливоподачі повинна охоплювати всі двигуни.

Рекомендується використовувати важке паливо з в'язкістю до 380 сСт/50 °С, навіть якщо двигун розрахований на паливо з в'язкістю до 700 сСт / 50 °С, в залежності від фактичної якості палива. Максимальна в'язкість при уприскуванні – 12...14 сСт.

Внутрішня паливна система, як показано на рис. 1.11, складається з наступних частин:

- налагоджувального фільтра;
- обладнання для вприскування під високим тиском;
- системи зливу відпрацьованого масла і палива.

Налагоджувальний паливний фільтр має тонкість фільтрації 50 мк і розташований у вхідному трубопроводі. Він служить для видалення забруднень в паливній трубі між захисним фільтром і двигуном в період приробітки (обкатки).

Фільтр повинен бути знятий перед здачею судна або передачею судна замовнику.

Рекомендується встановлювати фільтр щоразу, коли система зовнішніх паливних труб була демонтована, але важливо знову зняти фільтр, коли всі забруднення з зовнішньої паливної системи будуть видалені.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Кожен циліндр має власний комплект **обладнання для вприскування палива**, що складається з ПНВТ, трубки високого тиску і форсунки.

Устаткування для уприскування і розподільні трубопроводи укладені в повністю закриті відділення, що мінімізує втрати тепла підігрітого палива. Таке розміщення зменшує температуру зовнішніх поверхонь і знижує ризик пожежі, викликаній протіканням палива.

ПНВТ включає в себе штовхач, розташований безпосередньо над розподільним валом.

Кількість палива, що вприскується в кожний циліндр, визначається регулятором, який утримує частоту обертання двигуна на заданому рівні, постійно змінюючи положення рейок ПНВТ через загальний регулюючий вал і підпружинену рейку кожного насоса.

Форсунка вставлена в центр кришки циліндра.

ПНВТ подає паливо до форсунки через трубку високого тиску з подвійними стінками і вставку в кришці циліндра.

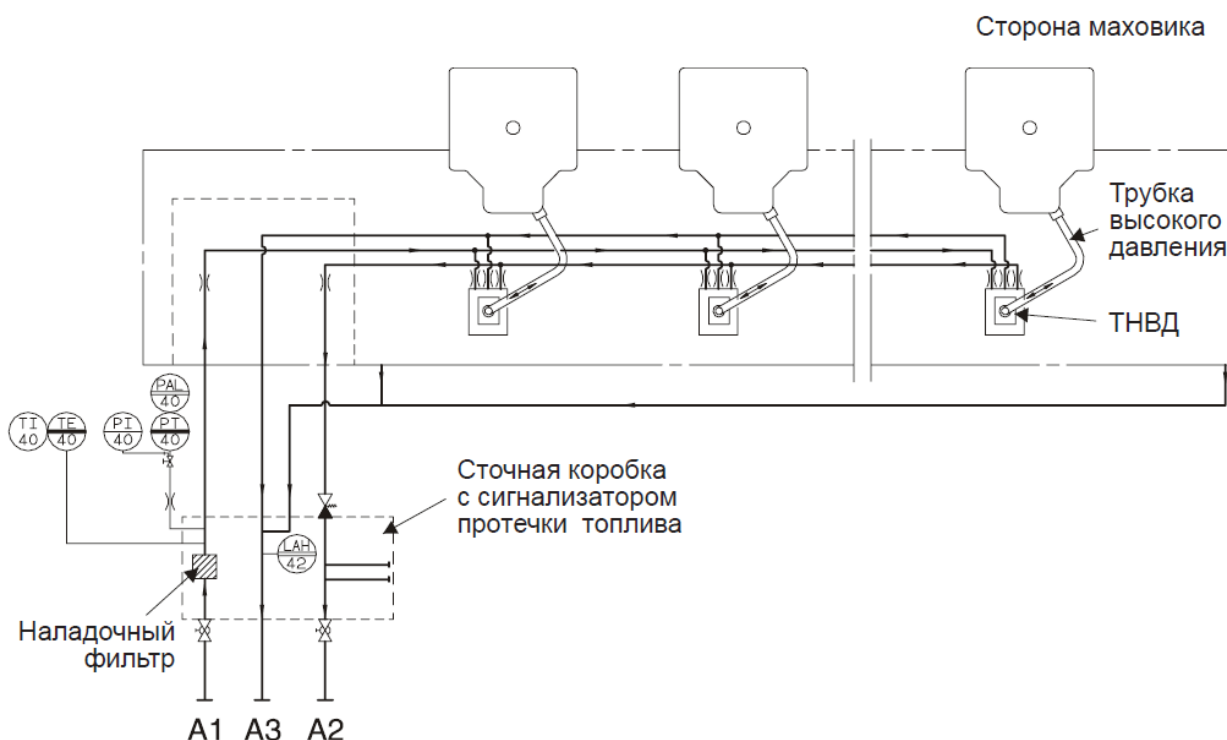


Рисунок 1.11 – Внутрішня паливна система двигуна 21/31

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ		Аркуш
							20
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

Протікання відпрацьованого масла і палива з відділення ПНВТ та від форсунок направляються в блок сигналізації протікання палива.

Блок сигналізації протікання складається з коробки з поплавковим реле (сигналізатором рівня). У разі підвищеної протікання реле ініціює сигнал «Аварія паливної системи». Блок обігрівается паливом, що подається до двигуна, дозволяє зберігати дренажний прохід вільним навіть у разі протікання відпрацьованого масла або палива великої в'язкості.

Система турбонадуву двигуна є системою з постійним тиском газів і складається з колектора випускних газів, турбонагнітача, охолоджувача надувного повітря і ресивера надувного повітря.

Колесо турбіни турбонагнітача приводиться випускними газами двигуна, а турбіна обертає компресор турбонагнітача, встановлений на тому ж валу. Компресор всмоктує повітря з машинного відділення через повітряні фільтри.

Турбонагнітач подає повітря через охолоджувач надувного повітря (ОХНП) в ресивер надувного повітря. З ресивера надувного повітря, повітря подається в кожен циліндр через впускні клапани.

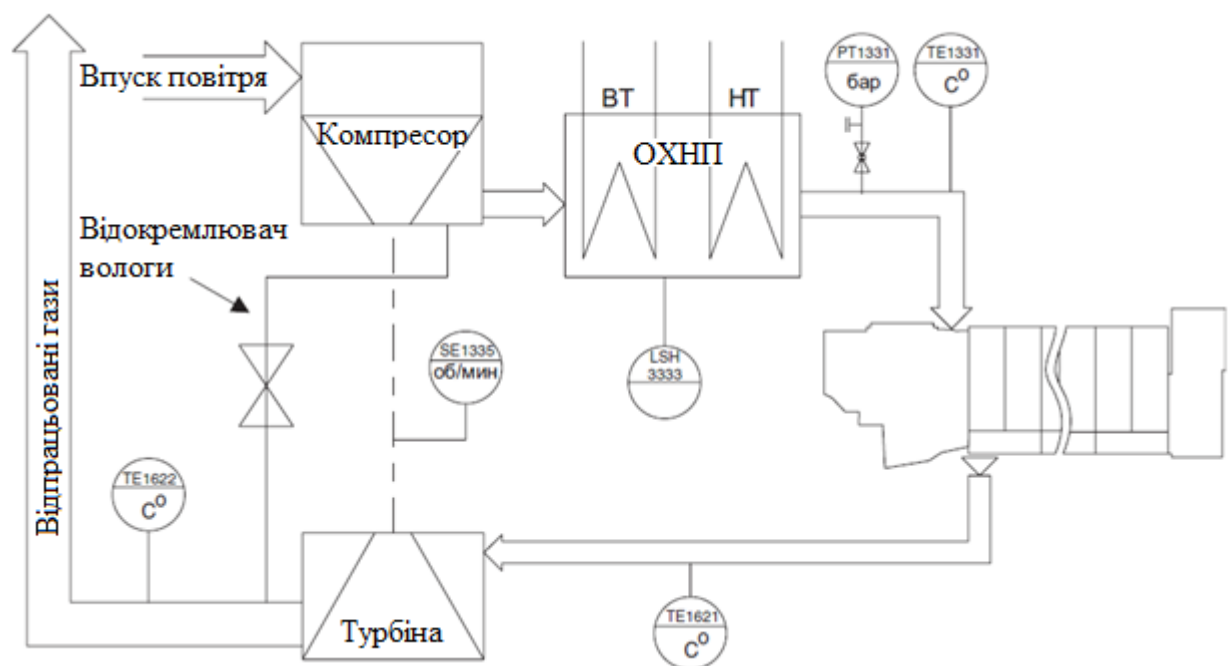


Рисунок 1.12 – Система турбонадуву

ОХНП є компактним двоступінчастим охолоджувачем трубчастого типу з великою поверхнею охолодження. Вода високої температури проходить через першу ступінь ОХНП, а вода низької температури – через другу ступінь.

В кожному ступені ОХНП вода проходить через нього двічі, оскільки кінцеві кришки спроектовані з перегородками, які змушують охолоджуючу воду повертатися. За стандартом уловлювач водяного туману розташовується після ОХНП.

Від випускних клапанів випускні гази проходять через колектор випускних газів, де вирівнюються пульсації тиску від окремих випускних клапанів, і направляються до турбонагнітача при постійному тиску, а далі – до глушника і на випуск.

Колектор вихлопних газів складається з трубчастих секцій, по одній на кожен циліндр, з'єднаних між собою за допомогою компенсаторів для запобігання високих напруг в трубах, виникаючих через теплові розширення.

Щоб уникнути надмірних теплових втрат і для забезпечення прийнятної низької температури поверхні колектора випускних газів ізолюються.

Схема системи змащення наведена на рис. 1.13. Масляний піддон містить масло, необхідне для змащення і охолодження всіх рухомих деталей. Масло подається насосом, розташованим в носовому боксі, який приводиться від колінчастого вала за допомогою зубчастої передачі.

Перед тим, як масло потрапляє на підшипники та інші змащувальні поверхні, воно проходить незворотній клапан подвійної дії 8, через який в двигун надходить також масло з резервного насоса, охолоджувач масла самоочищається у протиточному фільтрі у верхній частини носового боксу двигуна. Розмір комірок сітки фільтра 30 мікрон. Розмір комірок захисної сітки фільтра – 100 мікрон.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

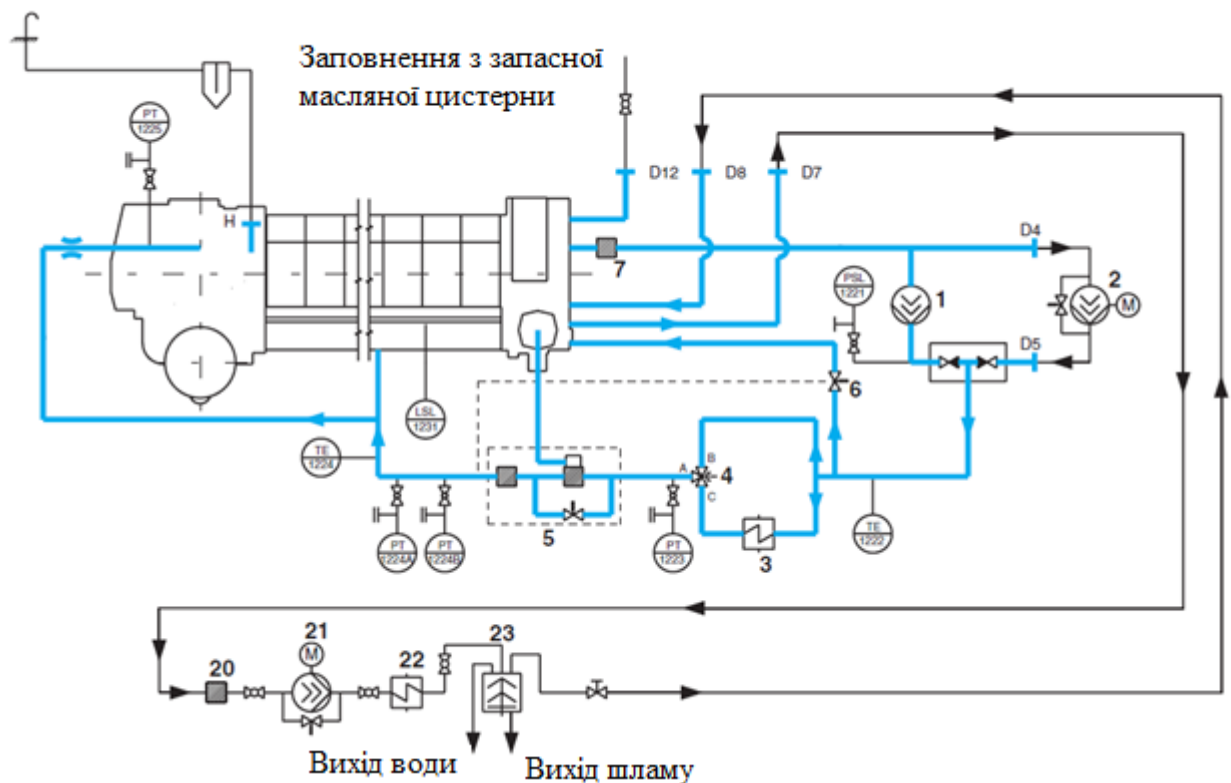


Рисунок 1.13 – Схема системи змащення:

1 – насос змазуючого масла, навісний, 2 – насос змазуючого масла, резервний, 3 – охолоджувач масла, 4 – термостатичний клапан (термостат), 5 – автоматичний протиточний фільтр, 6 – клапан регулювання тиску мастила, 7 – сітчастий фільтр (магнітна вставка), 20 – Фільтр попереднього очищення пурифікатора змазуючого мастила, 21 – насос пурифікатора мастила, 22 – підігрівач для пурифікатора мастила, 23 – пурифікатор мастила

Частинки, затримані протиточним фільтром, спускаються в піддон, звідки вони повинні віддалятися пурифікатором. Температура масла контролюється термостатичними елементами, вбудованими в носовий бокс. Термостатичні елементи при виготовленні налаштовані на певне значення температури, і ця уставка не може бути змінена, але, на вимогу класифікаційного товариства, може бути перерегульована вручну.

Потік масла через турбонагнітач контролюється дроселем на вході в турбонагнітач. Тиск масла регулюється гідравлічно навантаженим поршнем. Масло з насоса проходить через дросель в центрі поршня і створює тиск в камері за поршнем. Цей тиск притискає поршень до його сидла і таким чином керує тиском масла. Для регулювання тиску, підпружинений керуючий клапан був підключений до згаданої камери по нагнітальній стороні після протиточного фільтра. Налаштовуючи зусилля пружини, можна відрегулювати тиск масла.

Система **охолоджуючої води** складається з низькотемпературного і високотемпературного контурів. Обидва контури охолоджуються прісною водою. Вода в низькотемпературному контурі проходить через циркуляційний насос низької температури, який прокачує воду через другу ступінь ОХНП, а потім через охолоджувач масла.

Охолоджуюча вода високотемпературного контуру проходить через циркуляційний насос високотемпературного контуру, а потім через першу ступінь ОХНП до входу її в водяну охолоджувальну сорочку і кришку циліндра. Після цього, вода виходить з двигуна разом з водою низької температури.

Вода низької і високої температури виходить з двигуна через окремі триходові термостатичні клапани (термостати), які регулюють температуру води.

Система **стисненого повітря** двигуна складається з системи пуску, системи управління пуском і системи захисту. Крім того, система подає повітря в систему підкручення турбонагнітача і до стоп-циліндрів на кожному ПНВТ. Стиснене повітря надходить з балонів пускового повітря. Робочий тиск для повітряного стартера: мін. 1,5 МПа, макс. 3,0 МПа.

Для запобігання потрапляння сторонніх часток у внутрішню систему на повітропроводі до двигуна встановлюється сітчастий фільтр.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

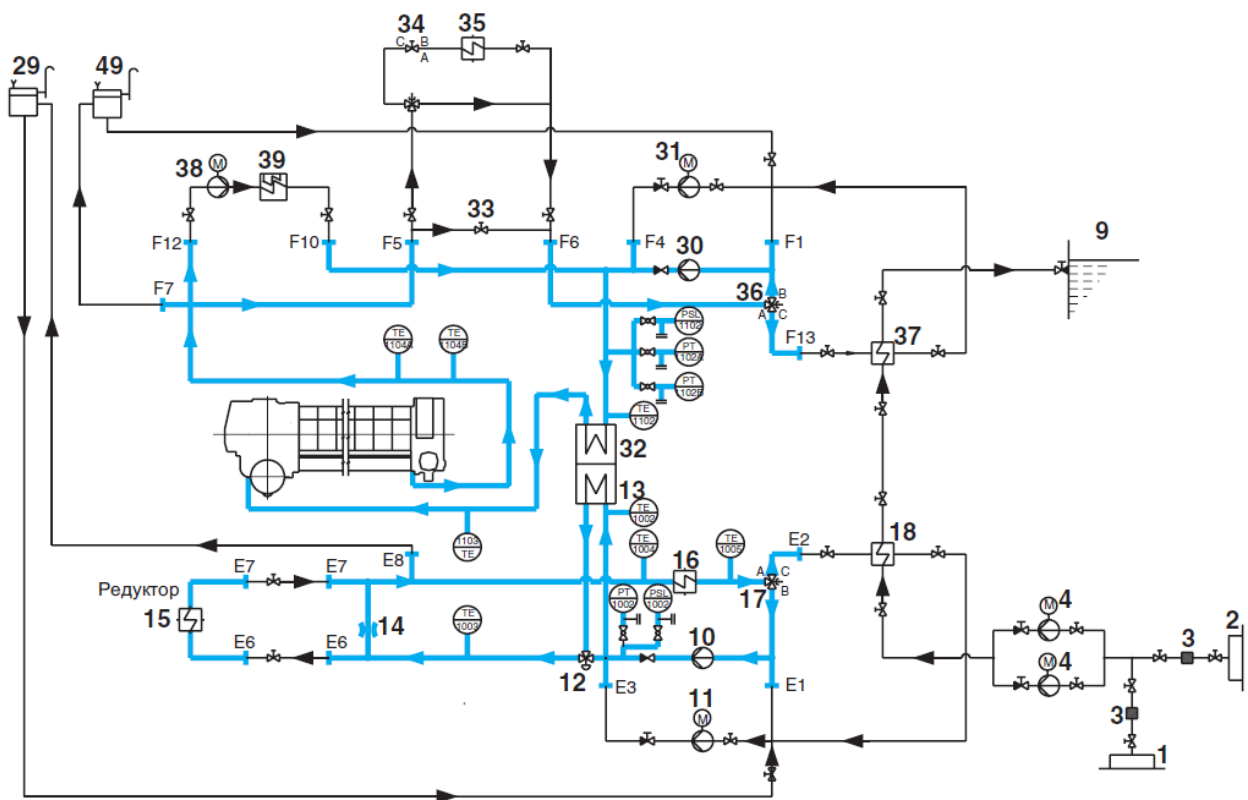


Рисунок 1.14 – Схема системи охолодження:

1 – кінгстон (нижній), 2 – кінгстон (верхній), 3 – фільтр забортної води, 4 – насос забортної води, 9 – клапан для зливу води за борт, 10 – насос НТ, 11 – резервний насос НТ, 12 – регулюючий клапан (поставка на вимогу), 13 – охолоджувач надувного повітря, секція НТ, 14 – дросель для охолоджуючої води до редуктора, 15 – охолоджувач масла редуктора, 16 – охолоджувач мастила двигуна, 17 – термостат НТ, 18 – центральний охолоджувач, 29 – розширювальний бак НТ, 30 – насос ВТ, 31 – резервний насос ВТ, 32 – охолоджувач наддув. повітря, секція ВТ, 33 – рег. клапана для утилізації тепла, 34 – термостат для утилізації тепла, 35 – утилізатор, 36 – термостат ВТ, 37 – Охолоджувач прісної води ВТ, 38 – циркуляційний насос для підігрівача, 39 – Підігрівач, 49 – Розширювальний бак ВТ

Двигун запускається за допомогою пневмостартера, який є мотором з коробкою передач, запобіжною муфтою и валом приводу з шестернями. Окрім того, є також головний пусковий клапан системи управління.

Управління повітряним стартером – електричне, за допомогою соленоїдного пневматичного клапана. Клапан може бути задіяний вручну з панелі управління на двигуні, також він може бути пристосований для дистанційного керування, ручного або автоматичного.

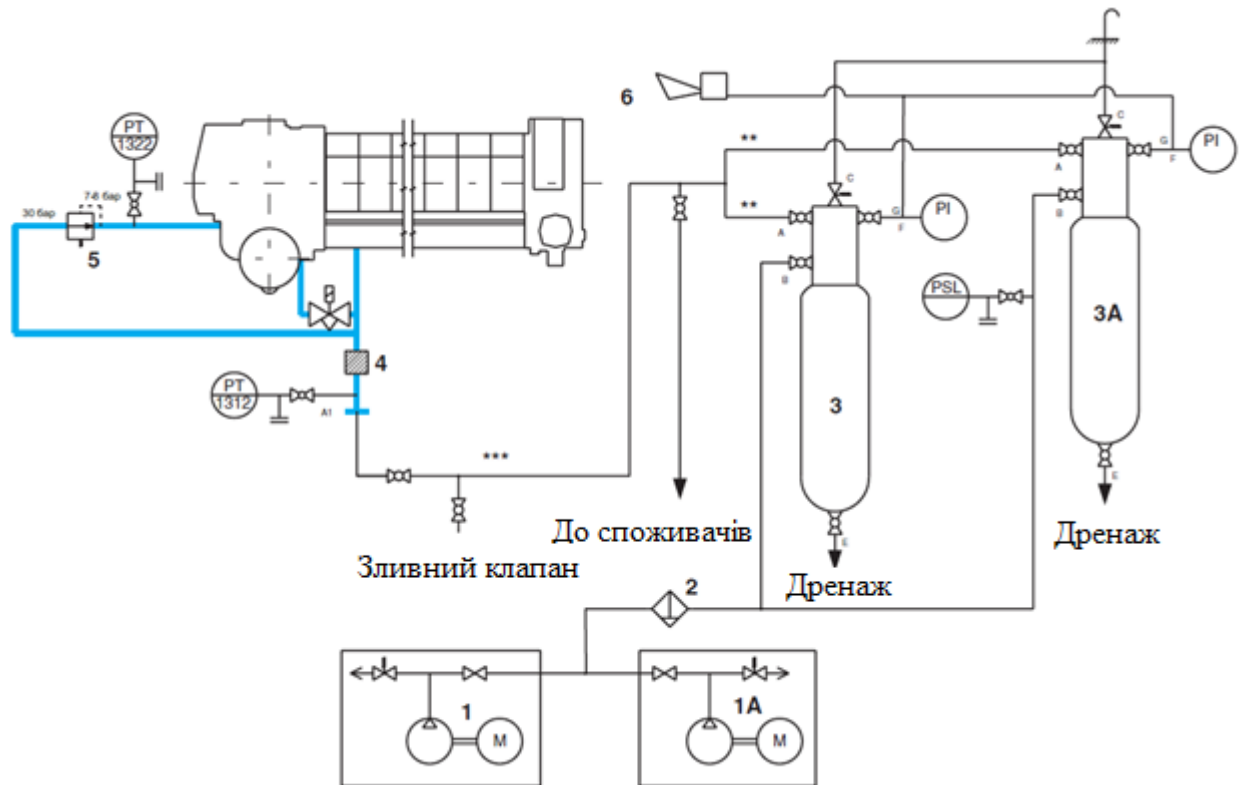


Рисунок 1.15 – Система стисненого повітря:

1 – компресор, 1А – компресор, 2 – фільтр з водо роздільником, 3 – балон пускового повітря, 3А – балон пускового повітря, 4 – фільтр, 5 – редукційний клапан, 6 – сифон

Для дистанційного включення котушка пуску приєднується таким чином, що кожен пусковий сигнал на пускову котушки проходить через функцію блокування пуску, з'єднану з системою захисту, встановлену на двигуні.

Крім того, пусковий клапан також діє в якості аварійного пускового клапана, за допомогою якого, в разі відмови живлення, повітряний стартер включається вручну.

При роботі двигуна подача повітря повинна не перериватися.

Як правило, кожен ПНВТ обладнаний пневматичним стоп-циліндром, який починає діяти при спрацьовуванні системи захисту. Система захисту оснащена електричним сигналом.

При відкритті пускового клапана повітря надходить в корпус приводного вала повітряного стартера. Повітря, впливаючи на поршень, вводить шестерню приводу в зачеплення із зубчастим вінцем на маховику двигуна.

Коли шестерня повністю введена в зачеплення, керуюче повітря надходить до головного пускового клапану і, відкриваючи його, потрапляє в повітряний стартер, який починає обертати двигун.

Коли частота обертання перевищить приблизно 158 хв^{-1} , при яких відбудеться спалах, пусковий клапан закривається, тим самим роз'єднуючи повітряний стартер з маховиком.

На двигуні реалізована концепція повністю електронного та резервного приладового оснащення, що забезпечує оператору всебічне і якісне уявлення, та надходження інформації про його стан.

Панель оператора – «Головний Двигун (ПО-ГД)» розміщена близько регулятора. Це зроблено для того, щоб забезпечити оператору найкращі умови щодо управління та контролю за всіма двигунами з одного поста.

Обчислювальний блок під назвою Alphacomm Safety (ACS) діє як незалежна система захисту, використовуючи ПО-ГД для відображення інформації. Обчислювальний блок під назвою Alphacomm Monitoring-Engine (АСМ-Е) виконує наступні завдання:

- діє як пристрій збору даних, використовуючи ПО-ГД для відображення інформації
- вимірювання і відображення найважливіших параметрів. Дубльовані вимірювання позначені на схемі символом "S".

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Устаткування двох блоків Alphacom, позначених ACS і АСМ-Е, ідентичні. Ці блоки діють як незалежні обчислювальні блоки, датчики яких безпосередньо приєднані до виходів. Електроживлення здійснюється від мережі постійного струму напругою 24 В з аварійним акумуляторним живленням. Блоки взаємодіють з панеллю оператора через послідовне з'єднання. Зв'язок блоків один з одним здійснюється через дубльовану мережу.

АСМ-Е пов'язаний з судновою системою управління за допомогою послідовного з'єднання, що дає доступ до всіх показань датчиків. ACS пов'язана з системою управління пропульсивного комплексу (PCS) за допомогою послідовного з'єднання, що робить можливим дистанційне відображення інформації і дії системи захисту.

Панель оператора головного двигуна (ПО-ГД) служить для трьох цілей:

- є каналом передачі даних до суднової системи керування;
- реалізує функції автоматичного управління головного двигуна;
- є резервною системою захисту

Взагалі, всі датчики є аналоговими, що дає користувачеві можливість прочитати точне значення будь-якого параметра. Здійснюється постійна перевірка того, що всі датчики знаходяться в встановлених межах вимірювання. Якщо який-небудь датчик вийде за свої межі виміру, оператор буде сповіщений про це.

Функція місцевого контролю використовує стовпчасті графіки або діаграми для представлення результатів усіх вимірювань на двигуні. Для зручності діаграми розташовані у вигляді мнемонічною схемою, яка показує орієнтовні положення датчиків двигуна.

На додаток до індикації на стовпчастих діаграмах, можна побачити точне значення кожного датчика, використовуючи дисплей "Measurement" ("Вимірювання") і кнопки. Над діаграмою, що відповідає обраному параметру, загориться жовта лампа. Цифровий дисплей під написом

"Measurement" покаже значення, що надходять від датчиків, приєднаних до АСМ-Е.

Система захисту

Система захисту діє як незалежна окрема система, що володіє своїми власні датчиками. Для того, щоб забезпечити ще більший рівень безпеки, функції захисту продубльовані в АСМ-Е, тобто при відмові діючої системи захисту, захист двигуна за допомогою автостопу буде забезпечуватися в повному обсязі через АСМ-Е, впливаючи на стоп-клапан регулятора.

У разі занадто високої частоти обертання турбонагнітача перепускний клапан відкриється для зниження оборотів турбонагнітача. При дистанційному управлінні PCS зазвичай уникає високої частоти обертання турбонагнітача, зменшуючи навантаження двигуна.

Захист за допомогою блокувань пуску діє і при дистанційному, і при місцевому управлінні. У разі несправності АСМ все блокування пуску автоматично будуть зняті. Оператор повинен запобігти небезпечну ситуацію при пуску двигуна, тобто перевірити, що валоповоротний механізм відключений.

Взагалі, всі виміри АСМ-Е можуть бути передані в судову систему керування, яка виявить можливі перевищення меж і видасть необхідний аварійно-попереджувальний сигнал по судну.

Підключення до судової АПС реалізовано за допомогою послідовного підключення "точка-точка". Нагляд за лінією зв'язку повинен здійснюватися судовою системою керування, тому що вона діє як головна.

Відповідно до програми обслуговування двигуна перевірки датчиків повинні проводитися при будь-якому великому перебиранні. Перевірка повинна засвідчити, що в разі ненормальних умов роботи для запобігання великої поломки буде видано попередження.

РОЗДІЛ 2

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ СУДНА ШЛЯХОМ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ДВИГУНА

2.1 Вплив водопаливної емульсії на робочий процес двигунів

Струмінь палива, що впорскується складається з великої кількості крапель розміром 5-30 мкм. Емульговане паливо має велику питому масу, підвищену в'язкість і поверхневий натяг. Тому спостерігається зменшення витоків палива в плунжерних парах паливних насосів і підвищення тиску палива в трубопроводі, що в свою чергу призводить до збільшення швидкості витікання палива з форсунки, дисперсності розпилювання палива, довжини факела, кута конуса струменя, а також до зміни розподілу палива за обсягом струменя [4].

При уприскуванні безводного палива в міру його випаровування загальна поверхня крапель зменшується, а у емульгованому паливі за рахунок мікровибухів поверхня крапель збільшується в кілька разів. В результаті розриву крапель відбувається їх подрібнення, більш інтенсивне перемішування парів палива з повітрям. Факел палива, що впорскується займає значно більший обсяг. Незважаючи на велику питому масу емульсії, далекобійність струменя не збільшується, а відбувається розширення факела по об'єму камери згоряння. Вода, що знаходиться в емульгованому паливі, впливає на перебіг всіх періодів процесу горіння.

Крапля емульсії, що впорснули, за період затримки самозаймання нагрівається і вибухає. Потім розірвана крапля з великою швидкістю випаровується і, перемішуючись з повітрям, починає реагувати з киснем. Нагрівання і випаровування крапельок води, що входить в емульсію, викликають додаткове охолодження робочого тіла, яке може привести до

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

зменшення швидкості хімічної реакції і збільшенню тривалості періоду затримки самозаймання. Однак період затримки самозаймання залежить від температури і тиску в камері, тому тривалість його можна зменшити більш раннім уприскуванням ВПЕ, збільшенням ступеня стиснення та ін.

Період швидкого початкового горіння звичайно приймається від початку запалення палива до моменту досягнення максимального тиску в циліндрі. Цей період характеризується значним наростанням швидкості згоряння, зростанням тиску і температури в циліндрі. Основним фактором, що впливає на протікання процесу, є накопичення палива за період затримки самозаймання.

При спалюванні водопаливної емульсії накопичення палива відбувається повільніше, ніж при використанні звичайного палива, так як деяку частину уприснутого обсягу займає вода, входить до емульсії. Згоряння емульгованого палива протікає швидше, ніж безводного. Наприклад, емульсія мазуту згорає на 25-30% швидше, ніж безводний мазут.

Періодом основного горіння вважається період від моменту досягнення максимального тиску до точки, в якій показник політропи розширення дорівнює адіабаті ($n_2 = k$) Цей період характеризується різким зменшенням кількості проміжних продуктів реакції і швидким збільшенням кінцевих продуктів реакції. Тривалість періоду визначається досконалістю підведення повітря до палива і продуктів його проміжного окислення. Інтенсивність перемішування реагуючих компонентів набуває вирішального значення.

При використанні ВПЕ в період основного горіння впорскується велика кількість палива. Через більш тривале уприскування і мікровибухи відбувається додаткове перемішування парів палива, повітря і кінцевих продуктів реакції. Збільшення кількості уприскуваного емульгованого палива сприятливо позначається і на регулюванні процесу згоряння. У той же час зростання загальної тривалості горіння небажано, надмірна розтягнутість вприскування може різко скоротити досягнутий ефект.

В останньому періоді підвищена концентрація водяної пари в зоні займання-горіння, має найбільший вплив на швидкість процесу окислення і горіння палива при найвищих температурах циклу.

Останній період характеризується безперервним зниженням температури робочого тіла і концентрації вихідних компонентів - палива і кисню. Тривалість періоду залежить від ступеня турбулізації суміші. Підвищений вміст вологи в високотемпературній газовій суміші сприяє активному протіканню процесів газифікації сажистих залишків палива, це також підтверджується зменшенням коксоутворення і нагароутворення при введенні води в циліндр дизеля. Зменшення подачі водопаливної емульсії в останній період (враховуючи збільшення її подачі в попередньому періоді) дозволить підвищити економічність циклу.

Вивчення впливу водопаливних емульсій на процес згоряння палива в двигунах внутрішнього згоряння показало, що добавка води до палива дає можливість якісно регулювати окремі періоди процесу згоряння.

Вплив емульгованого палива на робочий процес дизеля оцінювали багато дослідників, як у нас в країні, так і за кордоном.

Явища, що відбуваються в камері згоряння дизеля можна представити у вигляді комплексу взаємно впливаючих та доповнюючих фізичних і хімічних процесів.

1 Фізична дія на макро і мікросмесеобразованіє. До них відносяться процеси, що забезпечують більш тонке розпилювання і вторинне дроблення крапель ВТЕ в результаті мікровибухів.

2 Хімічна і каталітична дія води на процес горіння палива.

Емульсією називають суміш, що складається з двох нерозчинних рідин, одна з яких розподілена в іншій у вигляді частинок діаметром 0,1-100 мкм.

Мікрогетерогенні прийнято називати емульсії, що складаються з частинок води розміром від 1 до 10 мкм. Невидимі в оптичний мікроскоп

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

частинки називають колоїдними. Розмір колоїдних частинок знаходиться в діапазоні від 1 до 400 нм. Для вивчення колоїдних розчинів використовують електронні мікроскопи.

Фізичні властивості ВПЕ (в'язкість, щільність, температура спалаху і застигання та ін.) Визначаються тими ж показниками, що і властивості безводного палива. Однак існують характеристики, які властиві тільки емульсіям. До них відносяться: дисперсність, гетерогенність, концентрація дисперсної фази, стійкість.

Дисперсністю називається величина обернено пропорційна середньому діаметру крапель води і характеризує тонкість приготування емульсії. Зі збільшенням дисперсності збільшується сумарна поверхня і площа контакту води з паливом, підвищується вплив механізмів, діючих на розділі незмішуваних між собою рідин. Якщо дисперсна фаза рухлива, то система називається вільнодисперсна.

Кількість води в емульсії впливає на економічні, екологічні та ресурсні показники дизеля. Оптимальний вміст води залежить від виду палива, конструкції дизеля і режиму його роботи. Вибір оптимальної концентрації проводиться за результатами випробувань конкретного двигуна і носить компромісний характер. У суднових дизелях використовуються концентровані ВТЕ з масовою концентрацією води в діапазоні 5-25%.

Стійкістю емульсії прийнято називати її здатність зберігати з часом дисперсність і рівномірність розподілу водної фази в займаному обсязі. Стійкість є важливою характеристикою ВТЕ, так як вона багато в чому визначає безвідмовність і надійність роботи дизеля.

Емульсія, приготовлена з дистильованого дизельного палива і води, є нестійкою. Відразу ж після приготування, емульсія починає розшаровуватися на воду і пальне. Основними видами втрати стійкості емульсій є седиментація і коалесценція.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Седиментацією називають явище розшарування між собою компонентів під дією сили тяжіння, які не змішуються (легкі частинки прагнуть спливи, а важкі випасти в осад).

Явищу седиментации сприяє процеси флокуляції та коалесценції.

Флокуляцією називають процес злипання окремих крапель без злиття в їх більш великі краплі. Швидкість седиментації флокульованих (злиплених між собою) крапель вище, ніж окремих крапель. Чим більше розходження в питомій вазі рідин і чим більше розміри включень води - тим інтенсивніше відбувається процес поділу рідин і випадання осаду.

Коалесценції називають процес злиття дрібних крапель в більші. В результаті збільшується ступінь дисперсності емульсії. При коалісценції відбувається перехід з метастабільного в термодинамічно стійкий стан. Результатом цього процесу також може стати повне руйнування (розшарування) емульсії на воду і пальне.

Як було зазначено раніше, вода, що знаходиться в емульсії надає на процеси сумішоутворення і горіння розпорошеного в палива фізичне, хімічне та каталітичну дію.

До фізичним процесам поліпшують якість сумішоутворення і згорання при роботі на ВПЕ відносять і явища «мікрровибухів» парів води в краплях палива. Мікрровибухи знижують локальні температури в камері згорання і зменшують концентрацію оксидів азоту у відпрацьованих газах.

В оцінці впливу мікрровибухів на робочий процес дизеля також немає єдиної думки. Одні вважають, що мікрровибухи є потужним засобом поліпшення сумішоутворення і згорання розпорошеної емульсії, інші - що це вплив вельми незначний.

Хімічний і каталітичний вплив води на робочий процес визначається наступними явищами. Згідно теорії про каталітичний вплив води на процеси займання і горіння палива, підвищений вміст парів води в горючій суміші і в продуктах згорання робить позитивний вплив на процес горіння палива.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Відомо, що в безводневій суміші вигорання окису вуглецю практично не відбувається. Однак при підвищенні вологості в 1% спостерігається майже повне її вигорання. Це явище пояснюють каталітичним дією парів води. У полум'ї, вода частково розкладається на водень, кисень і гідроксильну групу і діє на процес окислення окису вуглецю як каталізатор.

Каталітична дія води здійснюється наступним чином. Молекули води і кисню мають приблизно однакову резонансну частоту коливань, і енергія, передана однією молекулою, буде легко сприйматися іншою. Крім того, молекула води полярна, а це означає, що присутність води додатково поляризує середовище, в якому відбувається процес горіння.

Найбільш повно пояснює каталітичний вплив парів води на горіння палива теорія горіння і ланцюгових реакцій. Відповідно до неї, вихідні речовини перетворюються в кінцеві продукти з утворенням ряду проміжних хімічних сполук.

У початковій стадії окислення швидкість ланцюгової реакції залежить від концентрації атомарного водню. Далі хімічна реакція йде зі значним самоприскоренням і підвищенням температури, тобто екзотермічно. Для прискореного розвитку ланцюгової реакції необхідно збільшувати початкову концентрацію атомів водню. У дизелях це можна досягти за допомогою введення присадки води до палива.

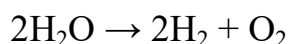
Перші досліді, що стосуються дослідження впливу води на процес горіння вуглеводневого палива, були проведені шляхом додавання у камеру згорання двигуна разом з паливом важкої води, що містить ізотопи кисню. При аналізі складу відпрацьованих газів, у вуглекислому газі було виявлено близько 45% ізотопів кисню.

При високій температурі відбувається термічна дисоціація молекул води на водень і кисень, а також дисоціація молекул води на водень і гідроксил. Наявність у полум'ї великої кількості активних центрів гідроксилу

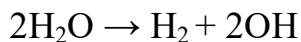
					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

і атомарного водню сприяють підвищенню швидкості горіння вуглеводневих палив.

Процес дисоціації води відбувається в наступній послідовності. Спочатку за рахунок високої температури горіння палива відбувається дисоціація молекул водяної пари на водень і кисень.



Потім відбувається дисоціація води на водень і гідроксил



Кисень, водень і гідроксил, що утворилися з води, надалі беруть участь в процесі горіння вуглеводневого палива. Крім цього, при введенні води в якості присадки до палива або повітря збільшується концентрація активних центрів. У зв'язку з тим, що швидкість ланцюгових реакцій пропорційна концентрації активних центрів, то наявність парів води в камері згоряння дизеля збільшує швидкість хімічних реакцій при горінні палива.

2.2 Метод Гриневецького – Мазінга

В даному дипломному проекті буде розглядатися розрахунковий цикл, який базується на класичному методі теплового розрахунку, розробленого професором В. І. Гриневецьким в 1907 р. А після, радянські вчені Е. К. Мазінг, Н. Р. Брілінг, А. С. Орлін, Б. С. Стечкин розвинули цей метод стосовно до різних типів двигунів [5].

Метод теплового розрахунку заснований на загальновідомих положеннях термодинаміки і термохімії, досить повно охоплює сутність

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

теплових явищ, що відбуваються в робочому циліндрі, і являє собою інженерне аналітичне дослідження. На його основі можна:

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

Розрахунковий цикл поршневого ДВС значно відрізняється від ідеальних циклів. У розрахунковому циклі ДВЗ змінюються кількість робочого тіла, його склад і фізичні властивості. Внаслідок кінцевої швидкості згоряння і дисоціації продуктів згоряння, прихована в паливі хімічна енергія, виділяється не миттєво. У процесі розширення відбуваються догоряння палива і відновлення дисоційованих газів з виділенням теплоти. У розрахунковому циклі робоче тіло не можна приймати з постійними теплоємністю, так як температура і склад газів в циліндрі значно змінюються. У розрахунковому циклі є також теплові та аеродинамічні втрати.

Метод забезпечує задовільну для практики точність розрахунків, незважаючи на те, що цикл, який протікає в двигуні, описується найпростішими термодинамічними процесами і вводиться ряд опитних коефіцієнтів, що оцінюють реальні умови протікання робочих процесів у двигуні.

Розрахунковий цикл судових ДВЗ складається з п'яти послідовних процесів: наповнення, стиску, згорання палива, розширення і випуску.

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

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						37
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Точність розрахунку вважалася задовільною, якщо різниця між заданої і 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.

2.3 Обґрунтування вибору основних параметрів робочого циклу двигуна

Температура навколишнього повітря T_0 . Приймаємо $T_0 = 293$ К.

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 з урахуванням одночасного досягнення заданої потужності і найкращої можливої економічності. Вибір остаточного значення α

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

робиться з вибором оптимального значення P_k . З урахуванням переліченого встановлюємо $\alpha = 2,34$.

Коефіцієнт залишкових газів γ_r . Вплив на значення цього коефіцієнту завдають тип двигуна, особливості повітропостачання і газообміну. Приймаємо $\gamma_r = 0,025$.

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 проектного. Приймаємо $\xi_z = 0,92$; $\xi_b = 0,95$.

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 $\Delta T_a = 20$ К.

Коефіцієнт округлення індикаторної діаграми ζ . Величину цього коефіцієнту вибирають на підставі дослідних даних, звертають увагу на тип двигуна та особливості системи газообміну. Приймаємо $\zeta = 0,98$.

Зменшення тиску у повітроохолоджувачі $\Delta P_{охл}$. Повітроохолоджувач являє собою опір на шляху повітря, тому у ньому відбувається зменшення тиску повітря. У числовому виразі $\Delta P_{охл} = 0,005$ МПа.

Хімічний склад палива. Розрахунок проводиться на паливо середнього складу [6]:

$C = 0,870$ - кількість вуглецю;

$H = 0,128$ кг - кількість водню;

$S = 0,002$ кг - кількість сірки;

$O = 0,004$ кг - кількість кисню.

Нижча теплота згоряння палива Q_n . Приймаємо $Q_n = 42720$ кДж/кг.

Кількість циліндрів i . Згідно даних двигуна - прототипу $i = 5$.

Діаметр циліндру D . Згідно даних двигуна - прототипу $D = 0,21$ м.

Хід поршня S . Згідно даних двигуна - прототипу $S = 0,31$ м.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тактності z . Для чотирьохтактних двигунів $z=0,5$.

2.4 Розрахунок робочого циклу

Розрахунок процесу наповнення

Температура повітря за компресором, К

$$T_k = T_0 \times \left(1 + \frac{\frac{P_k}{P_0}^{0,286} - 1}{\eta_{k.ad}} \right) = 293 \times \left(1 + \frac{\frac{0,41}{0,1013}^{0,286} - 1}{0,805} \right) = 471,93$$

Температура повітря перед двигуном, К

$$T_s = T_k - \eta_o \times (T_k - T_0) = 471,93 - 0,8 \times (471,93 - 293) = 316,26$$

Температура заряду наприкінці процесу наповнення, К

$$T_a = \frac{T_s + \Delta T_a + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{316,26 + 20 + 0,025 \times 820}{1 + 0,05} = 348,06$$

Тиск повітря перед двигуном, МПа

$$P_s = P_k - \Delta P_{ox} = 0,41 - 0,005 = 0,405$$

Тиск заряду наприкінці процесу наповнення, МПа

$$P_a = \xi_a \times P_s = 0,99 \times 0,397 = 0,401$$

Коефіцієнт наповнення

$$\eta_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_a}{P_s} \times \frac{T_s}{T_a} \times \frac{1}{1 + \gamma_r} \times (1 - \eta_n) = \frac{12}{12 - 1} \times \frac{0,389}{0,397} \times \frac{342,8}{374,1} \times \frac{1}{1 + 0,05} \times (1 - 0,0) = 0,933$$

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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, випар палива, згоряння палива наприкінці стиску. У зв'язку із цим точний термодинамічний опис процесу стиску в реальному двигуні ускладнено.

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].

При виборі величини n_1 , необхідно враховувати наступне: зі збільшенням частоти обертання колінчатого вала n_1 збільшується; при підвищенні середньої температури процесу стиску n_1 зменшується; зі зменшенням інтенсивності охолодження двигуна n_1 збільшується; зі зменшенням відносини поверхні охолодження до об'єму циліндра n_1 збільшується; для дизелів з нерозділеними камерами згоряння $n_1 = 1,32 \dots 1,42$, приймаємо в розрахунок:

$$n_1 = 1,361$$

Тиск в кінці процесу стиску, МПа

$$P_c = P_a \times \varepsilon^{n_1} = 0,401 \times 15^{1,361} = 16,731$$

Температура в кінці процесу стиску, К

$$T_c = T_a \times \varepsilon^{n_1 - 1} = 348,06 \times 15^{1,361 - 1} = 937,04$$

Розрахунок процесу згоряння

Дійсна кількість повітря для згоряння, кмоль/кг

$$L = \frac{\alpha}{0,21} \times \frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} = \frac{1,6}{0,21} \times \frac{0,870}{12} + \frac{0,128}{4} + \frac{0,002}{32} - \frac{0,004}{32} = 1,164$$

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Хімічний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta_0 = 1 + \frac{8 \times H + O}{32 \times L} = 1 + \frac{8 \times 0,130 + 0,004}{32 \times 1,164} = 1,0276$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} = \frac{0,9049 + 0,025}{1 + 0,025} = 1,0269$$

Доля палива, що згоріла в точці z

$$x_z = \frac{\xi_z}{\xi_b} = \frac{0,92}{0,95} = 0,968$$

Коефіцієнт молекулярної зміни в точці z

$$\beta_z = 1 + \frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_r} \times x_z = 1 + \frac{1,0276 - 1}{1 + 0,025} \times 0,968 = 1,026$$

Максимальна температура згоряння, К

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

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

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

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

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

Це рівняння розв'язується методом послідовних наближень, для чого у першому наближенні приймаємо $T_z = 1600$ К. Після вирішення декількох рівнянь отримуємо:

$$T_z = 1825$$

Максимальний тиск згоряння, МПа

$$P_z = \lambda \times P_c = 1,2 \times 16,731 = 20,007$$

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок процесу розширення

Ступінь попереднього розширення

$$\rho = \frac{\beta_z}{\lambda} \times \frac{T_z}{T_c} = \frac{1,026}{1,2} \times \frac{1825}{937,04} = 1,665$$

Ступінь подальшого розширення

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{15}{1,665} = 9,31$$

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 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 приймемо:

$$n_2 = 1,284$$

Температура в кінці процесу розширення, К

$$T_b = T_z \times \frac{1}{\delta^{n_2-1}} = 1825 \times \frac{1}{9,31^{1,284-1}} = 968,213$$

Тиск в кінці процесу розширення, МПа

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = \frac{20,007}{9,31^{1,284-1}} = 1,144$$

Визначення індикаторних показників

Теоретичний середній індикаторний тиск, МПа

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

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$= \frac{16,731}{15-1} \times 1,2 \times (1,665-1) + \frac{1,2 \times 1,665}{1,361-1} \times 1 - \frac{1}{9,31^{1,361-1}} - \frac{1}{1,284-1} \times 1 - \frac{1}{15^{1,284-1}} = 2,723$$

Дійсний середній індикаторний тиск, МПа

$$P_i = P'_i \times \zeta \times (1 - \eta_n) = 2,723 \times 0,98 \times (1 - 0,08) = 2,669$$

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

$$g_i = 433 \times \frac{P_s \times \eta_n}{\alpha \times L_0 \times T_s \times P_i} = 433 \times \frac{0,405 \times 0,938}{2,34 \times 0,495 \times 316,261 \times 2,669} = 0,168$$

Індикаторний ККД

$$\eta_i = \frac{3600}{g_i \times Q_n} = \frac{3600}{0,168 \times 42720} = 0,501$$

Визначення ефективних показників

Середній ефективний тиск, МПа

$$P_e = P_i \times \eta_m = 2,669 \times 0,9 = 2,402$$

Ефективний ККД двигуна

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_m = 0,501 \times 0,9 = 0,451$$

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

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = \frac{0,168}{0,9} = 0,187$$

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Ефективна потужність двигуна,

$$N_e = 13,1 \times D_c^2 \times S_c \times z \times P_e \times n \times i = 13,1 \times 0,21^2 \times 0,31 \times 0,5 \times 2,402 \times 1000 \times 5 = 1004,625$$

Порівняння заданої та отриманої потужності двигуна

$$\Delta N = \frac{N_e - N'_e}{N_e} \times 100\% = \frac{1004,625 - 1000}{1004,625} \times 100 = 0,42\%$$

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

2.5 Вплив властивостей водопаливної емульсії на екологічні показники суднових дизелів

Одним з ефективних маловитратних і простих способів зменшення викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами суднових дизелів є застосування присадки води до палива у вигляді емульсії.

Дослідна експлуатація суднових дизелів на водопаливних емульсіях важкого палива з водою в Західно-Сибірському річковому пароплаванні показала помітне поліпшення економічності, зниження шкідливих викидів і температури відпрацьованих газів.

Температура відпрацьованих газів зменшується на 2..3%. Це досягається завдяки поліпшенню процесу сумішоутворення, оптимізації процесу тепловиділення протягом робочого процесу і підвищенню повноти згоряння палива.

Необхідно зазначити, що частина тепла, яке виділилася при згоранні палива, витрачається на прогрів і випаровування міститься в емульсії води. В результаті, на 150..200 К знижується максимальна температура циклу, а також на 400..500 К локальні температури в окремих областях камери згоряння. Відомо, що азот, який міститься в повітряному заряді, окислюється

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

при температурі не менше 1500 К, тому внаслідок зниження температури в камері згоряння дизеля буде зменшуватися і концентрація оксидів азоту у відпрацьованих газах. При вмісті води в емульсії в кількості 5..40% димність відпрацьованих газів знижується в 2..4 рази, концентрація оксидів азоту на 30..50%.

Концентрація оксидів азоту у відпрацьованих газах дизеля знижується при зменшенні розмірів включень води, а питома ефективна витрата палива, навпаки. Найменша витрата палива досягається при дисперсності водної фази 2..15 мкм. При занадто малих, а також при дуже великих розмірах крапель витрата палива збільшується

На рисунку 2.1 наведені навантажувальні характеристики чотиритактного дизеля потужністю 73,6 кВт при частоті обертання колінчастого вала 1200 об / хв. З наведених на малюнках даних видно, що зі зменшенням розмірів включень води в емульсії викиди оксидів азоту зменшуються при одночасному збільшенні питомої ефективної витрати палива.

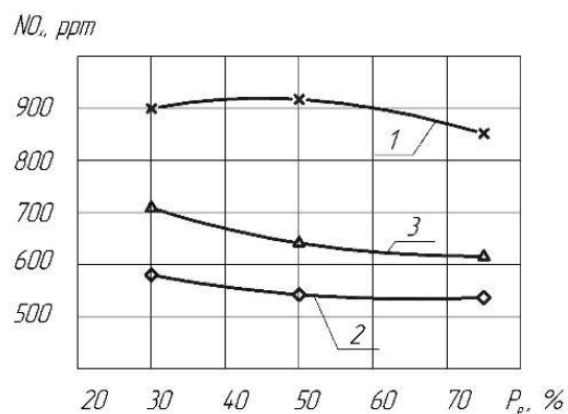


Рисунок 2.1 - Залежність концентрації оксиду азоту, що міститься у відпрацьованих газах від дисперсності ВПЕ дизельного палива: 1 - дизельне паливо; 2 - $d_w = 0,20$ мкм; 3 - $d_w = 0,45$ мкм.

Однак, при повному навантаженні ефект діаметрально протилежний. На дрібнодисперсного емульсії диметром частинок 0,20 мкм, в порівнянні з безводним паливом, на всіх навантаженнях ефективний ККД підвищується що свідчить про зменшенні питомої ефективної витрати палива.

Водопаливної емульсія є ефективним засобом скорочення викидів оксидів азоту з відпрацьованими газами дизелів. Зі зменшенням розмірів включень води в емульсії, в переважній більшості дослідів спостерігається подальше зменшення концентрації NO_x , однак цей напрямок поліпшення екологічних показників може негативно позначитись на економічності.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						47
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ВОДОПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ

3.1 Фізико-хімічні властивості водопаливних емульсій

В даний час велика увага приділяється використанню водопаливних емульсій. Цей новий вид палива стає загальновизнаним і набуває широкого поширення на транспорті. Водопаливні емульсії проходять випробування як на карбюраторних двигунах, так і на дизелях. Існує кілька методів, приготування ВПЕ. Наприклад, в бак заливається вже готова емульсія, яка здатна зберігатися без значного розшарування кілька діб. Розроблено способи безпосереднього приготування емульсії перед її вживанням в енергетичних установках, які знаходять поширення на флоті та у залізничному транспорті [6].

Габарити і продуктивність установок для приготування емульсій відповідають судновим вимогам і вписуються в загальну компоновку машинних відділень.

Проведені глибокі теоретичні дослідження впливу ВПЕ на робочий процес. Створені перші напівпромислові установки для отримання емульгованого палива з автоматичним дозуванням води. На флотах є деякий досвід роботи судових дизелів на емульгованому паливі. Кілька судів постійно працюють на ВПЕ.

При роботі дизелів на важких сортах палив можуть погіршитися якість розпилювання, сумішоутворення і згоряння палива, зрости температура випускних газів і димність, збільшитися корозійний знос деталей циліндро-поршневої групи і паливної апаратури. Внаслідок цього необхідно розробляти нові методи вдосконалення процесу згоряння важких палив в

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						48
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

дизелях. Застосування водопаливних емульсій дозволяє частково вирішити виникаючі проблеми при використанні важких палив.

Наявність води в паливі прийнято вважати небажаним, так як вода знижує теплоту згоряння палива і підвищує температуру його застигання, а крім того, двигун може працювати нестабільно. Все це справедливо в тому випадку, якщо вода присутня в паливі в шаровому вигляді або нерівномірно вводиться разом з робочою сумішшю в камеру згоряння. Для отримання однорідної суміші необхідно рівномірно розподілити воду в паливі і притому таким чином, щоб спектр крапель води в паливі був оптимальним. Така суміш води і палива є емульсією.

Водопаливної емульсії, утворені двома рідинами (вода і мазут), між якими немає взаємодії, відносяться, гідрофобним. Емульсії бувають прямого і зворотного типів. Стосовно до двигунів внутрішнього згоряння найбільший інтерес представляють емульсії зворотного типу вода-масло, в яких дисперсною фазою є вода, а дисперсійним середовищем - органічна рідина (масло, паливо). При утворенні емульсії відбуваються дроблення дисперсної фази (води) і перемішування її з дисперсійним середовищем. В результаті диспергування вода розбивається на дрібні крапельки розміром від 1 до 5 мкм, причому кожна краплина води з зовнішнього боку, по межі розділу фаз, покрита тонким шаром природного або штучного емульгатора, що запобігає злиттю крапельок і підвищує стійкість емульсії. У той же час шар емульгаторів може перешкоджати прямому контакту металевих поверхонь деталей паливної апаратури і води. При наявності у воді присадок вони можуть захищати метал від корозії.

При використанні емульгованого палива на базі мазуту не потрібно додатково вводити емульгатор, так як в мазуті в достатній кількості є асфальтени - природні емульгатори, що забезпечують високу стабільність емульсії.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						49
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Вода, що вводиться в паливо, робить істотний вплив на деякі його фізико-хімічні показники: теплоту згоряння, щільність, в'язкість, поверхневий натяг, температуру спалаху.

Теплота згоряння водомазутних емульсій залежить в основному від вмісту в них води у зв'язку з витратами теплоти на її випаровування. При використанні емульсій мазутів М-40, М-60, М-80 з вмістом води 10-20% збільшення витрати мазуту становить 0,8-1,5% на 1% води по відношенню до безводному мазуту [7].

Щільність емульсії залежить від щільності компонентів і їх кількісного співвідношення при даній температурі.

$$\rho_{\varepsilon}^{(t)} = \rho_T^{(t)} S_T + \rho_B^{(t)} S_B$$

де ρ_{ε} , ρ_T , ρ_B – щільність емульсії, палива і води; S_T , S_B – об'ємні частки палива і води.

В'язкість емульсії залежить від процентного вмісту і в'язкості дисперсної фази (води) і дисперсного середовища (палива), а також від температури підігріву. В'язкість ВПЕ вище в'язкості вихідних палив (дизельного, моторного). Зі збільшенням температури підігріву емульсії розрив між в'язкістю емульсії і вихідного палива скорочується. На рис. 3.1 представлена залежність в'язкості емульсії моторного палива дизельного палива від температури при різній вологості. За цими даними отримана емпірична залежність в'язкості емульсії від процентного вмісту в ній води

$$\nu_{\varepsilon} = (1 + 16,3W^{1,4}) \nu_T$$

де ν_{ε} – кінематична в'язкість емульсії і палива, $\text{м}^2 / \text{с}$; W – відносний вміст води в емульсії.

У дослідях застосовували природні та штучні емульгатори для стабілізації ВПЕ. Природним стабілізатором ВПЕ є добавка 5% мазуту. Крім того, застосовували суміш 0,5% гумового клею і 0,5% емульсолу 32 для ВПЕ на основі дизельного палива і гасу.

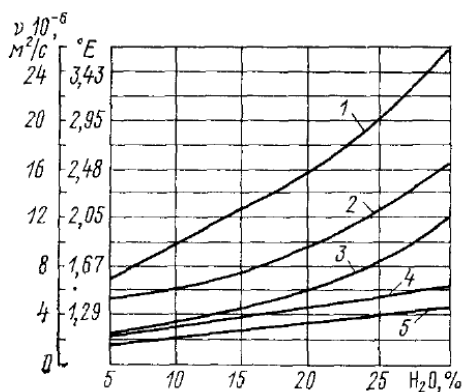


Рисунок 3.1 – Залежність в'язкості емульсій моторного палива ДТ від температури: 1 - ДП; 2 - ДП + 10% води; 3 - ДП + 20% води; 4 - ДП + 30% води; 5 - ДП + 40% води.

Як видно з кривих, в'язкість ВПЕ на основі гасу і дизельного палива зі збільшенням вмісту води зростає, але з різною інтенсивністю.

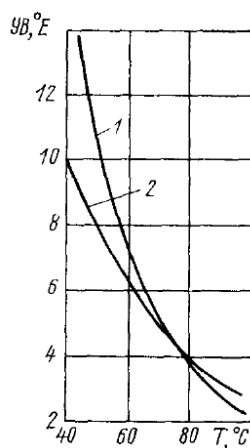


Рисунок 3.2 – Залежність в'язкості водопаливної емульсії мазуту від температури

Поверхневий натяг є одним з параметрів, що визначають ефективність розпилювання палива, і залежить від температури, виду рідини і дотичних з цією рідиною фаз (газ-рідина, вода-паливо). Для емульсій дуже важливе значення має поверхневий натяг $\sigma_{ш}$ на межі розділу дисперсної фази і дисперсійного середовища, яке впливає на дисперсність і стійкість емульсії, тому що чим менше ця величина, тим швидше, тонше і рівномірніше можна розділити дисперсну фазу і отримати більш якісну і стабільну емульсію. Від поверхневого натягу σ_2 на границі з повітрям (газом) залежить якість розпилювання емульсії в камері згоряння. Чим нижче ця величина, тим менше опір рідини збільшенню її поверхні і тонше розпил палива, що забезпечує більш ефективне і повне його згоряння. На рис. 3.4 представлена залежність поверхневого натягу емульсій моторного палива дизельного палива на границі з повітрям від температури. Поверхневий натяг емульгованого палива в значній мірі залежить від температури і тим сильніше, чим більше води в емульсії [8].

Температура спалаху T_{cn} є експлуатаційним фактором, який визначає ступінь пожежної безпеки використовуваного палива і регламентується регістром. З ростом процентного вмісту води температура спалаху емульгованого палива підвищується і, відповідно, підвищується безпека використання такого палива. Залежність можна представити у вигляді емпіричної формули

$$T_{cn} = 88 + 668W$$

Температура застигання T_3 також відноситься до експлуатаційних факторів. Величина T_3 емульгованого палива вища, ніж вихідного палива. Для моторного палива з $T_3 = -10^\circ \text{C}$ вода, що вводиться в паливо, буде підвищувати температуру застигання по залежності.

$$T_3 = 20,7W - 10$$

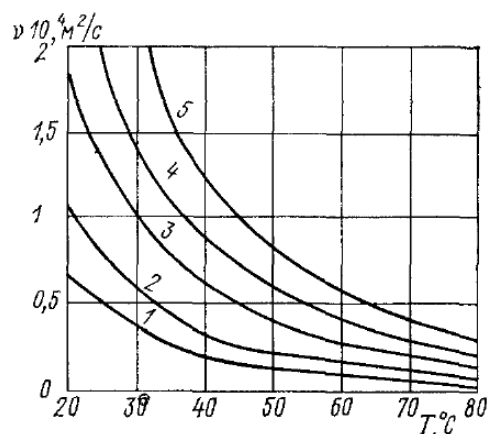


Рисунок 3.3 – Залежність в'язкості емульсій дизельного палива ДЛ і гасу від вмісту води і емульгатора: 1 - емульсія ДЛ при 20 ° С і 5%; мазуту; 2 - емульсія ДЛ при 50 ° С і 5% мазуту; 3 - емульсія ДЛ при 20 ° С, 7,5% гумового клею і 0,5% емульсолів 32; 4 - емульсія ДЛ при 20 ° С і 0,5% емульсолів 32; 5 - емульсія гасу при 20 ° С, 0,5% гумового клею і 0,5% емульсолів 32

Водопаливну емульсію контролюють по дисперсності, яка вбирає в себе інші показники, що характеризують емульсію як паливо.

Дисперсність – головний показник якості емульсії, що відображає рівномірність розподілу води в масі палива, стійкість емульсії, її в'язкість і ін. Чим вище дисперсність, чим менше розмір краплі водної фази і відмінність крапель один від одного, тим рівномірніше розподіляється вода в паливі і вище якість емульсії як палива. Розміри крапель води повинні становити 1-5 мкм. Дисперсність емульсії залежить від щільності, в'язкості, поверхневого натягу вихідного палива та установки для приготування емульсії.

Питання про оптимальну дисперсності (спектр) емульсій надзвичайно важливе, але мало досліджене. Очевидно, оптимальні розміри частинок води залежать від базового палива, типу паливної апаратури, конструкції камери згоряння, ступеня форсування дизеля і режимів його роботи.

За структурою ВПЕ можуть бути: 1 - водосмолистими; 2 - водопарафіновими; 3 - водопарафіносмолистими; 4 - водостабілізуючі (рис. 3.16).

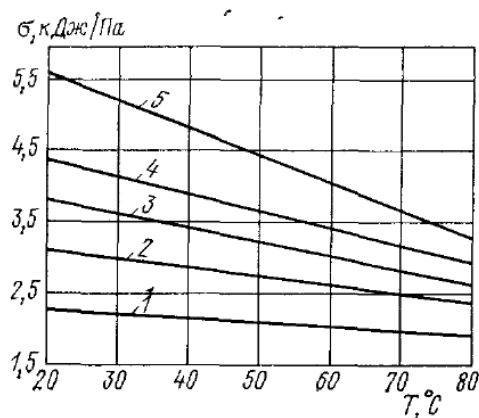


Рисунок 3.4 – Залежність поверхневого натягу емульсій моторного палива ДТ від температури

Перші три типи відносяться до ВПЕ з природними стабілізаторами, що входять до складу базового палива; останній - до ВПЕ з синтетичними стабілізаторами водної фази, які штучно вводяться.

Водосмолисті емульсії утворюються в результаті концентрації на поверхні водної краплі смол і асфальтенів палива, які внаслідок підвищеної поверхневої активності міцно обволікають частинки води. При цьому виходять досить стійкі емульсії. При охолодженні парафіністих палив, що містять воду, утворюються водопарафінові емульсії. Кристали парафіну утворюють кристалічну решітку навколо глобул води. Емульсії цього типу вельме нестабільні.

Більшість палив мають вуглеводні парафінового та ароматичного роду і з водою утворюють водопарафіносмолисті емульсії. Поверхнево-активні асфальтени і смоли концентруються на поверхні водяних глобул. Утворюється система у вигляді парафіново кристалічної решітки з включеннями глобул води, оточених смолами і асфальтенами. При нагріванні парафінова решітка може руйнуватися, але система залишається міцною.

Цікаво, що при гомогенізації палив дробляться не тільки частинки механічних домішок, а й утворюються тонкодисперсні ВПЕ. Наприклад, в експортному мазуті при вмісті води 5% і 10% середній розмір глобул води становив 90-120 мкм, після гомогенізації 2-3 мкм [9].

Четвертий тип ВПЕ - штучно стабілізовані емульсії. У водну фазу вводять поверхнево-активні речовини (ПАР) та інші присадки, які обволікають глобули води стійкими молекулярними шарами і не дають їм об'єднуватися.

Використання спеціально приготованих емульсій у вигляді рівномірної суміші палива нафтового походження і прісної води дозволяє зменшити витрату палива при незмінному навантаженні дизеля на 4-10% в високооборотних і на 3-6% в середньо-і малооборотних дизелях. Витрата палива знижується завдяки поліпшенню сумішоутворення, підвищенню динаміки тепловиділення при згорянні і збільшенню повноти згорання палива.

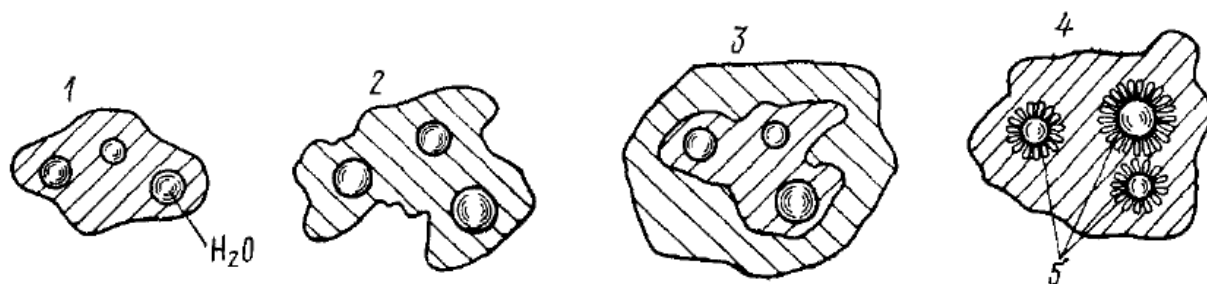


Рисунок 3.5 – Структура водопаливної емульсії

Найбільша економічність двигуна при використанні емульсивного палива досягається при вмісті водної фази в емульсії 5-17%. Поза цими межами прирощення теплоти при згорянні палива від ефекту мікровибухів не компенсує витрат теплоти на випаровування і перегрів води.

Ефект зміни економічності двигуна при роботі на емульсивному паливі в порівнянні з «сухим» паливом залежить від дисперсності водної фази в емульсії. Найбільша економічність досягається при дисперсності водної фази

2-15 мкм. При занадто малих, а також при дуже великих розмірах крапель води економічність двигуна знижується. Збільшення повноти згоряння палива при цьому виявляється незначним внаслідок ослаблення ефекту мікровибухів, і воно не компенсує витрат теплоти на випаровування і перегрів води.

При перекладі на емульсійне паливо і збереженні незмінного навантаження двигуна тривалість упорскування палива в циліндр зростає, температура випускних газів зменшується на 2-3%. Максимальний тиск циклу залежить від способу регулювання паливних насосів: при регулюванні паливних насосів по початку подачі воно підвищується на 5-6%, а при регулюванні по кінцю подачі – знижується на 2-3%.

При використанні емульсійних палив зменшується нагароутворення на деталях циліндро-поршневої групи. Нагар стає більш пухким. Заміри циліндрових втулок і поршневих кілець показують, що при роботі на емульсивному паливі підвищення інтенсивності зносів не спостерігається.

Фізичні властивості емульсійних і «сухих» палив різняться. Щільність емульсивного палива зростає, але із збільшенням щільності базового палива відмінність щільності «сухого» і емульсивного палива нівелюється. Співвідношення в'язкості «сухого» і емульсивного палив залежить від температури їх підігріву. При підвищенні температури розрив між в'язкістю емульсії і «сухого» палива скорочується, і при 85-95 ° С в'язкість емульсії мало відрізняється від в'язкості «сухого» палива. Це дозволяє припускати, що якість розпилювання емульсивного палива в циліндрі дизеля зберігається такою ж, як при «сухому» паливі.

Природні емульгатори у важких паливах сприяють збереженню високої (до декількох місяців) стабільності емульсії. У емульсії на базі дизельних палив стабільність менше (до доби). Емульгатор може бути застосований в кількості, що не перевищує вміст води в емульсії.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						56
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Водопаливні емульсії відносяться до стійких колоїдних систем. При підігріві емульсивного палива, отриманого на базі мазуту, спостерігається спінювання палива при атмосферному тиску і температурі понад 90 ° С. Щоб уникнути спінювання і подальшого викиду емульсії з відкритої ємності, де проводиться підігрів, температура не повинна перевищувати 90 ° С.

Результати аналізу фільтрованості емульсійних палив показують, що фільтри працюють задовільно. За 72 год на фільтруючих елементах фільтрів тонкого очищення накопичується не більше 100 г відкладень, що становить менше 0,0001% відфільтрованого палива [10].

Істотний вплив на економічність двигуна при роботі на емульсивному паливі надає спосіб приготування емульсії. Наприклад, на теплоході «Полтава» при використанні кавітаційного змішувача з екраном витрата палива при постійному навантаженні двигуна зі збільшенням вмісту води в емульсії неухильно підвищувався, склавши приблизно 103% при вмісті води в емульсії 8%. У разі приготування емульсії аналогічним змішувачем без екрану витрата палива при тому ж вмісті води в емульсії склав уже 94% витрати палива при роботі на «сухому» паливі. Передбачається вплив на економічність двигуна дисперсності водної фази, питання це потребує подальшого вивчення.

Зі збільшенням частоти обертання двигуна оптимум питомої витрати палива в залежності від вмісту водяної фази зсувається в бік підвищеного вмісту води в емульсії. Відзначається зниження витрати масла та димності.

3.2 Стабілізатори і модифікатори водно-паливних емульсій

Для створення водно паливних емульсій (ВПЕ), що володіють необхідною стабільністю, потрібні високоефективні емульгатори - ПАР. Основні вимоги до таких ПАР – добре стабілізувати емульсії і утворювати мінімальну кількість відкладень в двигуні, мати достатню сировинну базу, низьку вартість. Далеко не всі розроблені на теперішній час емульгатори

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						57
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

задовольняють цим вимогам Для приготування макроемульсії часто використовують неіоногенні ПАР - продукти оксіетилювання алкіфенолів, спиртів С₈–С₁₅ та інших речовин (що містять 4-5 оксіетільних груп), ефіри пентаерітриа або триетаноламіну і олеїнової кислоти та ін., які вводять в кількості до 0,5%. Для приготування мікроемульсій використовують (в концентрації 5-6%; аміді синтетичних жирних кислот, олеїнової кислоти, суміш сульф'онатов і амідів олеїнової кислоти, олеат моноетаноламіна і натрію, ефіри сульфоянтарної кислоти, їх солі, а також органічні солі карбонних кислот, вищі алифатичні спирти.

Основна роль емульгаторів при їх введенні в паливо - зниження міжфазного поверхневого натягу, підвищення дисперсності й однорідності емульсій і подальша їх стабілізація Високі концентрації емульгаторів впливають на фізико-хімічні та експлуатаційні властивості ВПЕ.

Кількість води у водно-бензинових емульсіях може досягати 30%, так як потужність карбюраторного двигуна при цьому практично не змінюється, октанове число зростає пропорційно вмісту води, а питома витрата палива знижується. Для дизельних палив доцільно застосування до 10% води, оскільки із збільшенням її змісту значно знижується цетанове число, хоча витрата палива і зменшується.

В якості палива для дизельних двигунів пропонується використовувати водні мікроемульсії рослинних масел з добавками. Крім палива, води і ПАР-емульгатора до складу ВПЕ входять також модифікатори, поліпшуючі деякі їх властивості. Використовують стабілізатори, що підвищують стійкість емульсій, інгібітори корозії, протизносні присадки.

Для зменшення зносу деталей паливної апаратури і циліндропоршневої групи дизельного двигуна рекомендуються кубові залишки виробництва СЖК, діефіри лентаерітриа і фракції С₇-С₂₀ та інші продукти, здатні витіснити воду з поверхні металу. Ефективність дії противозносних присадок представчена залежностями на рис. 3.6.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

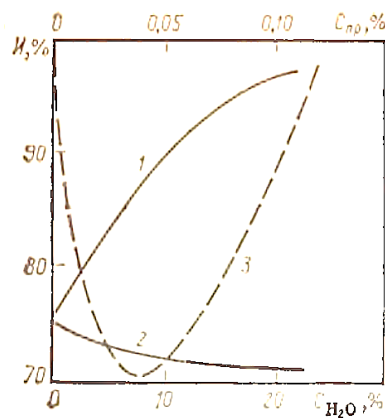


Рисунок 3.6 – Вплив вмісту води (-) і присадки (---) в ВПЕ на знос І паливної апаратури: 1 - без присадки; 2 - 0,002% кубового залишку СЖК; 3 - 20% води

3.2 Пристрої для отримання водопаливних емульсій

Установки для отримання водопаливних емульсій повинні бути прості по конструкції, надійні і ефективні в експлуатації.

Для отримання ВПЕ можуть бути використані колоїдні млини, механічні мішалки, струменеві диспергатори, барбатажні установки, ультразвукові та кавітаційні установки, гомогенізатори, гідродинамічні сирени.

Колоїдні млини готують емульсії високої якості (середній діаметр крапель $d_k = 3..5$ мкм), однак вимагають великих енерговитрат і мають малу продуктивність.

Механічні мішалки не дозволяють отримати дрібнодисперсну емульсію ($d_k = 12..18$ мкм), хоча мають велику продуктивність і менші витрати енергії.

Струменеві диспергатори прості за конструкцією, проте необхідно додаткове обладнання (шестерні насоси) і багаторазова (14-15 разів) обробка для отримання високоякісної емульсії ($d_k = 2..8$ мкм).

Барбатажні пристрої характеризуються нерівномірністю розподілу часток дисперсної фази за обсягом емульсії, великими розмірами крапель ($d_k = 5$ мкм) і високою витратою енергії.

Ультразвукові та кавітаційні установки мають високу вартість, складні за конструкцією і в експлуатації, хоча дозволяють отримувати емульсію з розмірами частинок $d = 5$ мкм.

Гомогенізатори використовуються для отримання емульсії з розмірами крапель 1 мкм і менше. Однак вони складні по конструкції, працюють при високому тиску (до 35 МПа), що веде до передчасного зносу і поломки деталей, вимагає багаторазової обробки емульсії і великих енерговитрат.

Гідродинамічні сирени (відцентрові - і роторно-пульсаційні апарати) прості по конструкції, надійні в експлуатації, мають малі витрати енергії, причому інтенсивність процесів тепло - і масообміну в них на 1 ~ 2 порядки вище, ніж в існуючих пристроях [10].

У роторно-пульсаційному апараті при одно-дворазовій обробці можна отримати емульсію з середнім розміром частинок 3..6 мкм, причому час обробки складає 20-30 с, що на 2-3 порядки менше, ніж при отриманні такої ж емульсії в апараті з мішалкою. Частка частинок середнього розміру доходить до 90-95%. Принципово можливе одержання емульсій з розміром частинок $d_k = 0,5-1$ мкм.

Робочі органи роторно-пульсаційних апаратів являють собою два комплекти порожніх коаксіальних циліндрів з отворами різної форми уздовж утворюючих. При обертанні одного набору (ротора) щодо іншого (статора) відбувається швидке чергування суміщення і перекриття прорізів, що тягне за собою синхронне зміна швидкості руху рідини через прорізи, тобто виникнення пульсуючого з великою частотою рідинного потоку. Одночасно в цьому ж пристрої забезпечується обробка середовища в тонких зазорах за рахунок високих напруг зсуву та зрізуючих зусиль. Крім того, при роботі таких апаратів виникають різноспрямоване поле швидкостей, процеси в пристінкових зонах, кавітація та інші явища.

Зміни окремих конструктивних елементів дозволяють в широких межах змінювати інтенсивність гідродинамічних або механічних явищ при збереженні загального принципу роботи апарату.

Установки для отримання емульсій відрізняються різними витратами енергії. Механічні мішалки споживають значно менше енергії, ніж колоїдні млини або гомогенізатори при тій же продуктивності. Однак одержувана емульсія має велику дисперсність, ніж у апаратури інших типів.

Підготовка ВПЕ проводиться за допомогою гідродинамічного змішувача ГАРТ-ПрМ, технічні характеристики якого наведено в таблиці 3.1.

Схема гідродинамічного змішувача ГАРТ-ПрМ наведена на рис. 3.7. У литому корпусі 1 на шарикопідшипниках 2, змонтований вал 3, на одному кінці якого кріпиться ротор 4. У нижній частині корпусу кріпиться статор 5 і кришка 6. Ротор і статор являють собою диски з декількома вінцями, в яких прорізані прямокутні пази.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики змішувача ГАРТ-ПрМ

Продуктивність по воді при подачі від насоса, м ³ / год	2,5
Тиск робочий, МПа, не більше	1,0
Температура оброблюваної рідини, ° С, не більше	90,0
Частота обертання, об / хв	2900,0
Споживана потужність, кВт	4,0
Габаритні розміри, мм	970 x 525 x 540
Маса, кг	160,0
Діаметр ротора, мм	140,0
Тиск води на вході в ущільнення, МПа, не більше	0,05

На ротор насаджено насосне колесо 7. Ротор обертається безпосередньо від електродвигуна змінного струму вибухонебезпечного виконання. Вузол підшипників відділений від робочої камери торцевим ущільненням 8, яке охолоджується проточною водою.

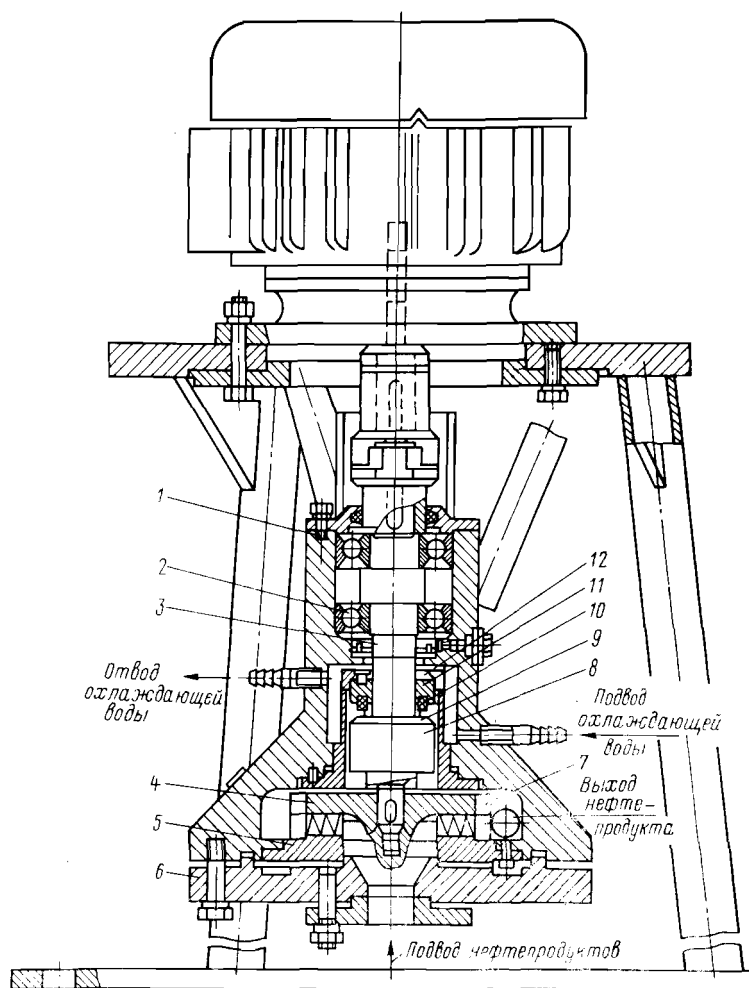


Рисунок 3.7 – Схема гідродинамічного змішувача ГАРТ-ПЗМ: 1 - корпус; 2 - шарикопідшипники; 3 вал; 4 - ротор; 5 - упор; 6 - кришка; 7 - насосне колесо; 8 - торцеве ущільнення; 9 - кільце, що обертається; 10 - керамічне кільце; 11 - обойма; 12 - стакан

В основу роботи апарату покладений принцип продавлювання суміші через вузький зазор між обертовим ротором і нерухомим статором. Потік рідини, що надходить в апарат, в зазорах між зубцями розбивається на

велику кількість вторинних потоків, в яких великі краплі під дією високих швидкостей витягуються в нитки або плівки з наступним розпадом на дрібні частинки. Подача складових суміші до апарату може здійснюватися автономним насосом, що підкачує або надходить самотливом за рахунок деякого підпору.

Принципова схема підготовки ВПЕ наведена на рис. 3.8. У процесі підготовки ВПЕ в змішувальну цистерну котельного палива послідовно подаються розраховану кількість прісної води і товарного мазуту Ф5. Контроль за заповненням змішувальної цистерни здійснюється по мірній колонці, відтаровані на обсяг цистерни. Далі включається підігрів вмісту змішувальної цистерни і починається приготування емульсії за допомогою гідродинамічного змішувача ГАРТ-ПрМ шляхом багаторазової циркуляції по замкнутому контуру змішувальна цистерна - апарат - змішувальна цистерна. Оптимальна температура підігріву емульсії знаходиться в межах 30 ... 35 ° С.

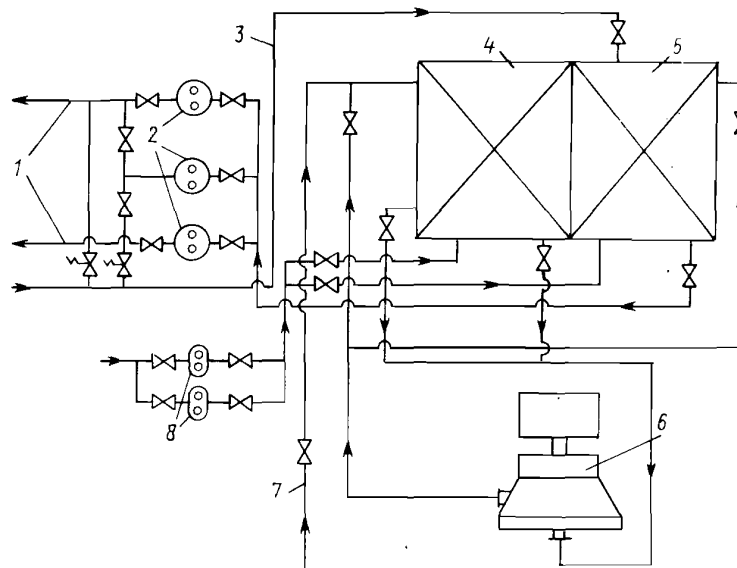


Рисунок 3.8 – Схема підготовки водопаливної емульсії: 1 - подача палива до форсунок котлів; 2 - насоси підкачувальні; 3 - повернення надлишків палива від форсунок; 4 - змішувальна цистерна палива; 5 - видаткова цистерна; 6 - гідродинамічний змішувач ГАРТ-ПрМ; 7 - прісна вода від гідрофора; 8 - насоси

Контроль якості емульсії, що приготовлена, проводиться перевіркою наявності вільної води на нижньому рівні змішувальної цистерни шляхом відбору проб через кран спуску відстою. Після закінчення процесу підготовки готова емульсія закачується в видаткову цистерну котельного палива з подальшою подачею її насосом по штатній системі трубопроводів. Для контролю стабільності та дисперсності емульсії проводиться відбір проб палива з подальшим аналізом в лабораторії за допомогою біологічного мікроскопа МБІ-3.

З результатів лабораторних досліджень дисперсності і стабільності ВПЕ таблиці випливає, що ВПЕ з вмістом води до 15%, приготована змішувачем ГАРТ-ПрМ шляхом чотирикратної циркуляції, має дрібнодисперсну однорідну структуру і зберігає стабільність протягом 3 діб з часу її приготування. ВПЕ з вмістом води 20..32% після шестиразової циркуляції також має однорідністю структури з рівномірним розподілом глобул води розміром до 15 мкм по всьому об'єму. Стабільність суміші зберігається протягом 2 діб, через 60..70 годин суміш починає розшаровуватися. Триразова циркуляція ВПЕ з вмістом води 32% не забезпечує необхідної дисперсності й однорідності структури. Утворення великих глобул води (більше 30 мкм) відбувається через 5..6 год після приготування суміші. При подальшому зберіганні суміш інтенсивно розшаровується.

Приготування емульсії на судні можливо циклічним або безперервним методом. При циклічному приготуванні емульсії вона накопичується в цистерні, звідки при необхідності подається до двигуна. Цей метод застосовують при епізодичному використанні емульсії. Його недоліком є встановлення додаткового обладнання для підтримки стабільності емульсії. При безперервному отриманні емульсії її направляють безпосередньо до паливних насосів високого тиску.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Схема установки безперервного приготування ВПЕ показана на рис. 3.9. Цистерна 1 складається з двох відсіків: в одному I - вода, в іншому II - паливо. Вода подається з цистерну по трубопроводу 10 санітарної системи через фільтр 11 і нагрівач 12. Паливо з витратного трубопроводу 14 надходить до нагрівача 13. Паливо та вода нагріваються прісною водою, що надходить по трубопроводу 2 системи охолодження двигуна. Подальший їх підігрів здійснюється в цистерні, для чого в ній передбачена порожнину III. У циркуляційний контур послідовно з шестерінчастим насосом 9 включений ежектор 8, який виконує функції диспергуючого і дозуючого пристрою. Паливо та вода надходять в приймальну порожнину ежектора. Одна частина емульсії через фільтр 7, керуючий клапан 6 і емульсіметр 5 подається по трубопроводу 4 до дизеля, а інша частина повертається за допомогою насоса до ежектору.

Перед пуском установки вода і паливо в цистерні прогриваються водою, охолоджуючою двигун. Двигун працює в цей час на дизельному паливі, що надходить по трубопроводу 3. Перехід на водопаливну емульсію здійснюється після того, як температура охолоджуючої води досягає 50-60 °С.

Кількість палива і води в емульсії регулюється підбором гідравлічних характеристик всмоктуючих магістралей. Такий підбір здійснюється на стадії проектування установки шляхом відповідного розподілу втрат тиску в цих магістралях. Для цього в ежекторі передбачаються дроселі необхідного перетину. Гідравлічні характеристики остаточно налаштовуються при роботі дизеля на емульсії в номінальному режимі за допомогою голчастого клапана 15.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

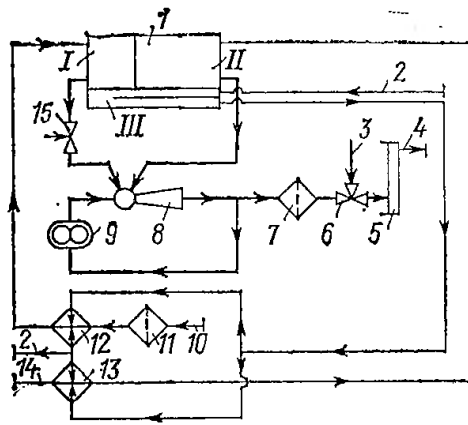


Рисунок 3.9 – Принципова схема серійної установки для отримання водопаливної емульсії.

Роторний змішувач-диспергатор DRS 10

Роторні диспергатори є, мабуть, найбільш перспективними для систем паливопідготовки. Вони мають меншою масою, невеликими габаритами, прості у виготовленні, надійні в роботі, мало витрачають енергії на приготування 1 т емульсії.

Диспергатор 4 (рис.3.10) складається з електродвигуна 9, на фланці якого встановлено корпус 1, проміжного вала 3, закріпленого на валу електродвигуна. На валу 3 встановлені робочі 6 диски та проміжні шайби 7. З боку більшого робочого диска встановлена крильчатка 4. Вал, робочі диски, шайби і крильчатка утворюють ротор з формою усіченого конуса. Корпус 1 має два вхідних і один вихідний патрубки. Захист електродвигуна від рідини здійснюється манжетою 8, встановленої в проміжному диску 2, скріпленому разом з корпусом 1 на фланці електродвигуна 9. Для випуску повітря з системи служить пробка 5, встановлена у верхній частині корпусу 1 диспергатора.

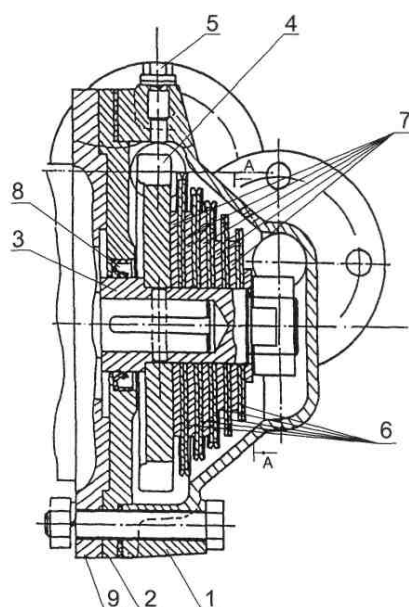


Рисунок 3.10 – Змішувач-диспергатор DRS 10: 1.Корпус; 2. Диск проміжний; 3. Вал; 4. Крильчатка; 5. Пробка; 6. Диски робітники; 7. Шайби проміжні; 8. Манжета; 9. Електродвигун

3.3 Аналіз систем приготування водопаливних емульсій

Існують два принципових підходи. Перший підхід передбачає приготування ВПЕ без зв'язку з роботою двигуна, причому емульгування здійснюється в системі паливопідготовки з накопиченням готової ВПЕ в проміжних ємностях для відносно тривалого зберігання.

Компоненти ВПЕ зберігаються окремо і окремо проходять стадії попередньої обробки, емульгування палива виконується в однорежимних (по продуктивності, вмісту води і її дисперсності) диспергаторів. Для зберігання запасу ВПЕ передбачаються спеціальні ємності. Фільтрація ВПЕ здійснюється перед ПНВТ. Регулювання складу ВПЕ за вмістом води відсутня.

У таких установках можливе використання відносно простих по конструкції диспергируючих пристроїв з малою інтенсивністю масообміну (мішалок, дроселюючих пристроїв).

До недоліків цієї системи належить неможливість оптимізації змісту води по навантаженню двигуна, складність реалізації його роботи на важких паливах, необхідність застосування емульгаторів, складність фільтрації ВПЕ, переведення дизеля для роботи на чистому паливі і видалення ВПЕ з системи паливопідготовки при зупинці двигуна.

Інший підхід до реалізації системи приготування ВПЕ передбачає диспергування палива безпосередньо перед ПНВТ. При цьому компоненти ВПЕ зберігаються окремо і стадії первинної обробки (фільтрація, підігрів) також виконуються окремо. Такий підхід дозволяє оптимізувати вміст води та інших компонентів в ВПЕ в залежності від типу двигуна, режимів його роботи, сорту палива і пріоритету мети - економія палива, переведення двигуна на більш важке паливо, форсування по потужності, зниження димності і токсичності [11].

До позитивних якостей такої системи відносяться простота очищення вихідних продуктів ВПЕ, можливість роботи на важких паливах, що вимагають підігріву перед ПНВТ, і простий перехід дизеля з чистого палива на ВПЕ і назад. Дана система не вимагає додаткових витрат на підтримку стабільності емульсії, так як ВТЕ витрачається відразу після її отримання.

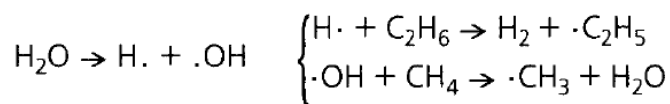
Однак цей варіант вимагає установки диспергатора, що забезпечує отримання ВПЕ необхідної якості при одноразовій обробці.

Порівнюючи два підходи до реалізації систем приготування ВПЕ, можна зробити висновок, що система приготування емульсії безпосередньо перед ПНВТ є найбільш вигідною в експлуатації. Вона дає можливість оптимізувати вміст води в ВПЕ при зміні режиму роботи двигуна, виключає застосування дорогих емульгаторів для підтримки стабільності емульсії, є менш енергоємною.

Існує думка, що поліпшення процесу сумішоутворення пояснюється також викидом парів води і осколків палива у вигляді нестаціонарних мікроструй з краплі палива при згорянні її в циліндрі двигуна. Утворені

мікроструї створюють реактивну силу, яка викликає коливання краплі в потоці, підвищує коефіцієнт дифузії і веде до турбулентного перемішування частинок в струмені розпорошеного палива.

При використанні водопаливної суміші особливо важливе значення має попереднє сильне диспергування води. При цьому збільшується абсолютна величина водяній поверхні і зменшується товщина шарів вуглеводнів, що покривають поверхню води. Збільшення абсолютної поверхні рідкого палива веде до сильного збільшення швидкості його випаровування і згоряння. Завдяки наявності парів води повинно мати місце інтенсивне утворення вільних радикалів $\text{H}\cdot$ і $\cdot\text{OH}$ і, отже, зародження ланцюгової реакції крекінгу та окислення, наприклад:



В результаті цих реакцій температура навколишнього середовища падає і в якійсь мірі збільшується теплотворна здатність палива, що веде до підвищення економічності роботи дизеля.

Інтенсивність процесів сумішоутворення, згоряння і в цілому економічність дизеля при роботі на ВТЕ визначаються в основному двома чинниками - збільшенням поверхні випаровування паливних факелів і тривалістю уприскування палива. Зміна фізичних характеристик різних палив визначає лише конкретну величину сумарного ефекту від згаданих факторів. Вода уповільнює процес згоряння паливного компонента в емульсії [12].

Система підготовки та подачі водо-паливної емульсії для двигуна внутрішнього згоряння, містить паливну 1 і водяну 2 магістралі (рис. 3.11).

Паливна магістраль 1 з'єднує паливну цистерну 3 з двигуном через встановлені на ній диспергатор 4 (рис. 3.7), для підведення води і попереднього її диспергування в потоці палива, насос, що підкачує 5, що виконує вторинне диспергування води, підігрівач 6 з терморегулятором 7, фільтри 8 тонкої очищення, паливні насоси 9 високого тиску з трубками 10

високого тиску. Для повернення отсечного палива є трубопровід 11 з безповоротним клапаном 12 і трубопроводи 13 і 14. Водяна магістраль 2 через встановлений на ній модуль управління і автоматичного дозування 15 і електромагнітний клапан 16 управління з'єднує водяну ємність 17 з гідродинамічним диспергаторів 4. Модуль 15 управління і автоматичного дозування містить регулюючий мембранною диференційний голчастий клапан 18 для автоматичного дозування води в паливо і управління диспергаторів 4 через електромагнітний клапан 16, забезпечений електрокабелем 19, електроживлення до регулюючого клапану 18 підводиться по кабелю 20. Для автоматичного управління регулюючим клапаном 18 від джерела наддувочного повітря встановлений пневмопровід 21. для стабілізації тиску води, що надходить до регулюючого клапану 18, встановлений редукційний клапан 22. Крім цього, в модуль включені фільтр 23 води і ротаметр 24 для контролю кількості води, що поступає в паливо.

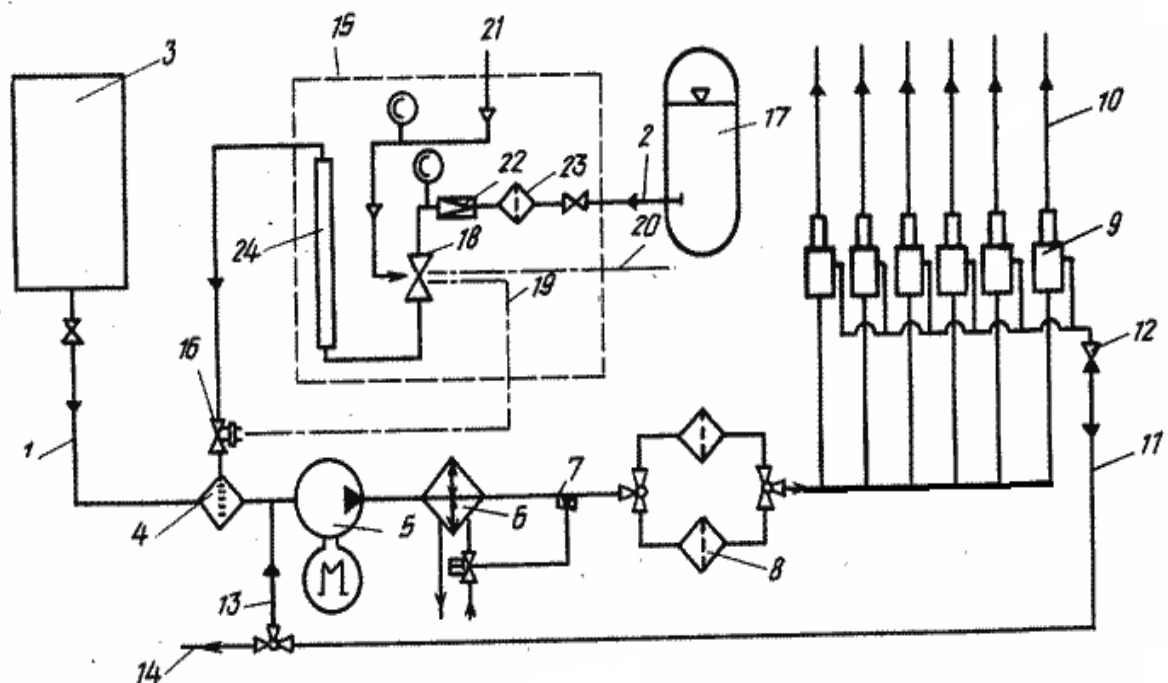


Рисунок 3.11 – Система підготовки та подачі водопаливної емульсії в двигун

Регулюючий мембранно-диференційний клапан 18 складається з водяної 25 і повітряної 26 порожнин, розділених мембраною 27. Для дозування води, що надходить по магістралі 2, встановлена дозирующая шайба 28 і регулююча частина у вигляді голки 29, голчастого клапана 18, для управління якої встановлена мембрана 30 і регульована пружина 31. Підведення повітря в порожнину 26 здійснено за пневмопроводу 21. Управління електромагнітним клапаном 16 здійснено мікрровимикачем 32 по засобам пристрої 33, встановленого на торцевій частині 34 регулюючого голчастого клапана 18.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						71
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Охорона праці на судні

Необхідно показати знання основних документів про охорону праці як вітчизняних, так і міжнародних. Закон України «Про охорону праці», який визначає основні положення з реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, що регулює, за участю відповідних органів, відношення між керівниками підприємства чи організації уповноважених органів і робітником з питань безпеки і гігієни праці, середовища виробництва і встановлює єдиний порядок з охорони праці на Україні.

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 з охорони людського життя на морі СОЛАС-74 (International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS-74) – містить консолідований текст Конвенції СОЛАС-74в Україна-учасник Конвенції.

Основне завдання Конвенцій СОЛАС - визначення мінімальних стандартів з конструкції, устаткування та безпеки плавання суден. 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

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						72
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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.

Після перевірки та огляду відповідним суднам видаються: Свідоцтво про безпеку пасажирського судна; Свідоцтво про безпеку вантажного судна по конструкції; Свідоцтво про безпеку вантажного судна по устаткуванню та постачанню; Свідоцтво про безпеку вантажного судна по радіоустаткуванню.

Танкери та інші судна, що перевозять нафту, повинні мати доповнення до свідоцтв про безпеку по конструкції і по устаткуванню й постачанню. Ядерні судна повинні також мати Свідоцтво про безпеку ядерного судна (пасажирського або вантажного).

Міжнародний Кодекс по управлінню безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню – МКУБ (ISM Code)

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 виконані дії, застерігаючи їх розвиток. Відповідно до Кодексу, кожна компанія повинна розробляти, запроваджувати в життя та підтримувати системи управління безпекою (СУБ). У МКУБ наказують компанії забезпечити належну кваліфікацію капітана, комплектування судна кваліфікованими, такими, що мають відповідні сертифікати, і 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,

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						73
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

не підтвердивши якість своїх послуг і відповідність стандартам безпеки (N0 Cocie - N0 Tгacie).

4.1.2 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при використанні водопаливних емульсій

Судно в комплексі з наявністю в ньому різного устаткування і механізмів являє собою об'єкт підвищеної небезпеки зі значною кількістю небезпечних і шкідливих факторів. До числа цих факторів відносяться фактори, наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Потенційні небезпеки й шкідливі фактори при використанні водопаливних емульсій

Види потенційно можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів	Наявність фактору
1. Фізичні виробничі фактори: 1.1. Шкідливі: - шум; - вібрація; - підвищене виділення тепла; - підвищена вологість; 1.2. Небезпечні: - небезпека вибуху; - небезпека виникнення пожежі; - відкрито рухаються й обертаються частини машин.	 + + + + + + +
2. Хімічні виробничі фактори: 2.1. Шкідливі: - подразнюючі речовини: пральні засоби, кислоти, луги, розчинники, кислі гази. 2.2. Небезпечні: - канцерогенні речовини: сполуки алюмінію, бензин, гас, 3,4-бенз(α)пирен (міститься у вихлопних газах двигунів).	 + +
3. Біологічні виробничі фактори: 3.1. Небезпечні: - мікроби, віруси, бактерії.	 + +

Механічні фактори

До них відносяться - тиск, шуми, вібрації.

Різде підвищення тиску - це звичайний вибух. Безпечний тиск – менш 10 Кпа, понад 10 Кпа викликає травму, більш 100 Кпа - смертельна поразка. Джерело зміни тиску - виробничі і побутові аварії або вибухи.

Шум - безладне сполучення звуків, різних за рівнем і частотою. Джерело шумів - коливання середовища. Одиницею виміру шуму є децибел (ДБ). Припустимі голосні шуми до 80 ДБ, при 130 ДБ – болючі відчуття, 150 ДБ і більш смертельно.

Вібрації — механічні коливання твердих тіл, які людина сприймає як струс (транспорт, обертання неврівноважених частин машин і механізмів). Передаються через опорні поверхні людини (загальна вібрація) чи через руки (місцева вібрація) при роботі з пневмо інструментом.

Термічні фактори

Термічні фактори - це температура, вологість і рухливість повітря. Вони безпосередньо впливають на людину чи побічно, формуючи клімат середовища проживання або мікроклімат робочої зони.

Клімат - це характерна для даної місцевості багаторічна сукупність умов.

Для людини небезпечні і короточасні температурні впливи (тепловий і сонячний удар), при низьких температурах - обмороження. Небезпечні і різкі перепади температури.

Комфортною температурою для людини є +18°C. При (істотних) відхиленнях від цієї величини знижується працездатність людини.

Вологість - охолодження у воді для людини настає при +33°C. При температурі води +22°C організм втрачає приблизно 10 кал. тепла в годину.

Хімічні шкідливі фактори середовища

Вони мають місце у виробничих умовах при вибоках при виробництві кислот і лугів, різних видів пластмас, фенолових з'єднань ядохімікатів, пестицидів і інших хімічних продуктів. Особливе місце займають хімічні

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						75
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

забруднення атмосфери повітря. Джерелом такого забруднення є: спалювання палива на теплових електростанціях і ТЭЦ, виділення вихлопних газів на транспорті, викиди чорної і кольорової металургії, викиди і відходи атомної промисловості, застосування пестицидів і інших ядохімікатів і багато чого іншого.

4.2 Заходи із забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці на судні

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.

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 12,1,012-78 норми по обмеженню загальних вібрацій (підлоги, сидінь і т.п.) встановлюють величину логарифмічного рівня коливальної швидкості в основних діапазонах із середньгеометричними значеннями: 2, 4, 8, 16, 32 Гц, а норма по обмеженню локальної вібрації в октавних смугах частот із середньгеометричними значеннями: 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц (гігієнічні

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						76
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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. 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.

Захист – на території з підвищеним рівне шуму персонал має носити захисні навушники, які мають ізолювати вухо від негативного та небезпечного впливу шуму та вібрації.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань . Для захисту від впливу електромагнітних полів, створених антенами, генераторами, розподільними щитами, застосовують різні екрани, що відбивають чи

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						77
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

поглинають електромагнітні випромінювання, використання засобів індивідуального захисту – комбінезони і халати з металізованої тканини. Рівні припустимого електромагнітного опромінення визначені ДСТ 12,1,006-76 «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, у концентрації вище, ПДК діють на організм людини. По ДСТУ 12,1,005-76 установлені ПДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони,

Захист – вентиляція, а також газо-пилоуловлюючі засоби індивідуального захисту й устаткування.

Температура повітря, вологість, швидкість повітря. 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. Щоб їхнього відпрівання вона повинна бути не нижче температури повітря в приміщенні більш ніж 6°C і не менше крапки роси.

Освітленість. У МВ судна застосовується штучне освітлення. Нерівномірність освітлення робочих місць підвищує стомлюваність органів зору від частой переадаптації зору – при перекладі погляду з більш освітленої поверхні на менш освітлену. Наявність тіней на робочих поверхнях, а також близькості, відбитой від робочих поверхонь устаткування. Створюють несприятливі умови для роботи органів зору. Найкращий

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						78
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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 сходах 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 сходах трапа – 20 лк.

Запобігання пожежі на судні. Головною метою боротьби з пожежею є – швидке взяття її під контроль та гасіння, яке можливе лише в тому випадку, коли вогнегасний засіб доставлений до пожежі швидко й в достатній кількості. Це можливо забезпечити за допомогою стаціонарних систем пожежогасіння.

Вуглекислий газ - широко розповсюджений засіб пожежогасіння на судах. Ліквідація пожеж у суднових приміщеннях вуглекислим газом здійснюється методом об'ємного гасіння. Для підвищення ефективності гасіння рекомендується герметизація приміщенні, у яких застосовується вуглекислота.

Будучи в 1,5 рази важчим за повітря, вуглекислий газ може проникати в місця, важко доступні для інших засобів пожежогасіння під плити машинних і котельних відділень, в обмежені простори вантажних трюмів, танків, паливних цистерн, спеціальних суднових комор, і т.д.

На судах вуглекислота зберігається в сталевих балонах місткістю 30-40 л, у яких вона перебуває в рідкому стані. Для суднових систем вуглекислотного пожежогасіння, що працюють при тиску порядку 12,5 Мпа, прийнято використовувати стандартні балони місткістю 40 л, що містять по 25 кг вуглекислоти. Балони розміщують групами по 8–16 шт у вертикальному положенні головками нагору. Вони повинні бути надійно закріплені в місцях, розташованих удалині від житлових і службових приміщень, тому що

вуглекислота ставиться до задушливих газів і при високій концентрації в повітрі (22% і вище) небезпечна для життя.

При виході з балонів і раптовому розширенні вуглекислота випаровується, перетворюючись у газ. При цьому обсяг її збільшується більш ніж в 500 разів. Частина вуглекислоти в результаті переохолодження переходить у твердий стан – сніжні пластівці, які, потрапляючи у вогнище горіння, миттєво перетворюються в газ. Вуглекислий газ, опускаючись до вогнища пожежі й обволікаючи палаючі речовини й предмети, витісняє повітря й знижує в такий спосіб зміст кисню в зоні горіння. У зв'язку із цим горіння припиняється. Ефективність пожежогасіння досягається при досить високій концентрації вуглекислоти в атмосфері приміщення (22-23%).

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						80
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході підготовки та написання даного дипломного проекту було проаналізовано конструктивні особливості двотактного малообертового двигуна 6RT-flex 50-B, проведено аналіз робочого процесу та сучасних напрямів його вдосконалення. В результаті проведеного аналізу було встановлено, що завдяки створенню сучасної концепції фірмою виробником та використанню оригінальних технічних рішень дає можливість двигуну широко застосовуватися на судах.

Проте, завжди актуальною для двигунів внутрішнього згоряння лишатиметься проблема економії палива. В даному дипломному проекті розглянуто використання водопаливної емульсії замість основного палива. Показано, що паливна система не потребує значних змін, при цьому значно покращується якість горіння палива в циліндрі двигуна. Окрім цього зменшується викид оксидів азоту у навколишнє середовище.

Розрахунки показують, що при використанні водної емульсії у якості палива головного двигуна можливо зменшити витрату основного палива на 6 %.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						81
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Marinetraffic [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:704119/mmsi:525015749/imo:9403762/vessel:NAVIGATOR_ARIES
2. Home MAN Energy Solutions [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.man-es.com/marine>
3. Лукін, А.І. Конструкція суднових двигунів. [Текст]: Навчальний посібник / А.І. Лукін, Миколаїв, УДМТУ, 1999. – 62 с.
4. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу дизельного двигуна з дисципліни «Теорія ДВЗ» // Доценко С.М., Діденко О.В - Первомайськ ППІ НУК, 2012. – 40с.
5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Теорія двигунів внутрішнього згоряння” Доценко С.М. – Первомайськ ППІ НУК, 2014.
6. Марченко, А.П. Визначення комплексного паливно-екологічного критерія для дизеля при роботі на водопаливній емульсії [Текст] / А.П. Марченко І.В. Парсаданов, А.В. Савченко // Двигуни внутрішнього згоряння. – №2, 2021, С. 31-37.
7. Experimental investigation of the performance and emission characteristics of direct injection diesel engine by water emulsion diesel under varying engine load condition / M. Fahd, Y. Wenming, P. Lee [и др.] // Applied Energy – 2013 – № 102 – с. 1042-1049. DOI: 10.1016/j.apenergy.2012.06.041
8. Engine performance using emulsified diesel fuel / A. Alahmer, J. Yamin, A. Sakhrieh, M.A. Hamdan // Energy Conversion and Management- 2010 - № 51 – с. 1708-1713. DOI: 10.1016/j.enconman.2009.11.044
9. Performance, emissions and heat release characteristics of direct injection diesel engine operating on diesel oil emulsion / J. Ghojel, D. Honnery, K. Al-

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						82
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Khaleefi // Applied Thermal Engineering – 2006 № 26 – 2006 – с. 2132–2141.
DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2006.04.014

10 Influence of the structure of water-in-fuel emulsion on diesel engine performance / A.M. Attia A.R. Kulchitskiy // Fuel – Volume 116 – с. 703-708;
DOI: 10.1016/j.fuel.2013.08.057

11. The Influence of Mass Composition of Water-Fuel Emulsion on Ecological Characteristics of a Diesel Engine / A. Iakovenko, A. Dunin, P. Dushkin, E. Savastenko, M. Shatrov // Energies – 2019 – № 12(14) – с. 2689.
DOI: 10.3390/en12142689

12. Марченко, А.П. Особливості процесу згоряння в дизелі при роботі на водопаливній емульсії [Текст] / Марченко, А. П. Парсаданов, І. В. Прохоренко, А. О. Савченко, А. В. Осетров, О. О. Мешков, Д. В. // Двигуни внутрішнього згоряння. – №2, 2016, С. 31-37.

					ПННІ НУК 131.61.23.04.ПЗ	Аркуш
						83
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		